

**UNIVERSIDAD MICHOACANA
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

“PROYECTO GEOMÉTRICO DEL CAMINO
PUENTE EL PITAYO – LAS BATEAS –
SAN JOSÉ DE CHILA DEL
KM 4+219.68 AL KM 23+641.07 EN EL
MUNICIPIO DE APATZINGAN, MICHOACÁN”

TESIS QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL



PRESENTA:

PEDRO FRANCISCO MORENO ZURITA

ASESOR:

DOCTOR EN INGENIERÍA

DOCTOR EN INGENIERIA MARIO SALAZAR AMAYA



MORELIA, MICHOACÁN. MAYO DEL 2015.

Agradecimientos y dedicatorias

Este trabajo no se habría podido realizar sin la colaboración de muchas personas que me han brindado su ayuda, sus conocimientos y su apoyo. Quiero agradecerles a todos ellos cuanto han hecho por mí para que este trabajo saliera delante de la mejor manera posible.

En primer lugar, quiero agradecer a **DIOS** por regalarme la vida y permitirme llegar hasta donde estoy ahora.

Agradezco especialmente a mis padres, **Pedro Moreno Tinajero y Ángela Zurita López**, por el apoyo que me han brindado en todo momento, por ser la base de mi desarrollo tanto físico, como académico, por sus comentarios direcciones y hasta regaños. Les doy las gracias profundamente por su confianza y su amor incondicional.

Un agradecimiento profundo a mi esposa **Alejandra** por su apoyo y comprensión, durante todo el tiempo que llevamos juntos, gracias por el regalo más grande de mi vida, ¡mi hijo! **Francisco Emiliano**.

A mis hermanos **Cesar Iván, Paola Jazmín y Ileri Liliana**, para que siempre estemos unidos como lo hemos estado hasta nuestros días, apoyándonos hombro a hombro ante cual adversidad que la vida nos pueda poner.

A mis abuelos maternos **Sebastián Zurita † y Paula López †**, por habernos reunido siempre en familia y cuyas pérdidas nos han sido difíciles de superar. Ejemplos a seguir.

A mis tías: **Imelda Medina †, Juana Zurita y Sonia Villa**, por siempre estar al pendiente de nosotros procurando que estemos bien.

A mis tíos: **Jesús Zurita y Daniel Herrera**, por sus consejos y su insustituible amistad, la cual valoro y aprecio mucho.

A mis mejores amigos de licenciatura **Luis Alfonso Molina, Lesly Edith, Sandra del Carmen Arguello, Luis Lobato, Mauricio Arreola, Fabiola Cruz, Mirsha Marbosa, Juan Carlos Tapia y Claudio Manríquez “Mi compadre”**, por su inigualable amistad, por los buenos y malos momentos que pasamos juntos en la licenciatura. Gracias por todo.

A mis mejores amigos **Guillermo “La Chiquilla”, Luis Alberto Talavera “Mi Compadre”, Arturo Talavera, Manuel Talavera “Mamey”, Omaro Meza, Héctor Nava, Luis Alberto Salmerón, Gabriela Duarte, Patricia Perez “Mi Comadre” y Ricardo Perez**.

A mi asesor de tesis **Dr. Mario Salazar Amaya**, por todas sus enseñanzas, por su inagotable paciencia y confianza. Gracias.

Contenido

<i>CAPÍTULO 1 – CAMINOS Y CARRETERAS</i>	14
1.1 INTRODUCCIÓN	14
1.2 ANTECEDENTES	14
1.3 CAMINOS ANTIGUOS	15
1.4 IMPORTANCIA DE LOS CAMINOS Y EL CRECIMIENTO EN MÉXICO	17
1.5 CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS CAMINOS	21
1.6 VOLUMEN Y TIPO DE TRANSITO	26
<i>CAPÍTULO 2 – PLANEACIÓN DE UNA CARRETERA</i>	29
2.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	29
2.2 CONSIDERACIONES GEOGRÁFICAS – FÍSICAS	39
2.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	42
<i>CAPÍTULO 3 – PROYECTO GEOMÉTRICO</i>	43
3.1 PRELIMINARES	43
3.1.1 ALINEAMIENTO Y PUNTOS OBLIGADOS.....	43
3.1.2 VELOCIDADES DE PROYECTO	44
3.1.3 RECONOCIMIENTO TOPOGRÁFICO	45
3.2 ALINEAMIENTO HORIZONTAL	49
3.2.1 LÍNEA DEFINITIVA.....	49
3.2.2 TRAZO DE CURVAS HORIZONTALES	53
3.2.3 PLANTA GENERAL	62
3.3 ALINEAMIENTO VERTICAL	70
3.3.1 PERFIL DEDUCIDO	71
3.3.2 PROYECTO DE LA SUBRASANTE	72
3.3.3 TRAZO DE CURVAS VERTICALES	75
3.3.4 PERFIL GENERAL.....	79
3.4 SECCIONES DE CONSTRUCCIÓN Y VOLÚMENES DE TERRACERÍAS	87
3.4.1 SECCIONES DE CONSTRUCCIONES	87
3.4.2 DETERMINACIÓN DE LAS SECCIONES DE CARRETERAS	95
3.4.3 DETERMINACIÓN DE LOS VOLÚMENES DE TIERRA ENTRE ESTACIONES	140
3.5 PROYECTO DE OBRAS COMPLEMENTARIAS DE DRENAJE	148
3.6 PROYECTO DE SEÑALAMIENTO	163

CAPÍTULO 4 – DISEÑO DE PAVIMENTOS	171
4.1 TIPOS DE PAVIMENTOS	171
4.2 BASES Y SUB-BASES	173
4.3 ESTABILIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LOS MATERIALES	175
4.4 CARPETA ASFÁLTICA.....	178
4.5 MÉTODOS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	179
4.6 DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES POR EL PROCEDIMIENTO DEL INSTITUTO NORTEAMERICANO DEL ASFALTO.....	180
4.7 DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES POR EL MÉTODO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	190
CAPÍTULO 5 – CONCLUSIONES.....	217
CAPÍTULO 6 - BIBLIOGRAFÍA	218
ANEXOS	220

Índice de figuras

Figura 1.- Procedimiento constructivo de caminos antiguos romanos. (Internet.- caminos antiguos).	16
Figura 2.- Imágenes del estado actual de calzada romana ubicado en territorio español al norte de Madrid.17	
Figura 3.- Utilización de animales de carga transitando por veredas y caminos.	18
Figura 4.- Longitud crítica de tangentes verticales con pendiente mayor que la gobernadora.	24
Figura 5.- Equipo utilizado para el levantamiento topográfico, GPS.....	30
Figura 6.- Brecha existente.	30
Figura 7.- Topografía de la brecha existente de km 4+219.680 al km 5+600.000.....	31
Figura 8.- Topografía de la brecha existente de km 5+400.000 al km 6+600.000.....	31
Figura 9.- Topografía de la brecha existente de km 6+600.000 al km 7+800.000.....	32
Figura 10.- Topografía de la brecha existente de km 7+800.000 al km 9+100.000.....	32
Figura 11.- Topografía de la brecha existente de km 9+100.000 al km 10+300.000.	33
Figura 12.- Topografía de la brecha existente de km 10+300.000 al km 11+600.000.	33
Figura 13.- Topografía de la brecha existente de km 11+600.000 al km 12+800.000.	34
Figura 14.- Topografía de la brecha existente de km 12+800.000 al km 14+100.000.	34
Figura 15.- Topografía de la brecha existente de km 14+100.000 al km 15+300.000.	35
Figura 16.- Topografía de la brecha existente de km 15+300.000 al km 16+600.000.	35
Figura 17.- Topografía de la brecha existente de km 16+600.000 al km 17+800.000.	36
Figura 18.- Topografía de la brecha existente de km 17+800.000 al km 19+100.000.	36
Figura 19.- Topografía de la brecha existente de km 19+100.000 al km 20+300.000.	37
Figura 20.- Topografía de la brecha existente de km 20+300.000 al km 21+500.000.	37
Figura 21.- Topografía de la brecha existente de km 21+500.000 al km 22+700.000.	38
Figura 22.- Topografía de la brecha existente de km 22+700.000 al km 23+641.070.	38
Figura 23.- Ubicación geográfica de Michoacán.	39
Figura 24.- Macro localización.	39
Figura 25.- Micro localización.....	40
Figura 26.- Proyección de un camino.....	44
Figura 27.- Elementos de una curva.	54
Figura 28.- Desarrollo de la sobreelevación y la ampliación.	59
Figura 29.- Planta general del km 4+219.680 al km 5+400.000.	62
Figura 30.- Planta general del km 5+400.000 al km 6+600.000.	62
Figura 31.- Planta general del km 6+600.000 al km7+800.000.	63
Figura 32.- Planta general del km 7+800.000 al km 9+100.000.	63
Figura 33.- Planta general del km 9+100.000 al km 10+300.000.	64
Figura 34.- Planta general del km 10+300.000 al km 11+600.000.....	64
Figura 35.- Planta general del km 11+600.000 al km 12+800.000.....	65
Figura 36.- Planta general del km 12+800.000 al km 14+100.000.....	65
Figura 37.- Planta general del km 14+100.000 al km 15+300.000.....	66
Figura 38.- Planta general del km 15+300.000 al km 16+600.000.....	66
Figura 39.- Planta general del km 16+600.000 al km 17+800.000.....	67
Figura 40.- Planta general del km 17+800.000 al km 19+100.000.....	67
Figura 41.- Planta general del km 19+100.000 al km 20+300.000.....	68
Figura 42.- Planta general del km 20+300.000 al km 21+500.000.....	68
Figura 43.- Planta general del km 21+500.000 al km 22+700.000.....	69

<i>Figura 44.- Planta general del km 22+700.000 al km 23+641.070.</i>	69
<i>Figura 45.- Curva vertical.</i>	75
<i>Figura 46.- Perfil general del km 4+219.680 al km 5+369.680.</i>	79
<i>Figura 47.- Perfil general del km 5+369.680 al km 6+519.680.</i>	79
<i>Figura 48.- Perfil general del km 6+519.680 al km 7+669.680.</i>	80
<i>Figura 49.- Perfil general del km 7+669.680 al km 8+819.680.</i>	80
<i>Figura 50.- Perfil general del km 8+819.680 al km 9+969.680.</i>	81
<i>Figura 51.- Perfil general del km 9+969.680 al km 11+119.680.</i>	81
<i>Figura 52.- Perfil general del km 11+119.680 al km 12+269.680.</i>	82
<i>Figura 53.- Perfil general del km 12+269.680 al km 13+419.680.</i>	82
<i>Figura 54.- Perfil general del km 13+419.680 al km 14+569.680.</i>	83
<i>Figura 55.- Perfil general del km 14+569.680 al km 15+719.680.</i>	83
<i>Figura 56.- Perfil general del km 15+719.680 al km 16+869.680.</i>	84
<i>Figura 57.- Perfil general del km 16+869.680 al km 18+069.680.</i>	84
<i>Figura 58.- Perfil general del km 18+069.680 al km 19+169.680.</i>	85
<i>Figura 59.- Perfil general del km 19+169.680 al km 20+319.680.</i>	85
<i>Figura 60.- Perfil general del km 20+319.680 al km 21+469.680.</i>	86
<i>Figura 61.- Perfil general del km 21+469.680 al km 22+619.680.</i>	86
<i>Figura 62.- Perfil general del km 22+619.680 al km 23+641.070.</i>	87
<i>Figura 63.- Sección transversal típica en una tangente del alineamiento horizontal.</i>	88
<i>Figura 64.- Transición de la sección en tangente a la sección en curva girando sobre el eje de corona.</i>	90
<i>Figura 65.- Sección de construcción.</i>	95
<i>Figura 66.- Secciones del terreno natural.</i>	96
<i>Figura 67.- Secciones de construcción del km 4+219.680 al km 4+447.482.</i>	98
<i>Figura 68.- Secciones de construcción del km 4+460.000 al km 4+940.000.</i>	98
<i>Figura 69.- Secciones de construcción del km 4+960.000 al km 5+342.251.</i>	99
<i>Figura 70.- Secciones de construcción del km 5+348.918 al km 5+720.000.</i>	99
<i>Figura 71.- Secciones de construcción del km 5+740.000 al km 6+200.000.</i>	100
<i>Figura 72.- Secciones de construcción del km 6+220.000 al km 6+640.000.</i>	100
<i>Figura 73.- Secciones de construcción del km 6+660.000 al km 7+240.000.</i>	101
<i>Figura 74.- Secciones de construcción del km 7+260.000 al km 7+560.000.</i>	101
<i>Figura 75.- Secciones de construcción del km 7+580.000 al km 8+120.000.</i>	102
<i>Figura 76.- Secciones de construcción del km 8+140.000 al km 8+340.945.</i>	102
<i>Figura 77.- Secciones de construcción del km 8+347.612 al km 8+543.587.</i>	103
<i>Figura 78.- Secciones de construcción del km 8+550.254 al km 8+866.865.</i>	103
<i>Figura 79.- Secciones de construcción del km 8+880.000 al km 9+252.931.</i>	104
<i>Figura 80.- Secciones de construcción del km 9+257.731 al km 9+514.903.</i>	104
<i>Figura 81.- Secciones de construcción del km 9+518.236 al km 9+868.578.</i>	105
<i>Figura 82.- Secciones de construcción del km 9+871.911 al km 10+260.000.</i>	105
<i>Figura 83.- Secciones de construcción del km 10+280.000 al km 10+533.353.</i>	106
<i>Figura 84.- Secciones de construcción del km 10+535.020 al km 10+820.000.</i>	106
<i>Figura 85.- Secciones de construcción del km 10+840.000 al km 11+200.000.</i>	107
<i>Figura 86.- Secciones de construcción del km 11+220.000 al km 11+620.000.</i>	107
<i>Figura 87.- Secciones de construcción del km 11+640.000 al km 11+940.000.</i>	108

<i>Figura 88.- Secciones de construcción del km 11+960.000 al km 12+300.000.</i>	108
<i>Figura 89.- Secciones de construcción del km 12+307.242 al km 12+440.000.</i>	109
<i>Figura 90.- Secciones de construcción del km 12+440.819 al km 12+531.401.</i>	109
<i>Figura 91.- Secciones de construcción del km 12+533.068 al km 12+673.096.</i>	110
<i>Figura 92.- Secciones de construcción del km 12+674.763 al km 12+720.000.</i>	110
<i>Figura 93.- Secciones de construcción del km 12+740.000 al km 12+960.000.</i>	111
<i>Figura 94.- Secciones de construcción del km 12+968.752 al km 13+015.485.</i>	111
<i>Figura 95.- Secciones de construcción del km 13+020.000 al km 13+180.000.</i>	112
<i>Figura 96.- Secciones de construcción del km 13+182.232 al km 13+224.386.</i>	112
<i>Figura 97.- Secciones de construcción del km 13+229.386 al km 13+340.000.</i>	113
<i>Figura 98.- Secciones de construcción del km 13+350.407 al km 13+367.074.</i>	113
<i>Figura 99.- Secciones de construcción del km 13+380.000 al km 13+392.845.</i>	114
<i>Figura 100.- Secciones de construcción del km 13+397.845 al km 13+404.512.</i>	114
<i>Figura 101.- Secciones de construcción del km 13+420.000 al km 13+520.088.</i>	115
<i>Figura 102.- Secciones de construcción del km 13+521.755 al km 13+671.091.</i>	115
<i>Figura 103.- Secciones de construcción del km 13+680.000 al km 13+903.240.</i>	116
<i>Figura 104.- Secciones de construcción del km 13+909.907 al km 14+120.000.</i>	116
<i>Figura 105.- Secciones de construcción del km 14+140.000 al km 14+320.000.</i>	117
<i>Figura 106.- Secciones de construcción del km 14+340.000 al km 14+580.000.</i>	117
<i>Figura 107.- Secciones de construcción del km 14+581.740 al km 14+613.813.</i>	118
<i>Figura 108.- Secciones de construcción del km 14+640.000 al km 14+700.000.</i>	118
<i>Figura 109.- Secciones de construcción del km 14+707.834 al km 14+749.760.</i>	119
<i>Figura 110.- Secciones de construcción del km 14+760.000 al km 14+832.819.</i>	119
<i>Figura 111.- Secciones de construcción del km 14+840.000 al km 14+960.000.</i>	120
<i>Figura 112.- Secciones de construcción del km 14+964.513 al km 15+020.000.</i>	120
<i>Figura 113.- Secciones de construcción del km 15+040.000 al km 15+079.695.</i>	121
<i>Figura 114.- Secciones de construcción del km 15+080.000 al km 15+182.591.</i>	121
<i>Figura 115.- Secciones de construcción del km 15+190.297 al km 15+248.868.</i>	122
<i>Figura 116.- Secciones de construcción del km 15+253.868 al km 15+293.937.</i>	122
<i>Figura 117.- Secciones de construcción del km 15+297.270 al km 15+340.000.</i>	123
<i>Figura 118.- Secciones de construcción del km 15+360.000 al km 15+468.625.</i>	123
<i>Figura 119.- Secciones de construcción del km 15+473.310 al km 15+600.000.</i>	124
<i>Figura 120.- Secciones de construcción del km 15+620.000 al km 15+700.000.</i>	124
<i>Figura 121.- Secciones de construcción del km 15+720.000 al km 15+862.820.</i>	125
<i>Figura 122.- Secciones de construcción del km 15+866.153 al km 15+980.000.</i>	125
<i>Figura 123.- Secciones de construcción del km 16+000.000 al km 16+180.000.</i>	126
<i>Figura 124.- Secciones de construcción del km 16+200.000 al km 16+229.888.</i>	126
<i>Figura 125.- Secciones de construcción del km 16+233.221 al km 16+320.000.</i>	127
<i>Figura 126.- Secciones de construcción del km 16+340.000 al km 16+500.000.</i>	127
<i>Figura 127.- Secciones de construcción del km 16+505.358 al km 16+700.000.</i>	128
<i>Figura 128.- Secciones de construcción del km 16+709.143 al km 16+885.080.</i>	128
<i>Figura 129.- Secciones de construcción del km 16+886.747 al km 17+111.763.</i>	129
<i>Figura 130.- Secciones de construcción del km 17+113.430 al km 17+300.000.</i>	129
<i>Figura 131.- Secciones de construcción del km 17+320.000 al km 17+579.069.</i>	130

<i>Figura 132.- Secciones de construcción del km 17+580.000 al km 17+800.000.</i>	130
<i>Figura 133.- Secciones de construcción del km 17+820.000 al km 18+043.304.</i>	131
<i>Figura 134.- Secciones de construcción del km 18+044.971 al km 18+360.000.</i>	131
<i>Figura 135.- Secciones de construcción del km 18+380.000 al km 18+920.000.</i>	132
<i>Figura 136.- Secciones de construcción del km 18+928.771 al km 19+200.000.</i>	132
<i>Figura 137.- Secciones de construcción del km 19+207.869 al km 19+416.601.</i>	133
<i>Figura 138.- Secciones de construcción del km 19+419.934 al km 19+860.000.</i>	133
<i>Figura 139.- Secciones de construcción del km 19+880.000 al km 20+200.000.</i>	134
<i>Figura 140.- Secciones de construcción del km 20+220.000 al km 20+593.647.</i>	134
<i>Figura 141.- Secciones de construcción del km 20+595.314 al km 20+860.000.</i>	135
<i>Figura 142.- Secciones de construcción del km 20+880.000 al km 21+071.393.</i>	135
<i>Figura 143.- Secciones de construcción del km 21+078.606 al km 21+420.000.</i>	136
<i>Figura 144.- Secciones de construcción del km 21+440.000 al km 21+711.400.</i>	136
<i>Figura 145.- Secciones de construcción del km 21+714.733 al km 22+000.000.</i>	137
<i>Figura 146.- Secciones de construcción del km 22+020.000 al km 22+494.030.</i>	137
<i>Figura 147.- Secciones de construcción del km 22+497.363 al km 22+817.155.</i>	138
<i>Figura 148.- Secciones de construcción del km 22+818.822 al km 23+100.000.</i>	138
<i>Figura 149.- Secciones de construcción del km 23+120.000 al km 23+480.000.</i>	139
<i>Figura 150.- Secciones de construcción del km 23+495.455 al km 23+641.068.</i>	139
<i>Figura 151.- Secciones tipo para lavaderos, cunetas y bordillos.</i>	155
<i>Figura 152.- Detalle de alcantarilla.</i>	156
<i>Figura 153.- Sección en corte de alcantarilla de tubo.</i>	157
<i>Figura 154.- Detalle de alcantarilla de losa.</i>	157
<i>Figura 155.- Sección en corte de alcantarilla de losa.</i>	158
<i>Figura 156.- Proyecto señalamiento del km 4+219.680 al km 5+400.000.</i>	163
<i>Figura 157.- Proyecto señalamiento del km 4+219.680 al km 5+400.000.</i>	163
<i>Figura 158.- Proyecto señalamiento del km 6+600.000 al km 7+800.000.</i>	164
<i>Figura 159.- Proyecto señalamiento del km 7+800.000 al km 9+100.000.</i>	164
<i>Figura 160.- Proyecto señalamiento del km 9+100.000 al km 10+300.000.</i>	165
<i>Figura 161.- Proyecto señalamiento del km 10+300.000 al km 11+600.000.</i>	165
<i>Figura 162.- Proyecto señalamiento del km 11+600.000 al km 12+800.000.</i>	166
<i>Figura 163.- Proyecto señalamiento del km 12+800.000 al km 14+100.000.</i>	166
<i>Figura 164.- Proyecto señalamiento del km 14+100.000 al km 15+300.000.</i>	167
<i>Figura 165.- Proyecto señalamiento del km 15+300.000 al km 16+600.000.</i>	167
<i>Figura 166.- Proyecto señalamiento del km 16+600.000 al km 17+800.000.</i>	168
<i>Figura 167.- Proyecto señalamiento del km 17+800.000 al km 19+100.000.</i>	168
<i>Figura 168.- Proyecto señalamiento del km 19+100.000 al km 20+300.000.</i>	169
<i>Figura 169.- Proyecto señalamiento del km 20+300.000 al km 21+500.000.</i>	169
<i>Figura 170.- Proyecto señalamiento del km 21+500.000 al km 22+700.000.</i>	170
<i>Figura 171.- Proyecto señalamiento del km 22+700.000 al km 23+641.070.</i>	170
<i>Figura 172.- Descripción de capas de un pavimento flexible.</i>	172
<i>Figura 173.- Descripción de capas de un pavimento rígido.</i>	173
<i>Figura 174.- Carta de análisis de tránsito del Instituto Norteamericano del Asfalto.</i>	183
<i>Figura 175.- Monograma para obtener el espesor de pavimento.</i>	185

<i>Figura 176.- Grafica para obtener espesor mínimo de carpeta asfáltica.</i>	186
<i>Figura 177.- Grafica para diseño estructural para bases de VRS 7.55 de carreteras con pavimento flexible.</i>	193
<i>Figura 178.- Grafica para diseño estructural para bases de VRS 8.14 de carreteras con pavimento flexible.</i>	194
<i>Figura 179.- Grafica para diseño estructural para bases de VRS 8.89 de carreteras con pavimento flexible.</i>	195
<i>Figura 180.- Grafica para diseño estructural para bases de VRS 10.03 de carreteras con pavimento flexible.</i>	196
<i>Figura 181.- Inicio</i>	206
<i>Figura 182.- Descripción.</i>	206
<i>Figura 183.- Introducción.</i>	207
<i>Figura 184.- El programa tiene dos opciones de diseño, según el tipo de camino.</i>	207
<i>Figura 185.- Ejes sencillos de 8.2 toneladas.</i>	207
<i>Figura 186.- TDPA, Tasa de crecimiento y periodo de proyecto.</i>	208
<i>Figura 187.- Tipo de camino.</i>	208
<i>Figura 188.- Porcentaje para cada tipo de vehículo.</i>	208
<i>Figura 189.- Porcentaje de camiones cargados.</i>	209
<i>Figura 190.- Tipo B2.</i>	209
<i>Figura 191.- Tipo B3.</i>	210
<i>Figura 192.- Tipo C2.</i>	210
<i>Figura 193.- Tipo C3.</i>	211
<i>Figura 194.- Coeficiente de equivalencia del vehículo tipo B2.</i>	211
<i>Figura 195.- Coeficiente de equivalencia del vehículo tipo B3.</i>	212
<i>Figura 196.- Coeficientes de equivalencia del vehículo C2.</i>	212
<i>Figura 198.- Coeficiente de equivalencia del vehículo C3.</i>	213
<i>Figura 199.- Análisis de pavimentos.</i>	213
<i>Figura 197.- Z, tránsito de proyecto.</i>	214
<i>Figura 200.- Módulos de rigidez.</i>	214
<i>Figura 201.- Relación de capas.</i>	214
<i>Figura 202.- Nivel de confianza.</i>	214
<i>Figura 203.- Diseño por deformación.</i>	215
<i>Figura 204.- Datos y resultados del diseño.</i>	216

Índice de tablas

<i>Tabla 1.- Clasificación y características de las carreteras.</i>	23
<i>Tabla 2.- Ampliaciones, sobreelevaciones y transiciones para carreteras tipo E y D.</i>	25
<i>Tabla 3.- Consideraciones técnicas.</i>	42
<i>Tabla 4.- Velocidades de proyecto.</i>	45
<i>Tabla 5.- Registro del trazo definitivo.</i>	47
<i>Tabla 6.- Registro de nivel.</i>	48
<i>Tabla 7.- Bancos de nivel.</i>	50
<i>Tabla 8.- Referencias de trazo. En esta tabla se presentan los puntos de referencias y distancias necesarias para ubicar cada una de las referencias de trazo.</i>	51
<i>Tabla 9.- Geometría del alineamiento horizontal.</i>	53
<i>Tabla 10.- Curvas horizontales.</i>	58
<i>Tabla 11.- Ampliaciones y sobreelevaciones.</i>	60
<i>Tabla 12.- Relación entre pendiente máxima y velocidad de proyecto.</i>	71
<i>Tabla 13.- Calculo de la subrasante.</i>	74
<i>Tabla 14.- Valores mínimos del parámetro K y de la longitud mínima aceptable de las curvas verticales.</i>	77
<i>Tabla 15.- Calculo de curvas verticales.</i>	78
<i>Tabla 16.- Anchos de corona, de calzada, de acotamientos y de la faja separadora central.</i>	91
<i>Tabla 17.- Distancias izquierdas y derechas con la elevación del terreno natural correspondiente.</i>	97
<i>Tabla 18.- Áreas de terracerías, despalme y capas de pavimento.</i>	140
<i>Tabla 19.- Escalones de liga.</i>	141
<i>Tabla 20.- Despалme en corte y terraplén.</i>	142
<i>Tabla 21.- Terracerías.</i>	143
<i>Tabla 22.- Pavimentos.</i>	144
<i>Tabla 23.- Área de barrido.</i>	145
<i>Tabla 24.- Volumen de emulsión.</i>	146
<i>Tabla 25.- Volumen de arena.</i>	147
<i>Tabla 26.- Resumen de volúmenes y áreas.</i>	148
<i>Tabla 27.- Relación de cunetas.</i>	152
<i>Tabla 28.- Relación de bordillos.</i>	153
<i>Tabla 29.- Relación de lavaderos.</i>	154
<i>Tabla 30.- Cantidades de obra de las alcantarillas de tubo.</i>	160
<i>Tabla 31.- Cantidades de obra de las alcantarillas de losa.</i>	160
<i>Tabla 32.- Relación de alcantarillas.</i>	162
<i>Tabla 33.- Transito que circula por un camino.</i>	179
<i>Tabla 34.- Porcentaje de camiones pesados en el carril de diseño.</i>	182
<i>Tabla 35.- Monograma para factores de corrección del número del tránsito inicial para obtener el número de diseño.</i>	184
<i>Tabla 36.- Requisitos mínimos para materiales de bases hidráulicas.</i>	187
<i>Tabla 37.- Espesores mínimos para carpetas asfálticas.</i>	187
<i>Tabla 38.- Factores de equivalencia entre capas convencionales y capas de concreto asfáltico.</i>	187
<i>Tabla 39.- Clasificación vehicular.</i>	188
<i>Tabla 40.- Tránsito aforado y tránsito diario.</i>	197
<i>Tabla 41.- VRS y CBR crítico.</i>	198

<i>Tabla 42.- Clasificación vehicular.</i>	<i>199</i>
<i>Tabla 43.- Tránsito de proyecto en millones de ejes estándar.</i>	<i>200</i>
<i>Tabla 44.- Resultados.</i>	<i>200</i>
<i>Tabla 45.- Deformación, fatiga Vs Vida previsible, tránsito de proyecto.</i>	<i>201</i>
<i>Tabla 46.- Resultados del diseño.</i>	<i>215</i>

Resumen

Proyecto Geométrico Del Camino Puente El Pitayo - Las Bateas - San José De Chila del km 4+219.68 al km 23+641.07 En El Municipio De Apatzingan, Michoacán.

Es generalmente reconocido que no podrá darse un desarrollo económico ni equilibrado si no se cuenta con la infraestructura adecuada, incluyendo en ésta las redes carreteras, ferroviarias, urbanas, de puertos y aeropuertos.

Para que cualquier tipo de obra se realice en un menor tiempo, con mayores ahorros económicos, con mayores beneficios sociales y menor daño al ambiente; es indispensable contar con proyectos que prevean todas estas condiciones; toda vez de que cuando mejor planeación existe, menores deficiencias y/o errores prevalecen.

Los estudios y proyectos carreteros, son una herramienta indispensables para la toma de decisiones, debido a que con estos se logra que se impulse al desarrollo político, económico y social de cualquier lugar.

La realización de proyectos geométricos es importante para la realización de la obra, por eso es de mucha importancia la realización de este, ya que hay que cuidar que sea económico, practico y equilibrado, y con esto, tenemos un proyecto ejecutivo que en la ejecución es muy completo para su realización.

Este tipo de trabajos son de gran utilidad, debido a que son la parte medular de cualquier diagnostico de caminos; además de que con el esfuerzo en conjunto de todos los involucrados se puede tener la certeza de que los trabajos de proyección, que podrán ejecutarse con menor costo.

Lo que se presenta en esta tesis, es el procedimiento para la elaboración de un proyecto geométrico, desde la topografía, como se fue cuidando y afinando. También la elaboración del alineamiento horizontal el cual este fue proyectado sobre un camino ya existente y solamente cuidando el radio de curvatura. Otro elemento importante es el alineamiento vertical para este es importante cuidar la pendiente máxima, la gobernadora y la pendiente critica. La combinación de el alineamiento horizontal y el alineamiento vertical es las secciones las cuales podemos modificar por medio de estos elementos. El drenaje es parte esencial de un camino los bordillos, las cunetas, los lavaderos, alcantarillas de losa y las alcantarillas de tubo son importantes para el fluido de el agua. Y por el señalamiento es de mucha importancia la referencia de la señalización para el correcto funcionamiento del camino.

Palabras clave: Proyecto, Alineamiento, Secciones, Eje, Drenaje, Especificaciones, Geométrico, Camino, Brecha, Topografía y Señalamiento.

abstract

Geometric road project Puente Pitayo - The shelves - San Jose de Chila the km 4 to km 23 + 219.68 + 641.07 In The Municipality Apatzingan, Michoacán.

It is generally recognized that may not be affordable and balanced development if it does not have adequate infrastructure, including in it roads, railways, urban, port and airport networks.

For any type of work is done in less time, with greater cost savings, with greater social benefits and less harm to the environment; is indispensable projects that provide these conditions; since that when there is better planning, minor deficiencies and / or errors prevail.

The studies and road projects are an indispensable tool for decision-making, because these drives is achieved that the political, economic and social development everywhere.

The realization of geometric project is important for the realization of the work, so it is very important the realization of this, because we have to take care that is affordable, practical and balanced, and with this, we have an executive project in execution It is very comprehensive for its realization.

This type of work is very useful, because they are the core of any diagnosis of ways; besides that with the joint effort of all stakeholders can be confident that the work of projection, which may be implemented at a lower cost.

What is presented in this thesis is the procedure for the preparation of a geometric design from the topography, as was caring and refining. Also the development of horizontal alignment which this was projected onto an existing road and only taking care of the radius of curvature. Another important element is the vertical alignment for this is important to ensure the maximum slope, the governor and the critical slope. The combination of the horizontal alignment and vertical alignment sections is which can be modified using these elements. Drainage is an essential part of a road curbs, gutters, laundries, slab culverts and pipe culverts are important to the flow of water. And the indication is very important signaling reference for the proper functioning of the way.

CAPÍTULO 1 – CAMINOS Y CARRETERAS

1.1 INTRODUCCIÓN

Desde el principio de la existencia del ser humano se ha observado su necesidad por comunicarse, por lo cual fue desarrollando diversos métodos para la construcción de caminos, desde los caminos a base de piedra y aglomerante hasta nuestra época con métodos perfeccionados basándose en la experiencia que conducen a grandes autopistas de pavimento flexible o rígido.

Es por esto, que la tesis que se presenta, desarrollara el tema sobre un proyecto geométrico, así como todas aquellas especificaciones necesarias para poder cumplir con los requisitos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, también se describirán las consideraciones físicas, geográficas, económicas y sociales que intervienen en el diseño y construcción, los cuales varían dadas las características del lugar, suelo y condiciones climatológicas.

1.2 ANTECEDENTES

Desde tiempos remotos el hombre se ha enfrentado con el problema de vencer las distancias y para resolver este problema empezó a utilizar sus propios medios de comunicación. Cuando en su camino encontró obstáculos como montañas, ríos, lagos, mares y océanos, puso en juego todas sus energías para dominar estos hechos del medio geográfico y logro vencerlos a base de grandes penalidades surgido siempre por gran necesidad. Tras muchos siglos de lucha contra el medio geográfico ha logrado actuar las distancias empleando modernas vías de comunicación.

Orígenes: Las primeras fueron construidas por los romanos en Europa con fines militares. Durante varios siglos constituyeron las mejores vías terrestres en cuanto que permitieron el tránsito menos penoso que el de los caminos de herradura.

Por necesidad, los primeros caminos fueron de tipo peatonal (veredas) los cuales las tribus nómadas formaban al deambular por las regiones que les proporcionaban sus alimentos, posteriormente, al tornarse en sedentarias, estos caminos peatonales tuvieron finalidades religiosas, comerciales y de conquista; En América y México en particular, se tuvieron ejemplos de estos caminos en las civilizaciones Maya y Azteca en forma respectiva

Con la invención de la rueda apareció la carreta jalada por bestias o por humanos, para la cual fue necesario acondicionar los caminos con el fin de que el tránsito se desarrollara lo más “rápido y cómodo” que fuera posible; así, los espartanos y fenicios construyeron los primeros caminos de que se tiene noticia, los romanos construyeron los primeros caminos tanto en la península itálica, como en varios puntos de Europa, África y Asia, para poder extender sus dominios.

Cuando en los caminos peatonales las tribus tenían terrenos blandos o de lodazales, seguramente trataban de mejorar las condiciones, colocando piedras en el camino que les evita resbalar, o que sus pies se sumergieran en el lodo; los caminos para carreteras fueron revestidos de tal forma, que las ruedas no se incrustaban en el terreno.

Estos revestimientos desde piedra machacada, hasta empedrados, como los de la vía apia, en los que se realizaban carreras de carretas; estas piedras de los caminos peatonales en lodazales o de revestimientos tenían la finalidad de recibir las cargas sin ruptura estructural y de distribuir los esfuerzos, en zonas cada vez más amplias, para que pudieran ser soportados por el terreno natural, que son las principales funciones de los pavimentos actuales. ^[1]

1.3 CAMINOS ANTIGUOS

Los grandes sistemas de carreteras de la civilización moderna tienen su origen en los albores de la historia. Aun antes de la invención de la rueda, la que se supone ocurrió hace unos diez mil años, es indudable que hubo alguna forma de transporte masivo o individual de personas. Los primeros viajes se realizaron a pie; después, se utilizaron los animales para transportar carga, se diseñaron toscos trineos, y aparecieron los vehículos sencillos de ruedas. Muchas de las migraciones en los primeros periodos históricos involucraron a un gran número de personas y se cubrieron relativamente grandes distancias. Se establecieron rutas más o menos regulares y se extendieron hasta los límites del mundo entonces conocido.

Conforme las diferentes civilizaciones fueron alcanzando un nivel de desarrollo más alto, muchos pueblos antiguos tomaron conciencia de la importancia de mejorar los caminos. Las calles de la ciudad de Babilonia se pavimentaron hacia el año 2000 a. C. La historia también registra de la gran Pirámide en Egipto, aproximadamente 3000 años a. C. En la isla de Creta se han encontrado vestigios de los primeros caminos, y se sabe que las civilizaciones primitivas China, cartaginesa e Inca también se dedicaron exhaustivamente a la construcción de caminos.

Con mucho, el sistema más avanzado del mundo antiguo fue Roma. Cuando la civilización romana alcanzó el clímax, un gran sistema de caminos militares llegaba hasta los límites del Imperio. Muchos de estos caminos fueron construidos de piedra y tenían 3 pies (0.9 m) o más de espesor (figura 1).

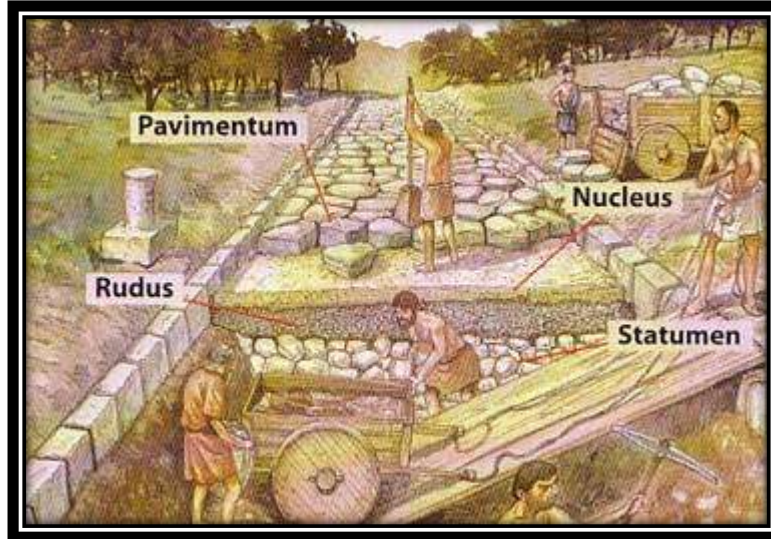


Figura 1.- Procedimiento constructivo de caminos antiguos romanos. (Internet.- caminos antiguos).

En el continente europeo aún se encuentran rastros de este magnífico sistema (figura 2); de hecho, algunos de estos caminos todavía sirven como base de algunos tramos de las carreteras modernas.

Después de la declinación y caída del Imperio romano, la construcción de caminos, así como prácticamente todas las otras formas de actividad científica, cesaron por un periodo aproximado de mil años. Tanto así, que en la primera parte del siglo XVIII, las únicas formas de viajar entre las ciudades eran a pie o a caballo. Las diligencias aparecieron en el año de 1659, en la mayoría de las cosas, los viajes en ellas presentaban excesivas dificultades debido a las pésimas condiciones de los caminos rurales. ^[2] ^[4]



Figura 2.- Imágenes del estado actual de calzada romana ubicado en territorio español al norte de Madrid.

1.4 IMPORTANCIA DE LOS CAMINOS Y EL CRECIMIENTO EN MÉXICO

Los caminos en México han tenido una historia digna de contarse. Los primeros de ellos fueron construidos por las culturas prehispánicas para atender las necesidades de la época; estos eran transitados principalmente a pie, por lo que fueron trazados conforme las personas requirieron trasladarse a ciertos lugares.

Los españoles al llegar a lo que actualmente es el Territorio Nacional, encontraron que sus pobladores desconocían el uso de la rueda en vehículos de transporte y no disponían tampoco de animales de tiro y carga; pero a pesar de ello, contaban con un buen número de calzadas de piedra, así como una considerable cantidad de caminos, veredas y senderos.

Destacaban en este aspecto constructivo los aztecas y los mayas, quienes por sus actividades comerciales, religiosas y bélicas, utilizaban ampliamente los caminos; de algunos perduran aun los vestigios, como los famosos “caminos blancos” de los mayas, de los cuales son buenos ejemplos los que aun existen en las inmediaciones de Izamal, Chicheitza y otros en la península de Yucatán.

Datos históricos destacan el interés que aquellos aborígenes manifestaron, tanto por construir caminos, como por conservarlos, emitiendo leyes sobre la materia.

Es obvio que los caminos construidos por los indígenas, que fueron después útiles Cortés durante la época de la conquista.

La colonización de la Nueva España trajo como consecuencia lógica un sensible mejoramiento de los caminos ya existentes y la apertura de otros muchos.

Las primeras modificaciones a los caminos existentes, tienen su origen en el uso de animales de tiro y carga (Figura 3) así como a las carreteras y en la necesidad de comunicar el centro de la Nueva España con los puertos marítimos en forma adecuada para hacer llegar a la madre Patria los productos del país, que sumaban respectivamente, según datos históricos, 7,605 y 19,720 kilómetros, variando su estado de conservación de acuerdo con su importancia.

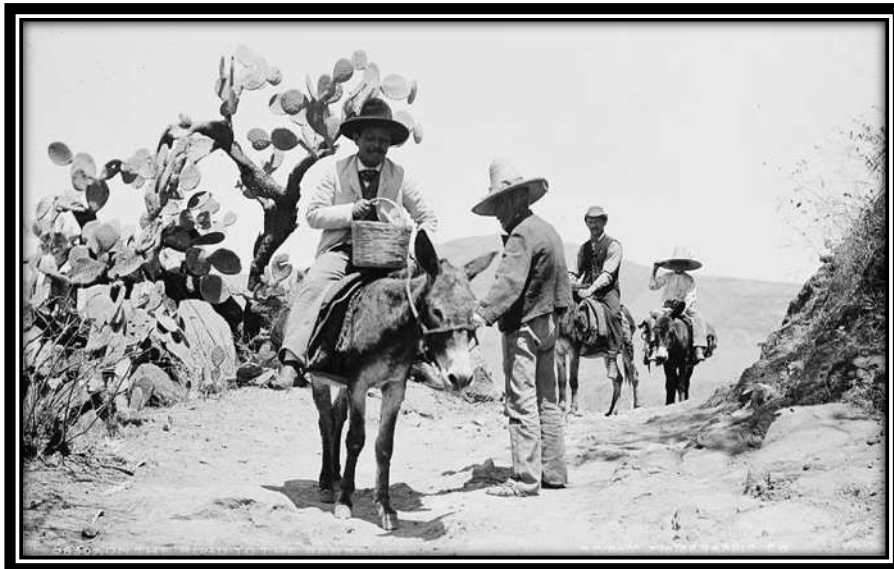


Figura 3.- Utilización de animales de carga transitando por veredas y caminos.

Posteriormente, durante 300 años que duro la época colonial, se crearon caminos abiertos con el objetivo de cubrir los requerimientos de conquista y defensa de los espacios conquistados. Poco a poco, estos caminos se fueron transformando en vías para trasladar los productos extraídos de las minas que eran llevados como botín a los reyes españoles en turno.

Varios de estos caminos fueron llamados “caminos reales”, nombrados así porque tenían como fin “el servicio de Su Majestad y sus reales ingresos”. Éstos recibieron pocos cuidados; se designaba a los “naturales” de los lugares por donde pasaban para que se hicieran cargo de su mantenimiento, lo que genero que durante los tres siglos de vida novohispana tuvieran una calidad pésima.

Durante los poco más de 11 años que duró la guerra de insurgencia en México, los caminos fueron uno de los aspectos menos atendidos; los ya existentes no recibieron mantenimiento, no se abrieron nuevas rutas y nunca hubo una política de Estado que promoviera su conservación. Esto ocurrió durante todo el siglo XIX debido a las guerras internas que enfrentaba el país.

A finales de ese siglo, se inicio el avance tecnológico del transporte mexicano, principalmente dirigido por el gobierno de Porfirio Díaz, el cual se enfocó en la contratación de empresas inglesas o francesas para la construcción de los caminos de hierro para el ferrocarril; de este modo, las carreteras nuevamente fueron olvidadas pos las políticas públicas de la época.

Por desgracia, durante las primeras dos décadas del siglo XX, nuevas guerras civiles impidieron el progreso de los caminos en el país; esto generó que, en lugar de progresar, las vías terrestres (carreteras o vías férreas) se fueron deteriorando cada vez más pues fueron blancos estratégicos en la guerra de guerrillas. De este modo, no fue hasta la tercera década del siglo XX que fue un avance significativo en la conservación y ampliación de la red carretera nacional.

Posteriormente, tan pronto como se lanzo al mercado mundial el automóvil, México acogió con entusiasmo este moderno género de transporte; pero se encontró carente de caminos modernos, tan necesarios para el desarrollo intenso del automovilismo. Aun cuando administraciones anteriores dedicaron algunos esfuerzos a la apretura de caminos, no fue sino hasta el año de 1925 cuando el General don Plutarco Elías Calles, a cargo de la Presidencia de la República, planeó vigorosamente, dentro del programa de reconstrucción del país, como una de las ramas principales, la formación de una red de los buenos caminos para automóviles, y, comprendiendo la enorme trascendencia social y económica de la comunicación vial para el desarrollo da la nación, la inicio sobre bases firmes técnicas y económicas que aseguraron un éxito completo inmediato y que forzosamente perduraran, perfeccionándose, satisfaciendo las necesidades crecientes de la República para dotarse de una extensa red de caminos.

Para arbitrar fondos, se creó el impuesto especial sobre la venta de primera mano de gasolina, a razón de tres centavos por litro. Tanto los causantes como el público en general acogiendo con beneplácito esta disposición, y en vista de su benéfica aplicación y de la rectitud con que se han manejado lo producidos por el impuesto, fue posible elevarlo hasta duplicarlo, sin entibiar en lo

más mínimo el entusiasmo cada vez creciente en todas las esferas sociales para coadyuvar con él con el Gobierno Federal en todo aquello que intensifique la construcción de caminos.

Simultáneamente a la creación del impuesto aludido se instituyó la Comisión Nacional de Caminos, como órgano cuya función sería el estudio, la construcción y la conservación de la red de caminos nacionales. Originalmente se aprovecharon los servicios de una compañía extranjera, con la intención de implantar sistemas modernos adecuados, tanto en el orden técnico como en el administrativo; pero pronto se pudo prescindir de la cooperación de dicha compañía, dejando todas las actividades de la Comisión en manos exclusivamente de personal mexicano.

Como etapa del programa se han abarcado las siguientes rutas: La primera, un camino longitudinal de frontera a frontera, que comprende las secciones de México, D. F., a Nuevo Laredo, Tam., en la línea divisora con Estados Unidos del Norte, con una longitud de 1,228 kilómetros, y de México, D. F., a Suchiate, Chiapas, en el límite con Guatemala, con un desarrollo de 1,435 kilómetros. Esta línea atraviesa muy importantes regiones del país hasta ahora sólo dotadas de malas vías de comunicación; en consecuencia, influirá mucho en el desarrollo local; además, será de grandísima utilidad para el turismo internacional, del que México espera un cambio social de importancia con las naciones vecinas, que estrechará aun más nuestras buenas relaciones.

La segunda, entre los puertos de Veracruz, en el Golfo, y de Acapulco, en el Pacífico, pasando por la capital. Esta ruta, principalmente en la sección México – Acapulco, ha sido de gran interés para el país, por comunicar con el centro el agreste Estado de Guerrero, tocando como terminal el maravilloso natural construido por la bahía de Acapulco, una de las mejores del mundo. La distancia de México al puerto es de 458 kilómetros, la otra sección tiene la importancia de comunicar la capital con nuestro primer puerto marítimo, y aun cuando están comunicados por dos ferrocarriles, se ha procurado llevar el camino, hasta donde sea posible, por zonas no favorecidas por dichas líneas férreas, a fin del camino nacional dé también de servicio local de importancia. La longitud de esta sección es de 430 kilómetros.

Tercera ruta: México, D. F., a Guadalajara, Jalisco con un desarrollo de 457 kilómetros. Este camino central ligará las dos principales poblaciones del país, cruzando por ricas zonas de los Estados de México, Michoacán y Jalisco, y formará el primer tramo de caminos de México a la Costa Occidental.

Finalmente la cuarta ruta del programa inicial la construye la carretera interoceánica de Matamoros, Tamaulipas, a Mazatlán, Sinaloa, con el desarrollo de 1,277 kilómetros. Es una línea transversal de gran importancia, que comunicará ambas costas cruzando la Mesa Central.

Como parte adicional, se consideran interesantes, un camino de Chiapas al territorio de Quintana Roo y otro de Sonora a Baja California, con el fin de comunicar con el resto del país sus dos regiones más lejanas. ^[3]

“Proyecto Geométrico Del Camino Puente El Pitayo - Las Bateas - San José De Chila del km 4+219.68 al km 23+641.07 En El Municipio De Apatzingan, Michoacán”

1.5 CLASIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS CAMINOS

La carretera se puede definir como la adaptación de una faja sobre la superficie terrestre que llene las condiciones de ancho, alineamiento y pendiente para permitir el rodamiento adecuado de los vehículos para los cuales ha sido acondicionada.

Las normativas mundiales de vanguardia anteponen una clasificación funcional a cualquier otra, con el fin de definir en primer lugar la función deseada para la vía en el contexto de la red nacional de carreteras. En ese sentido, se propone la siguiente clasificación funcional de las carreteras mexicanas para fines de proyecto geométrico:

1.- Troncales o primarias. Son parte de corredores de transporte que unen centros de población importantes, generalmente de más de cincuenta mil (50,000) habitantes, cuyas actividades generan o atraen viajes de largo itinerario. A su vez, subdividen en:

Autopistas (AP). Carreteras de sentidos separados físicamente por una faja central o mediana, control total de acceso, dos (2) o más carriles por sentido de circulación y velocidad de proyecto en el rango de ochenta (80) km/h a ciento diez (110) km/h. Sus TDPA's son mayores a cinco mil (5,000) vehículos.

Vías rápidas (VR). Carreteras de sentidos separados físicamente por una faja central o mediana, y velocidad de proyecto en el rango de ochenta (80) km/h a ciento diez (110) km/h; y que en relación con uno o varios de los demás elementos (control de acceso, número de carriles por sentidos, etc.) no cumple con los estándares de las autopistas. Sus TDPA's van de tres mil (3,000) a cinco mil (5,000) vehículos.

2.- Arterias o secundarias. Son vías que unen poblaciones medianas o pequeñas con los nodos de la red troncal, que aportan gran proporción de los viajes mediano y corto itinerario. Tiene un sólo cuerpo, control parcial de acceso, un carril por sentido de circulación, y velocidad de proyecto en el rango setenta (70) km/h a ciento diez (110) km/h. Sus TDPA's van de mil quinientos (1,500) a tres mil (3,000) vehículos.

3.- Alimentadoras. Son aquéllas utilizadas por viajes de muy corto itinerario. Se subdividen en:

Colectoras (C). Carreteras de un solo cuerpo, control parcial de acceso, un carril por sentido de circulación, y velocidad de proyecto en el rango de sesenta (60) km/h Sus TDPA's van de quinientos (500) a mil quinientos (1,500) vehículos.

Locales (L). Carreteras de un solo cuerpo, sin control de acceso, un carril por sentido de circulación, y velocidad de proyecto en el rango de treinta (30) km/h a ochenta (80) km/h. Sus TDPA's van de 100 (cien) a quinientos (500) vehículos.

Brechas (Br). Carreteras de un solo cuerpo, sin control de acceso, un carril de circulación, y velocidad de proyecto en el rango de treinta (30) km/h a setenta (70) km/h Sus TDPA's son menores a cien (100) vehículos. ^[5]

Las normas geométricas de las carreteras clasificadas según la tabla 1 variaran según las características topográficas del terreno que atraviesen. Se consideraran los siguientes tipos de terreno:

Plano. Cuyo perfil representa pendientes longitudinales uniformes y de corta magnitud, con pendientes transversales escasas o nulas. En este tipo de topografía el alineamiento está limitado en general por otras consideraciones distintas a la pendiente, como puede ser: el uso de suelo, vías de ferrocarril, canales etc.

Lomerío. Se considera al terreno cuyo perfil longitudinal presenta cimas y depresiones de cierta magnitud con pendiente transversal menor a 25°. Este tipo de región deben considerarse cuidadosamente la pendiente y la curvatura. Las alturas de terraplén y las profundidades de corte, las obras de drenaje y el numero de puentes dependerá de qué el alineamiento de la ruta siga las crestas, los valles o cruce las cuencas hidrográficas.

Montañoso. Al terreno cuyo perfil longitudinal presenta grandes cimas y depresiones obligando a fuertes movimientos de tierras, además las pendientes transversales son mayores a 25°. En estas zonas es donde la pendiente presenta el mayor problema y, en general, el alineamiento horizontal o sea la curvatura está condicionado por el criterio de la máxima pendiente. ^[6]

Los valores de las principales caracterizas geométricas, se resumen en la tabla 1.

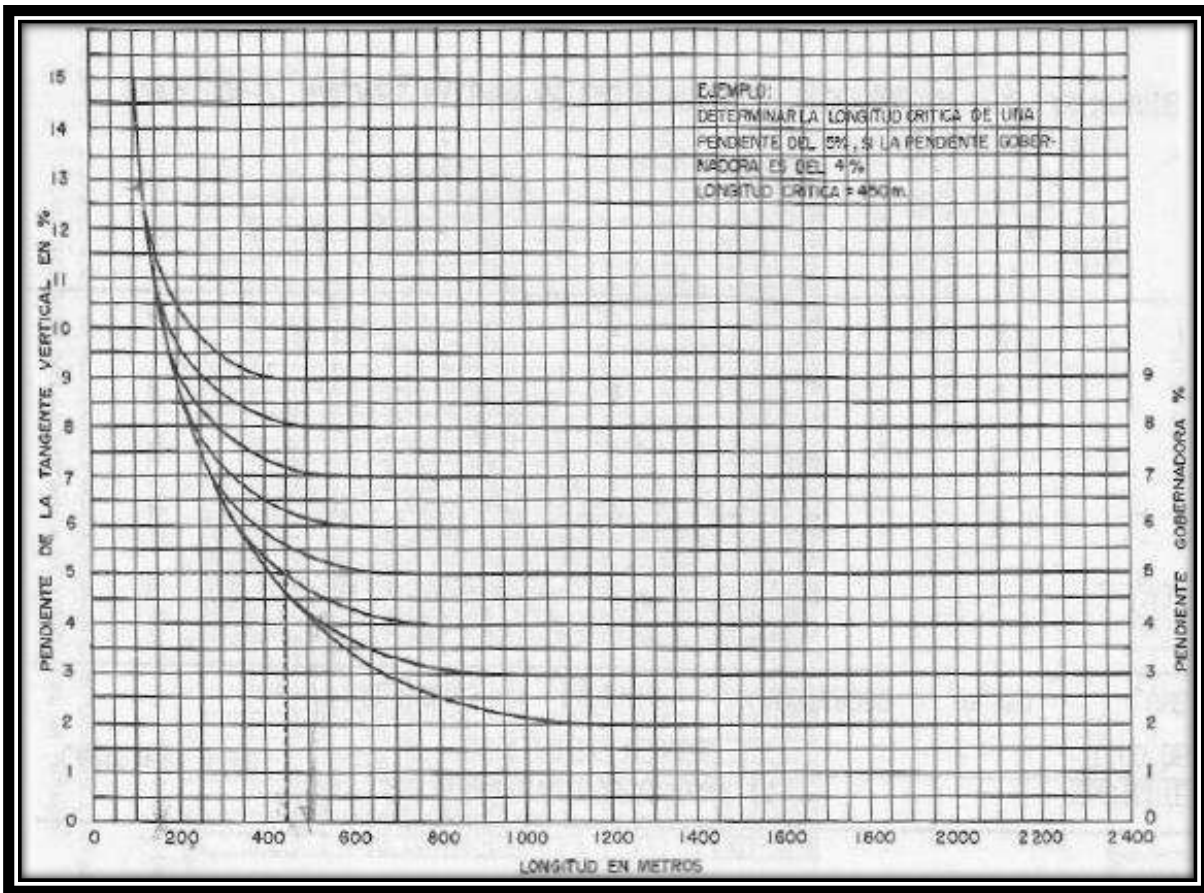


Figura 4.- Longitud critica de tangentes verticales con pendiente mayor que la gobernadora.

VELOCIDAD		30			40			50			60			70			
Gc	Rc	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	Ac	Sc	Le	
0	30	2291.84	20	3.0	10	20	3.0	13	20	3.0	16	30	3.0	19	30	3.0	22
1	00	1145.92	20	3.0	10	20	3.0	13	30	3.0	16	30	3.0	19	30	3.0	22
1	30	763.94	20	3.0	10	30	3.0	13	30	3.0	16	30	3.0	19	30	3.0	22
2	00	572.96	20	3.0	10	30	3.0	13	30	3.0	16	40	3.0	19	40	3.0	22
2	30	458.37	30	3.0	10	30	3.0	13	40	3.0	16	40	3.0	19	50	3.0	22
3	00	381.97	30	3.0	10	40	3.0	13	40	3.0	16	50	3.0	19	50	4.0	22
3	30	327.40	30	3.0	10	40	3.0	13	40	3.0	16	50	3.2	19	60	4.7	26
4	00	286.48	30	3.0	10	40	3.0	13	50	3.0	16	50	3.6	19	60	5.3	30
4	30	254.65	40	3.0	10	40	3.0	13	50	3.0	16	60	4.1	20	60	6.0	34
5	00	229.18	40	3.0	10	50	3.0	13	50	3.0	16	60	4.5	22	70	6.7	37
5	30	208.35	40	3.0	10	50	3.0	13	50	3.2	16	60	5.0	24	70	7.3	41
6	00	190.99	40	3.0	10	50	3.0	13	60	3.5	16	60	5.5	26	70	8.0	45
6	30	176.29	50	3.0	10	50	3.0	13	60	3.8	16	70	5.9	28	80	8.7	49
7	00	163.70	50	3.0	10	50	3.0	13	60	4.0	16	70	6.4	31	80	9.3	52
7	30	152.79	50	3.0	10	60	3.0	13	70	4.4	18	70	6.8	33	80	10.0	56
8	00	143.24	50	3.0	10	60	3.0	13	70	4.7	19	80	7.3	35			
8	30	134.81	50	3.0	10	60	3.0	13	70	5.0	20	80	7.7	37			
9	00	127.32	50	3.0	10	60	3.0	13	70	5.3	21	80	8.2	39			
9	30	120.62	60	3.0	10	70	3.2	13	70	5.5	22	80	8.6	41			
10	00	114.59	60	3.0	10	70	3.3	13	80	5.9	24	90	9.1	44			
11	00	104.17	60	3.0	10	70	3.7	13	80	6.5	26	90	10.0	48			
12	00	95.49	60	3.0	10	80	4.0	13	90	7.1	28						
13	00	88.15	70	3.0	10	80	4.3	14	90	7.6	31						
14	00	81.85	70	3.0	10	80	4.7	15	90	8.2	33						
15	00	76.39	70	3.0	10	90	5.0	16	10	8.8	35						
16	00	71.62	80	3.0	10	90	5.3	17	100	9.4	38						
17	00	67.41	80	3.0	10	90	5.7	18	110	10.0	40						
18	00	63.66	80	3.0	10	100	6.0	19									
19	00	60.31	90	3.2	10	100	6.3	20									
20	00	57.30	90	3.3	10	100	6.7	21									
22	00	52.09	100	3.7	10	110	7.3	23									
24	00	47.75	100	4.0	10	120	8.0	26									
26	00	44.07	110	4.3	10	130	8.7	28									
28	00	40.93	110	4.7	11	130	9.3	30									
30	00	38.20	120	5.0	12	140	10.0	32									
32	00	35.81	130	5.3	13												
34	00	33.70	130	5.7	14												
36	00	31.83	140	6.0	14												
38	00	30.16	150	6.3	15												
40	00	28.65	150	6.7	16												
42	00	27.28	160	7.0	17												
44	00	26.04	160	7.3	18												
46	00	24.91	170	7.7	18												
48	00	23.87	180	8.0	19												
50	00	22.92	180	8.3	20												
52	00	22.04	190	8.7	21												
54	00	21.22	190	9.0	22												
56	00	20.46	200	9.3	22												
58	00	19.76	200	9.7	23												
60	00	19.10	110	10.0	24												

Ac Ampliación de la calzada y la corona, en cm.
 En carreteras tipo E no se dará la ampliación por curvatura a menos que se proyecten libraderos en curvahorizontal.

Sc Sobreelevación, en porcentaje.

Le Longitud de la transición mixta, en metros.

Tabla 2.- Ampliaciones, sobreelevaciones y transiciones para carreteras tipo E y D.

1.6 VOLUMEN Y TIPO DE TRANSITO

A cada nivel de servicio le corresponde un volumen de transito, al cual se llama volumen de servicio para ese nivel. Por lo tanto, puede definirse el volumen de servicio, como el máximo número de vehículos que pueden circular por un camino durante un periodo de tiempo determinado, bajo las condiciones de operación correspondientes a un seleccionado nivel de servicio. El volumen de servicio máximo equivale a la capacidad, y lo mismo que esta, los volúmenes de servicio se expresan normalmente como volúmenes horarios.^[7]

DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE TRANSITO

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

- A) Estudio de origen y destino. Su objetivo primordial es conocer el movimiento de transito en cuanto puntos de partida y de términos de los viajes; adicionalmente se obtiene datos del comportamiento del tránsito, tanto en lo que se refiere a su magnitud y composición como a los diversos tipos de productos que se transportan. Esto último con miras a terminar el grado de desarrollo de los sectores que integran la vida económica y social y la localización de los centros productores y consumidores, indicando la importancia que éstos guardan dentro de la economía.

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

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

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

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

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

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

Se están utilizando en la secretaría de Obras Públicas, dos tipos de contadores: los neumáticos que detectan el número de ejes que pasan y cuyas lecturas se llevan a cabo cada 24 horas, y los eléctricos que registran, durante lapsos de una hora, el número de vehículos que cruzan por la estación. Mediante un muestreo se obtiene la composición del tránsito, lo que así permite obtener la equivalencia entre el número de vehículos y los ejes registrados por los contadores neumáticos.

Las casetas de cobro del organismo Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos función como estaciones maestras, ya que registran los volúmenes de tránsito, así como su composición, en forma continua, permitiendo conocer las variaciones estacionales.

El análisis de los datos obtenidos para estimar el volumen de tránsito, tanto para carreteras nuevas como para el mejoramiento de las existentes es, en general, privativo de cada proyecto; sin embargo, se presentaran algunos de sus aspectos más comunes con objeto de sentar sus antecedentes:

1. Obtención del tránsito actual. El tránsito promedio diario semanal obtenido de la estación de muestreo de corregirse, para hacerlo representativo del TPDA, para lo cual se seleccionara una estación maestra con cual existe una correlación

aceptable; es decir, que el comportamiento del tránsito en ambas estaciones sea similar.

2. Cálculo del tránsito desviado o inducido. De los estudios de origen y destino se puede obtener el tránsito desviado probable, que dependerá del ahorro que represente para los usuarios, el empleo del camino en estudio, por concepto de costos, longitud y tiempo de recorrido.
3. La obtención del tránsito generado se puede hacer por medio de modelos matemáticos de tipo gravitatorio, que consideren la distancia y costo de transporte entre las localidades y las características de la zona de influencia de estas, tales como habitantes y producción. ^[9]

TIPOS DE TRÁNSITO

Cuando se lleva a cabo la sustitución de una carretera X por otra Y en mejor estado, sirviendo ambas a los mismos centros de población, se tiene la existencia de un tránsito de vehículos, previo a la construcción de la nueva carretera o a la modernización de la existente, llamado tránsito normal. Si no se construye la carretera Y, el tránsito en la carretera actual aumentará de acuerdo a una tasa de crecimiento dada, cuyo valor sería completamente distinto si se llevara a cabo el proyecto. De estas observaciones se ha determinado la existencia de tres tipos de tránsito relacionado con cualquier proyecto.

TRÁNSITO NORMAL. Es aquel que circula normalmente por la carretera. El crecimiento normal del tránsito es el incremento del volumen debido al aumento en número y uso de vehículos de motor.

TRÁNSITO INDUCIDO. Es aquel tránsito que no se hubiera presentado sin el proyecto; aparece gracias a la disminución de los costos de operación de los vehículos y debido al mejoramiento en el uso del suelo adyacente al camino.

TRÁNSITO DESVIADO. Corresponde a aquél existente en otras vías de transporte como rutas alternas, ríos, ferrocarriles y aviones, que daba la reducción de los costos de operación en la nueva carretera se transfiere a ésta. ^[9]

CONCEPTOS RELACIONADOS CON EL TRÁNSITO

A) Factor de carga. Es la relación del número total intervalos con luz del semáforo que se utilizan completamente por el tránsito durante la hora de circulación máxima, al número total de intervalos verdes para ese acceso durante el mismo periodo de tiempo. El valor máximo que puede alcanzar es uno.

“Proyecto Geométrico Del Camino Puente El Pitayo - Las Bateas - San José De Chila del km 4+219.68 al km 23+641.07 En El Municipio De Apatzingan, Michoacán”

B) Factor de la hora de máxima demanda. Es la relación entre el volumen registrado en la hora de máxima demanda y el valor máximo de la circulación durante un periodo de tiempo dado dentro de dicha hora, multiplicado por el número de veces que ese período cabe en una en una hora. Es una medida de las características del tránsito durante los períodos máximos; el valor más alto de esta relación es una. El término así descrito debe limitarse para un período corto dentro de la hora, considerándose generalmente de cinco o seis minutos en las autopistas y de 15 minutos en las intersecciones.

C) Circulación continua. Es la condición del tránsito por la cual un vehículo que recorra un tramo de un camino, no se ve obligado a detenerse por cualquier cosa externa a la corriente de tránsito, si bien, dicho vehículo puede verse obligado a detenerse por causas propias de la corriente del tránsito por la circula.

a) Circulación continua. Es la condición del tránsito por la cual un vehículo que recorra un tramo de camino, se obligado a detenerse por causas que no sean propias de la corriente del tránsito, tales como señales o semáforos en una intersección. Las paradas de vehículos causadas por obstáculos e interferencias dentro de la corriente de tránsito no se consideran como circulación discontinua.^[7]

CAPÍTULO 2 – PLANEACIÓN DE UNA CARRETERA

2.1 LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

La topografía del terreno, es un factor determinante en la elección de los valores de los diferentes parámetros que intervienen en el diseño de una vía.

En nuestro carretero se realizó el levantamiento taquimétrico del camino, con el fin de seleccionar el más conveniente punto de arranque de llegada en nuestro trazado.

Cuando el terreno es bastante grande o existen obstáculos que impiden la visibilidad necesaria, se emplea el levantamiento de un terreno por medio de Poligonales, que consiste en trazar un polígono que siga aproximadamente los linderos del terreno y desde puntos sobre este polígono se toman detalles complementarios para la perfecta determinación del área que se desea conocer y de los accidentes u objetos que es necesario localizar. Vemos primeramente lo concerniente al trazado y al cálculo de la poligonal base y, luego, cómo se complementa el levantamiento tomando los detalles por izquierdas y derechas.

La línea que une los vértices del polígono se denomina poligonal.

Inicialmente se procedió a realizar una visita para reconocimiento del lugar, en donde se levanto la brecha y las secciones transversales a cada 20 m. El levantamiento del camino se hizo con GPS ya que para esto, para esto se hizo un recorrido de los 19.42139 km del tramo para conocer la topografía del lugar.



Figura 5.- Equipo utilizado para el levantamiento topográfico, GPS.



Figura 6.- Brecha existente.

“Proyecto Geométrico Del Camino Puente El Pitayo - Las Bateas - San José De Chila del km 4+219.68 al km 23+641.07 En El Municipio De Apatzingan, Michoacán”

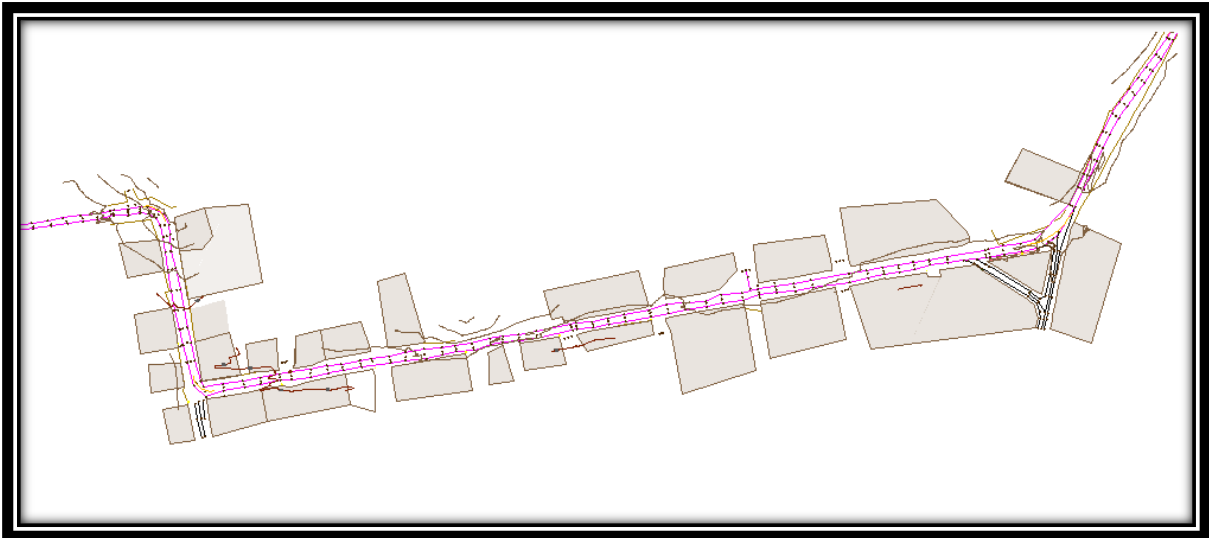


Figura 7.- Topografía de la brecha existente de km 4+219.680 al km 5+600.000.



Figura 8.- Topografía de la brecha existente de km 5+400.000 al km 6+600.000.

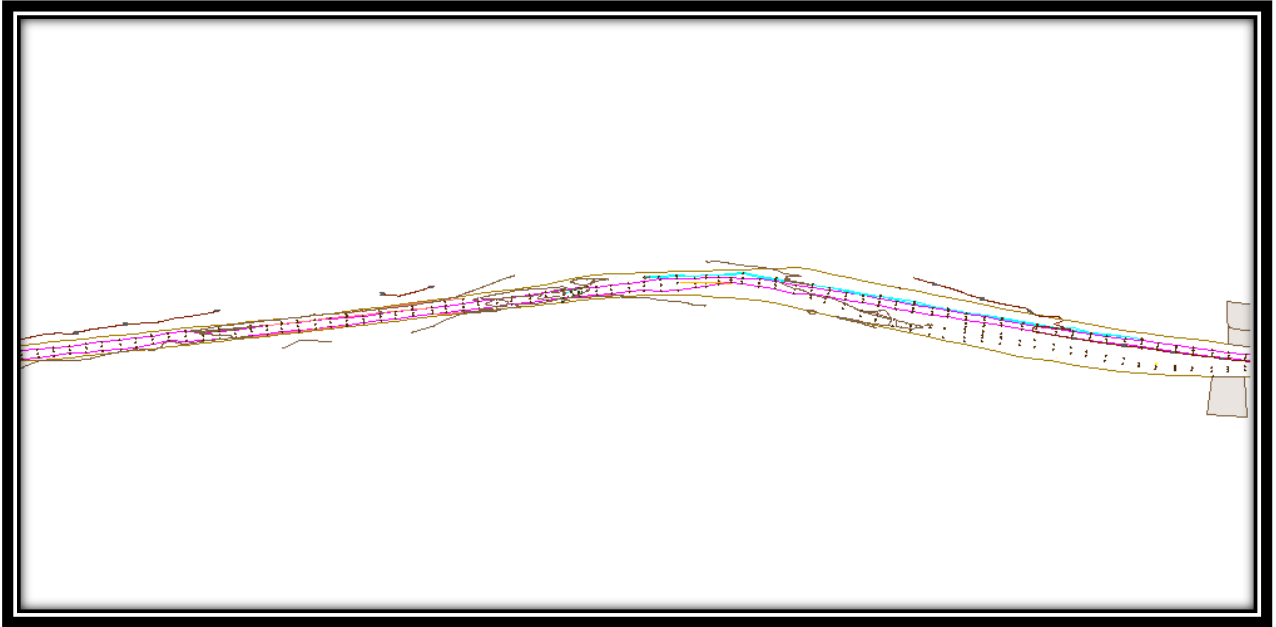


Figura 9.- Topografía de la brecha existente de km 6+600.000 al km 7+800.000.

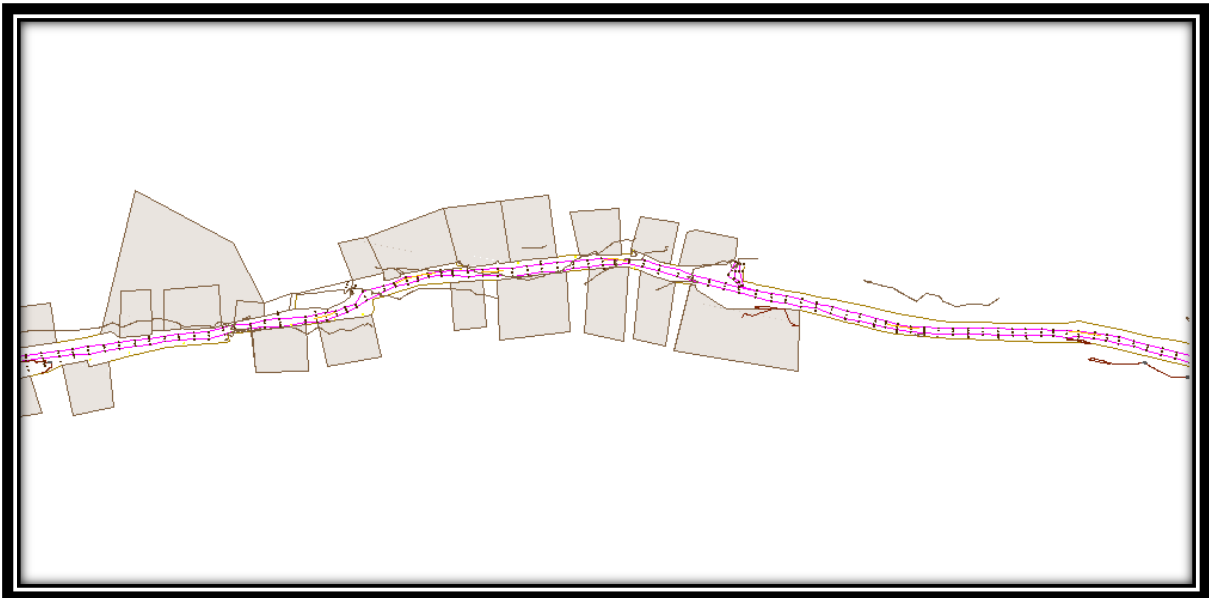


Figura 10.- Topografía de la brecha existente de km 7+800.000 al km 9+100.000.

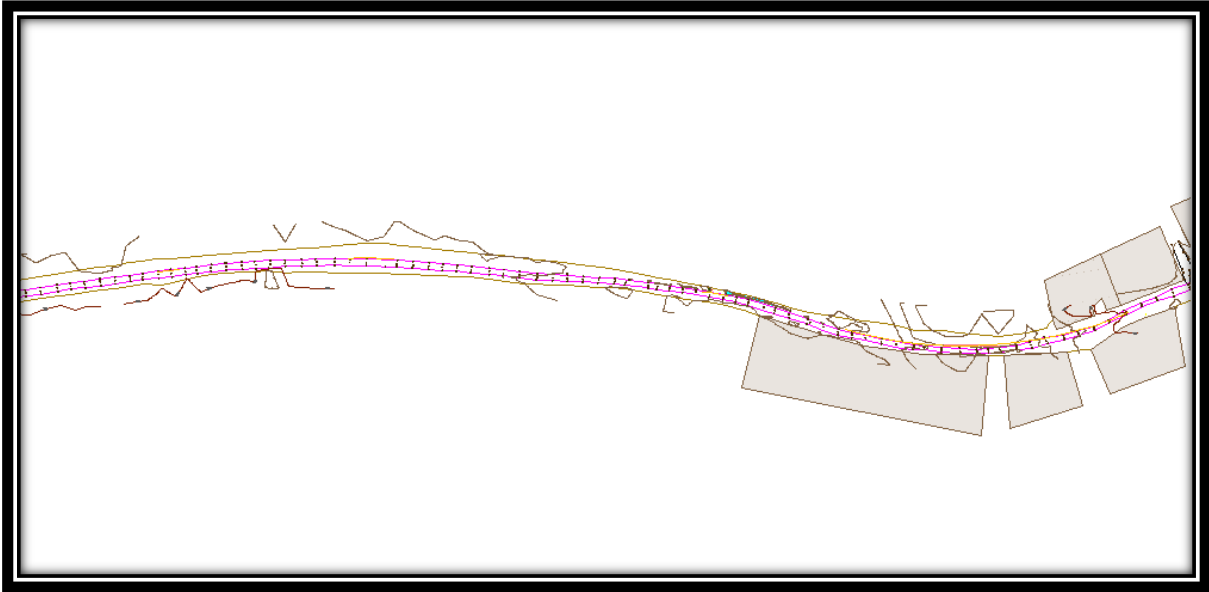


Figura 11.- Topografía de la brecha existente de km 9+100.000 al km 10+300.000.

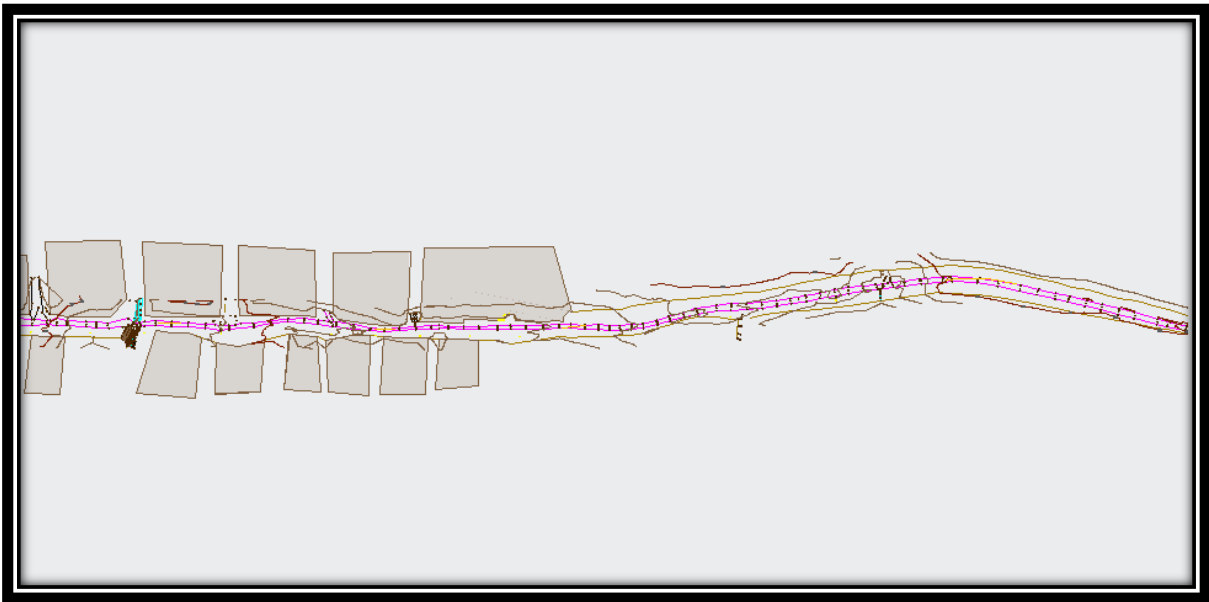


Figura 12.- Topografía de la brecha existente de km 10+300.000 al km 11+600.000.

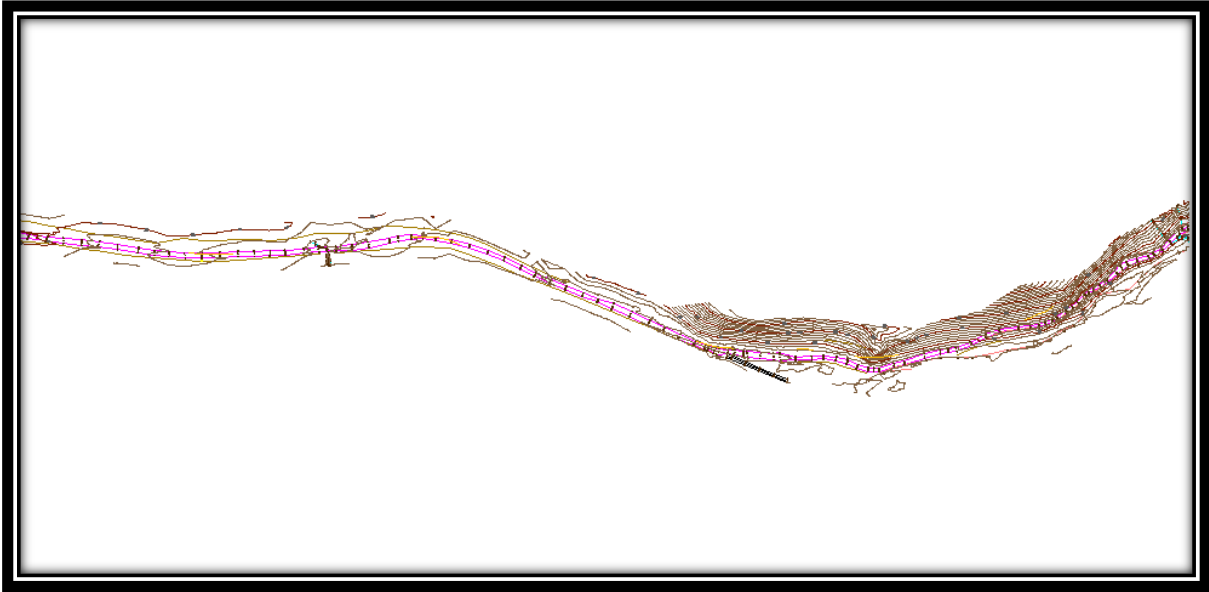


Figura 13.- Topografía de la brecha existente de km 11+600.000 al km 12+800.000.



Figura 14.- Topografía de la brecha existente de km 12+800.000 al km 14+100.000.



Figura 15.- Topografía de la brecha existente de km 14+100.000 al km 15+300.000.

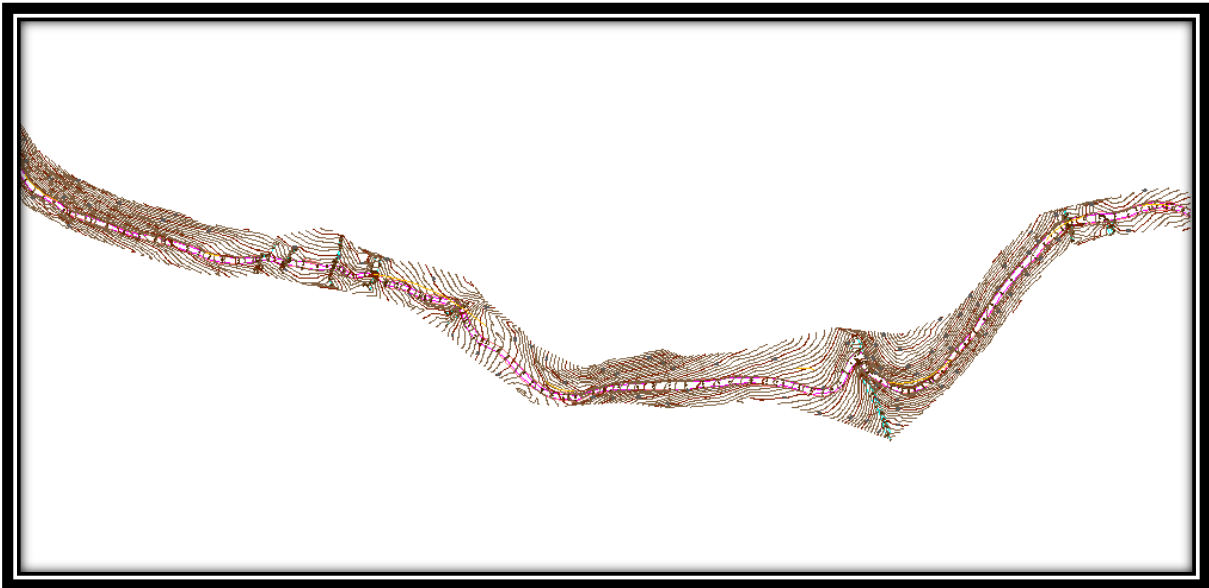


Figura 16.- Topografía de la brecha existente de km 15+300.000 al km 16+600.000.

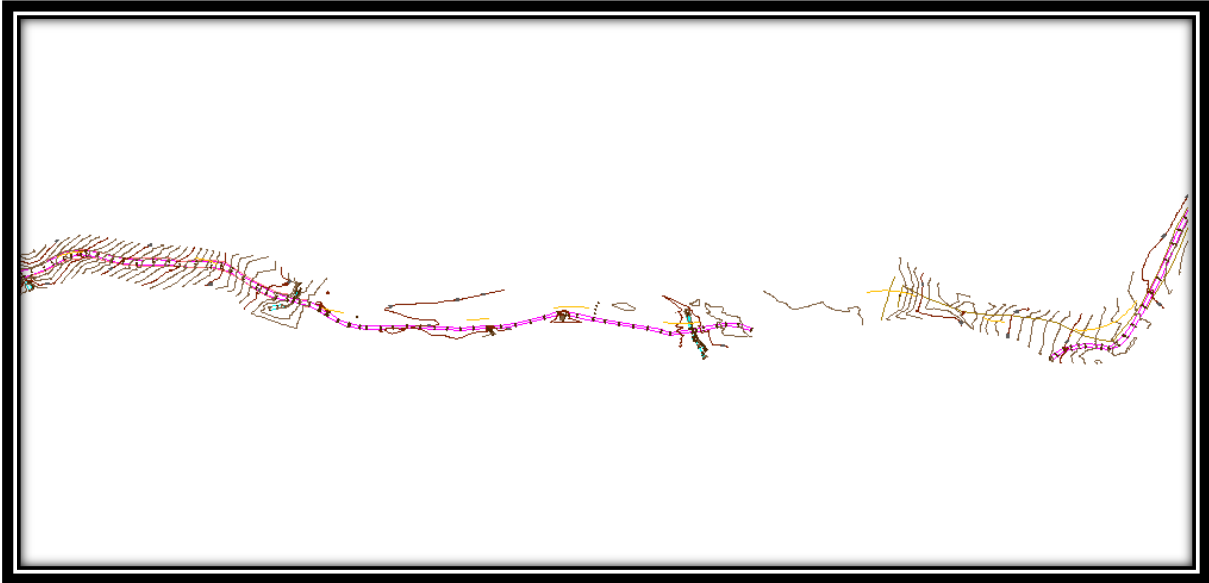


Figura 17.- Topografía de la brecha existente de km 16+600.000 al km 17+800.000.

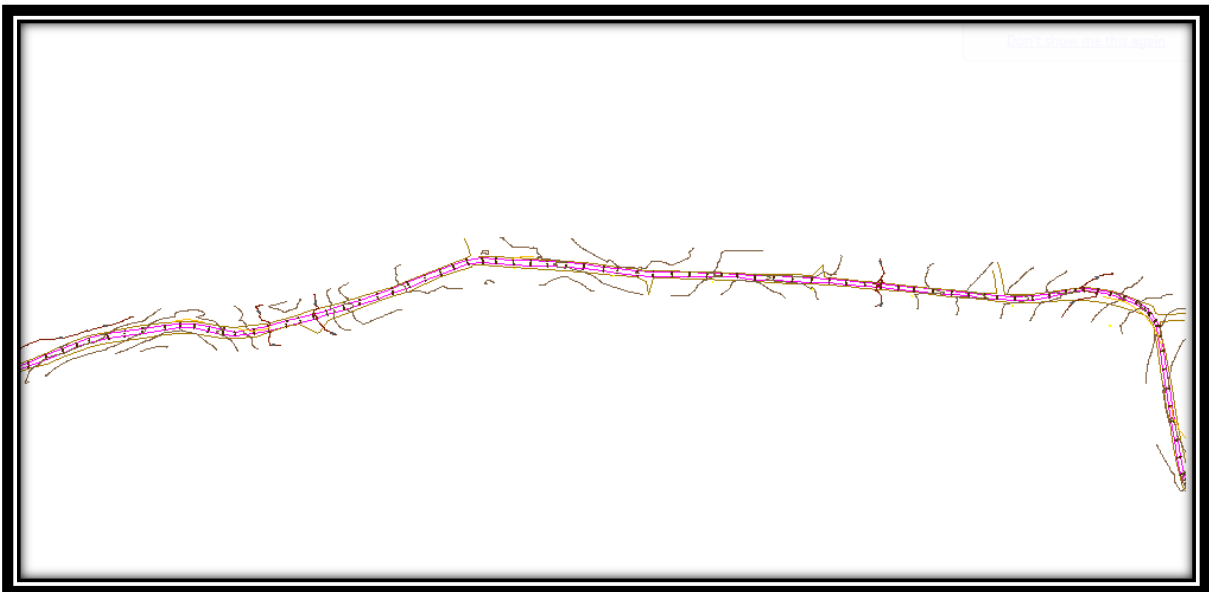


Figura 18.- Topografía de la brecha existente de km 17+800.000 al km 19+100.000.

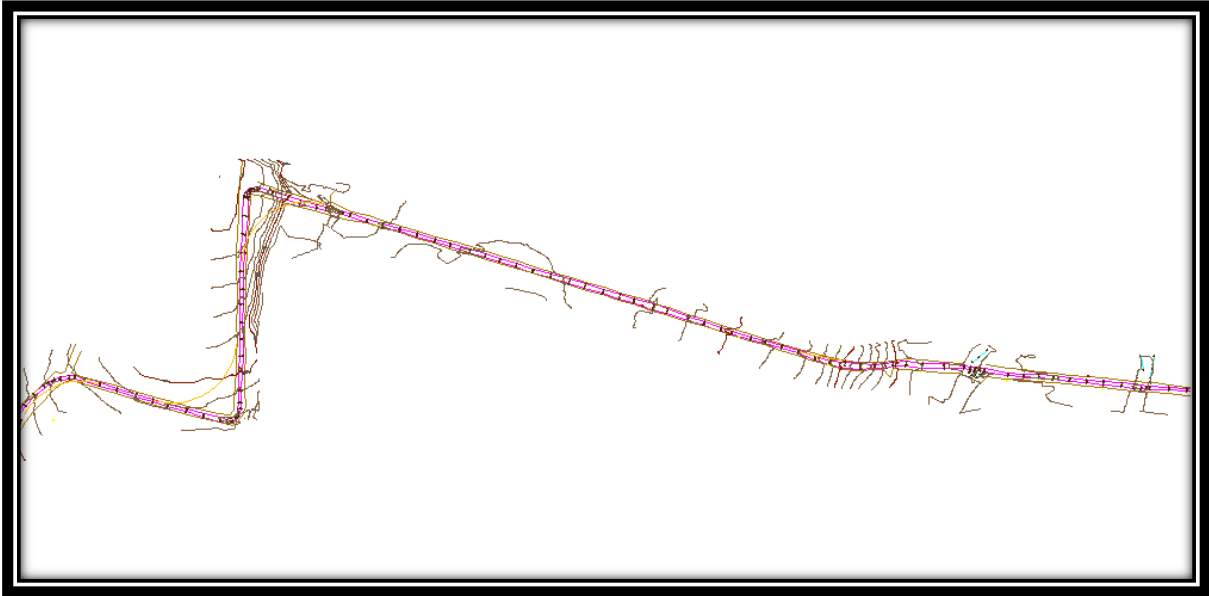


Figura 19.- Topografía de la brecha existente de km 19+100.000 al km 20+300.000.

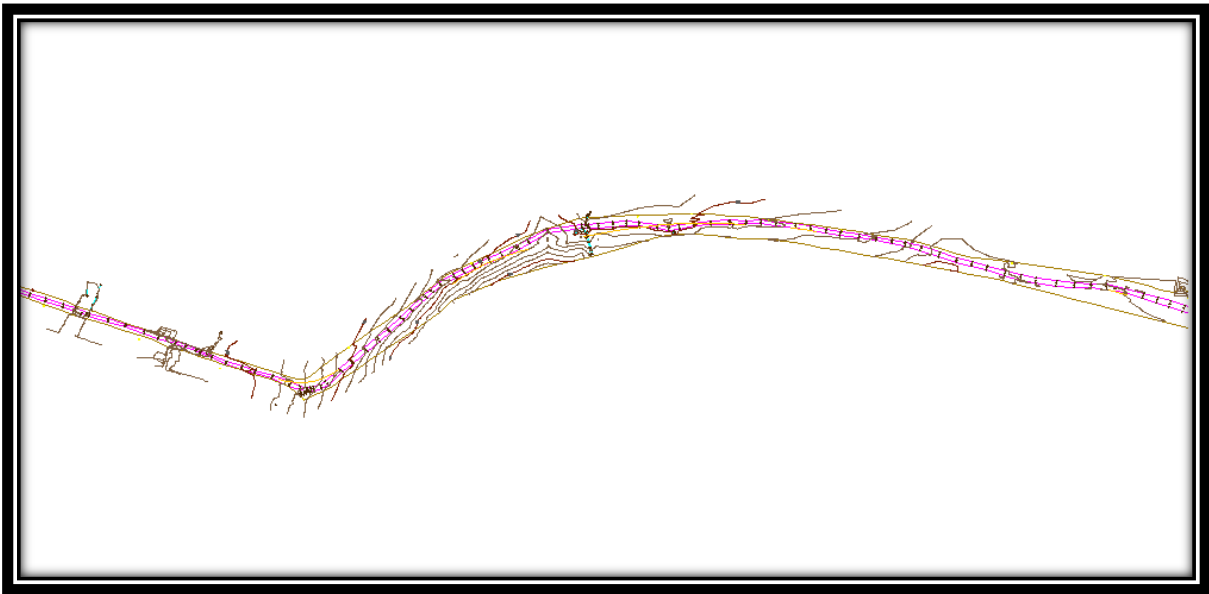


Figura 20.- Topografía de la brecha existente de km 20+300.000 al km 21+500.000.

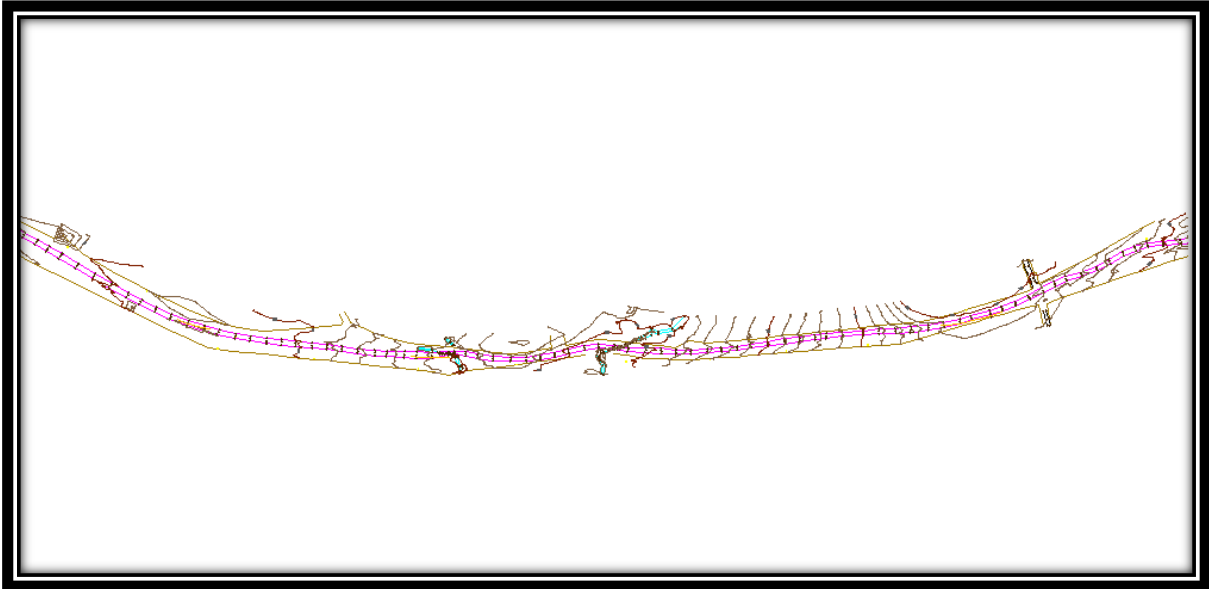


Figura 21.- Topografía de la brecha existente de km 21+500.000 al km 22+700.000.

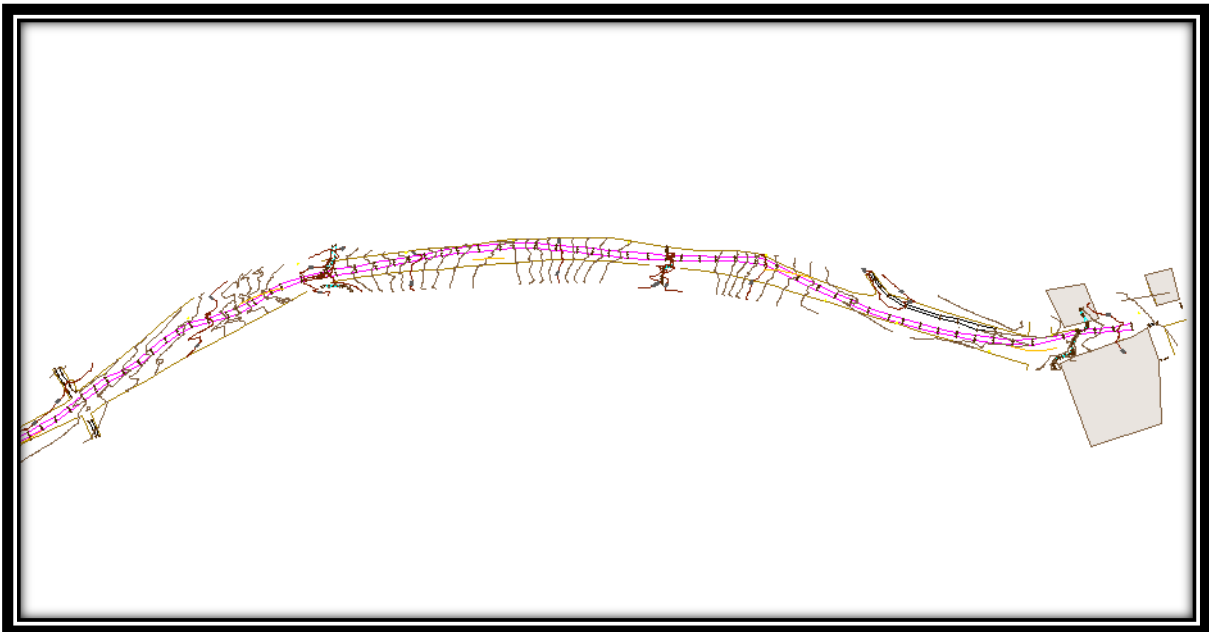


Figura 22.- Topografía de la brecha existente de km 22+700.000 al km 23+641.070.

Anexo 1.- Los planos completos se encuentran en formato digital.

En la figura 7, figura 8, figura 9, figura 10, figura 11, figura 12, figura 13, figura 14, figura 15, figura 16, figura 17, figura 18, figura 19, figura 20, figura 21 y figura 22 podemos observar las

curvas de nivel con sus elevaciones correspondientes que representan la topografía del lugar, así como la delimitación de la brecha existente y detalles que fueron levantados en campo.

2.2 CONSIDERACIONES GEOGRÁFICAS – FÍSICAS



Figura 23.- Ubicación geográfica de Michoacán.

LOCALIZACIÓN

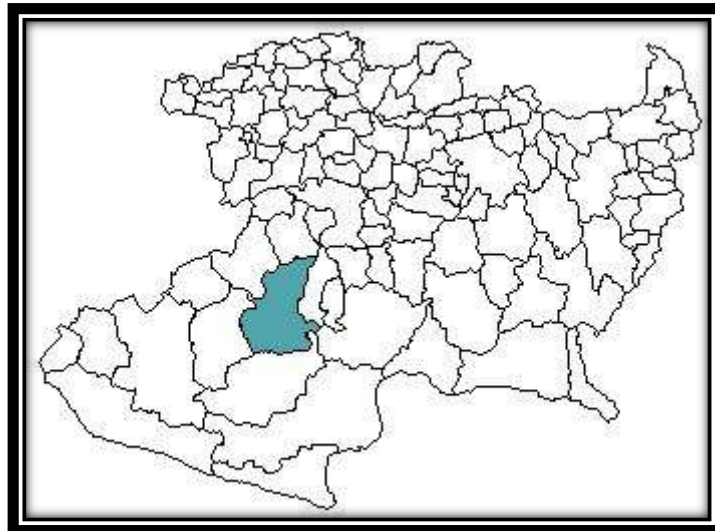


Figura 24.- Macro localización.

El estado de Michoacán se sitúa hacia la porción centro - oeste de la República Mexicana, entre las coordenadas $20^{\circ}23'27''$ y $17^{\circ}53'50''$ de la latitud norte y entre $100^{\circ}03'32''$ y $103^{\circ}44'49''$ la longitud oeste del meridiano de Greenwich. Limitado al norte con los estados de Jalisco y Guanajuato, al noroeste con el estado de Querétaro, al este con los estados de México y Guerrero, al oeste con el Océano Pacífico y los estados de Colima y Jalisco, al sur con el Océano Pacífico y el estado de Guerrero. ^[8]

Apatzingan

Se localiza en el sureste del Estado, en las coordenadas $19^{\circ}05'$ de latitud norte y $102^{\circ}21'$ de longitud oeste, a una altura de 300 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Tancítaro, al este con Parácuaro y La Huacana, al sur con Tumbiscatío y al oeste con Aguililla y Buenavista. Su distancia a la capital del Estado es de 200 km. ^[8]

Toponimia

La palabra Apatzingan es de origen náhuatl y tiene dos acepciones: Ravela afirma que quiere decir "lugar de cañitas"; Peñafiel considera que significa "lugar de comadreas". ^[8]

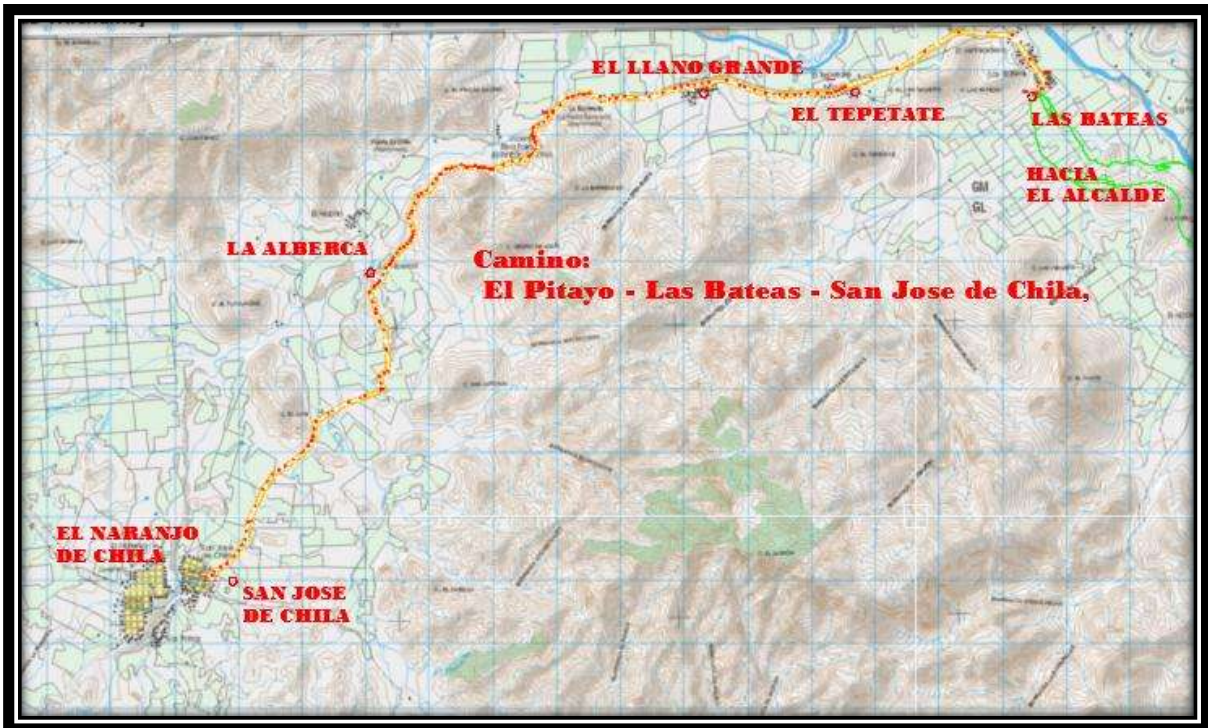


Figura 25.- Micro localización.

Extensión

Su superficie es de 1,656.67 km² y representa el 2.81% de la superficie del Estado. ^[8]

Orografía

Su relieve lo conforman la Sierra Madre del Sur, la depresión del Tepalcatepec y la Sierra de Acahuato con los cerros de San Miguel, San Juan, La Majada, el Cantón y la Angostura. ^[8]

Hidrografía

Su hidrografía la conforman los ríos El Tesorero, La Caballada, Apatzingán y Tepalcatepec; los lagos El Chaudio, La Majada, Huarandicho y Tancitarillo; y los manantiales Apatzingán, Atimapa y Las Delicias principalmente. ^[8]

Clima

Su clima es tropical con lluvias en verano y seco estepario en el centro del municipio. Tiene una precipitación pluvial anual de 924 milímetros y temperaturas que oscilan de 8 a 39.8 grados centígrados. ^[8]

Principales Ecosistemas

En el municipio dominan los bosques: bosque tropical espinoso, con huisache, cueramo, mezquite, frijolillo, teteche y viejito; bosque tropical deciduo, con zapote, plátano, mango, ceiba parota y tepeguaje; bosque mixto, con pinos y encinos. La fauna la conforman principalmente: ardilla voladora, armadillo, cacomixtle, comadreja, coyote, conejo de castilla, mapache, tlacuache, zorro gris, zorrillo; aves como la cerceta, chachalaca, güilota, gallina de monte, codorniz listada, pato, faisán gritón, guajolote silvestre y torcaza. ^[8]

Recursos Naturales

La superficie forestal maderable es ocupada por pinos, encinos y especies de selva baja; la superficie no maderable, por arbustos de varias especies. ^[8]

Características y Uso del Suelo

Los suelos del municipio datan de los periodos cenozoico y cuaternario, correspondiendo principalmente a los del tipo podzólico, de pradera, amarillo de bosque y castaño. Su uso es primordialmente agrícola y forestal y en menor proporción ganadero. ^[8]

2.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Para este camino se tomaron los siguientes datos técnicos:

CONCEPTO		DESCRIPCIÓN
Tránsito (TDPA)	500 a 1500	Número de vehículos que pasan por un lugar dado durante un (1) año, dividido entre el número de días del año. ^[6]
Carretera tipo	"D"	Tipo de carretera en base a sus características de diseño. ^[6] Velocidad máxima a la cual los vehículos
Velocidad de proyecto	30 Km/H	Pueden circular con seguridad sobre un tramo de carretera y que se utiliza para su diseño geométrico. ^[6]
Ancho de corona	7.00 m	Superficie terminada de una carretera, comprendida entre sus hombros. ^[6]
Espesor de pavimento	0.55 m	Capas de material seleccionado y tratado, comprendida entre la subcorona y la corona. ^[6]
Ancho de calzada	6.00 m	Parte de la corona destinada al tránsito de vehículos. ^[6]
Grado Máximo de Curvatura	60°00'00"	Límite superior del grado que podrá usarse en el alineamiento horizontal de una carretera con la sobreelevación máxima, a la velocidad de proyecto. ^[6]
Pendiente Gobernadora	8%	Es la pendiente que teóricamente puede darse a las tangentes verticales en una longitud indefinida. ^[6]
Pendiente Máxima	12%	Es la mayor pendiente que una tangente vertical que se podrá usar en una longitud que no exceda a la longitud crítica correspondiente. ^[6]
Sobreelevación	10.00%	Pendiente transversal descendente que se da a la corona hacia el centro de las curvas del alineamiento horizontal para contrarrestar, parcialmente, efecto de la fuerza centrífuga. ^[6]
Tipo de terreno		Es un factor que puede influir significativamente en las características geométricas de una carretera. Se consideran tres tipos de terreno: plano, lomerío y montañoso. ^[6]

Tabla 3.- Consideraciones técnicas.

CAPÍTULO 3 – PROYECTO GEOMÉTRICO

3.1 PRELIMINARES

Antes de proyectar definitivamente un camino, se deberá realizar un análisis completo y detallado de la zona, con ello se podrá determinar las características topográficas existentes para poder tener conocimiento del lugar preciso y exacto del trazo del camino que dará comunicación entre diferentes poblaciones.

El trazo preliminar está definido por una brecha existente, con el cual, es la base para hacer el proyecto, sin embargo, es de tomar en cuenta las dificultades que presenta la topografía en el momento de proyectar el alineamiento. ^[9]

3.1.1 ALINEAMIENTO Y PUNTOS OBLIGADOS

En la proyección de un camino se trata siempre de que la línea quede siempre alojada en terreno plano la mayor extensión posible, pero siempre conservándola dentro de la ruta general. Esto no es siempre posible debido a la topografía de los terrenos y así cuando llegamos al pie de una cuesta la pendiente del terreno es mayor que la máxima permitida para ese camino y es necesario entonces desarrollar la ruta. Debido a estos desarrollos necesarios y a la búsqueda de pasos adecuados es por lo que los caminos resultan de mayor longitud de la marcada en la línea recta entre dos puntos. Sin embargo, debe tratarse siempre, hasta donde ello sea posible, que el alineamiento entre dos puntos obligados sea lo más recto que se pueda de acuerdo con la topografía de la región y de acuerdo también con el tránsito actual y el futuro del camino a efecto de que mejoras que posteriormente se lleven a cabo en el alineamiento no sean causa de una pérdida fuerte al tener que abandonar tramos del camino en el cual se haya invertido mucho dinero. Es decir, que hay que tener visión del futuro con respecto al camino para evitar fracasos económicos posteriores, pero hay que tener presente también que tramos rectos de diez kilómetros producen fatiga a la vista y una hipnosis en el conductor que puede ser causa de accidentes. También hay que hacer notar que en el proyecto moderno de las carreteras deben evitarse, hasta donde sea económicamente posible, el paso por alguna de las calles de los centros de población siendo preferible construir libramientos a dichos núcleos

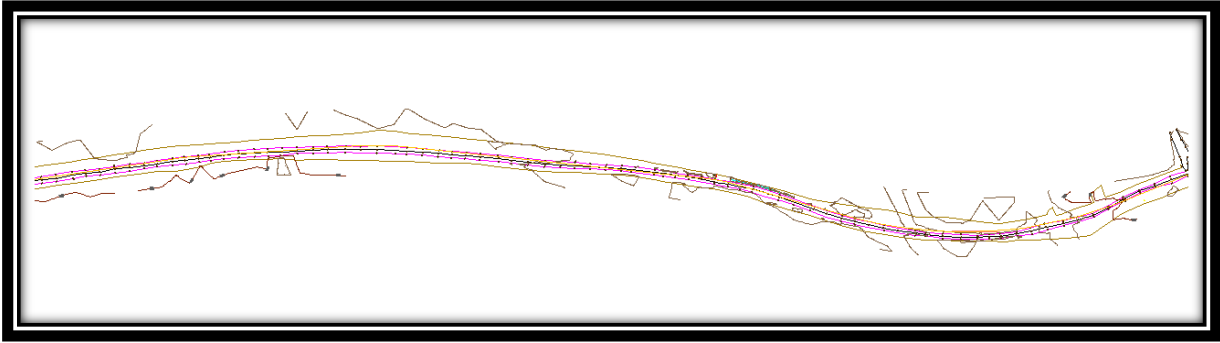


Figura 26.- Proyección de un camino.

En base al reconocimiento se localizan puntos obligados principales y puntos obligados intermedios, cuando el tipo de terreno no tiene problemas topográficos únicamente se ubicaran estos puntos de acuerdo con las características geológicas o hidrológicas y el beneficio o economía del lugar, en caso contrario se requiere una localización que permita establecer pendientes dentro de los lineamientos o especificaciones técnicas. ^[9]

3.1.2 VELOCIDADES DE PROYECTO

VELOCIDAD

Se define como la velocidad como la relación entre espacio recorrido y el tiempo que se tarda en recorrerlo, o sea, una relación de movimiento que queda expresada, para la velocidad constante, por la formula: $V= d/t$.

Como la velocidad que desarrolla un vehículo queda afectada por sus propias características, por las características del conductor y de la vía, por el volumen de tránsito y por las condiciones atmosféricas imperantes, quiere decir que la velocidad a la que se mueve un vehículo varía constantemente, causa que obliga a trabajar con valores medios de velocidad.

Una velocidad que es de suma importancia es la llamada Velocidad de Proyecto o Velocidad de Directriz que no es otra cosa que aquella velocidad que ha sido escogida para gobernar y correlacionar las características y el proyecto geométrico de un camino en su aspecto operacional. La velocidad de proyecto es un factor de primordial importancia que determina normalmente el costo del camino y es por ello por lo que debe limitarse para obtener costos bajos. Todos los elementos del proyecto de un camino deben calcularse en función de la velocidad de proyecto. Al hacer esto, se tendrá un todo armónico que no ofrecerá sorpresas al conductor. Las velocidades de proyecto recomendadas por la Secretaria de Obras Publicas y ahora S. C. T. son las siguientes: ^[9]

“Proyecto Geométrico Del Camino Puente El Pitayo - Las Bateas - San José De Chila del km 4+219.68 al km 23+641.07 En El Municipio De Apatzingan, Michoacán”

TIPO DE CAMINO	VELOCIDADES DE PROYECTO RECOMENDABLES			
	TOPOGRAFÍA			
	Plana o con poco lomerío	Con lomerío fuerte	Montañosa, pero Poco escarpada	Montañosa, pero Muy escarpada
Tipo especial	110 km/h	110 km/h	80 km/h	80 km/h
Tipo A	70 km/h	60 km/h	50 km/h	40 km/h
Tipo B	60 km/h	50 km/h	40 km/h	35 km/h
Tipo C	50 km/h	40 km/h	30 km/h	25 km/h

Tabla 4.- Velocidades de proyecto.

3.1.3 RECONOCIMIENTO TOPOGRÁFICO

Antes de iniciar propiamente los estudios topográficos se requiere de un reconocimiento preliminar en el cual, primero se hará una entrevista o reunión con los beneficiarios para recoger datos de gran utilidad en el proyecto como lo relativo a afectaciones, características de ríos, nombres de lugares intermedios, localización de zonas bajas o inundable, niveles de agua en crecientes y si es posible alguna de esas personas auxiliara como guía en el reconocimiento técnico del camino.

Una vez hecho esto se procederá a hacer un reconocimiento directo del camino para determinar en general características:

Geológicas

Hidrológicas

Topográficas y complementarias

Así se vera el tipo de suelo en el que se construirá el camino, su composición y características generales, ubicación de bancos para revestimientos y agregados para las obras de drenaje, cruces apropiados para el camino sobre ríos o arroyos, existencia de escurrimientos superficiales o subterráneos que afloren a la superficie y que afecten el camino, tipo de vegetación y densidad, así como pendientes aproximadas y rota a seguir en el terreno.

Este reconocimiento requiere del tiempo que sea necesario para conocer las características del terreno donde se construirá el camino, y para llevarlo a cabo se utilizan instrumentos sencillos de medición como brújulas para determinar los rumbos, clisímetro para determinar pendientes, odómetro de vehículos y otros instrumentos sencillos.

A través del reconocimiento se determinan puertos topográficos que son puntos obligados de acuerdo a la topografía y puertos determinados por lugares obligados de paso, ya sea por beneficio social, político o de producción de bienes y servicios.

Con todos los datos recabados, resaltando los más importantes, se establecerá una ruta tentativa para el proyecto.

Existen procedimientos modernos para el reconocimiento como el fotogramétrico electrónico, pero resulta demasiado costoso, muchas veces para el presupuesto que puede tener un camino, también es importante decir que el tipo de vegetación y clima de algunas regiones no permite usar este procedimiento por lo que se tiene que recurrir al reconocimiento directo que se puede auxiliar por cartas topográficas. ^[9]

REGISTRO DEL TRAZO DEFINITIVO

En el registro de trazo se hizo el cálculo de las curvas horizontales así como los elementos que la componen al igual longitudes de las tangentes.

Anexo 2.- El registro del trazo definitivo completo se encuentra en formato digital.

ESTACIÓN		deflexión	CUERDA INVERSA	DATOS DE CURVA	Azimut	COORDENADAS	
KM	TIPO					X	Y
4+219.680					325°13'06.11"	764,532.298	2,101,626.656
4+220.000					325°13'06.11"	764,532.115	2,101,626.919
4+230.000					325°13'06.11"	764,526.411	2,101,635.132
4+240.000					325°13'06.11"	764,520.706	2,101,643.346
4+243.680					325°13'06.11"	764,518.607	2,101,646.368
4+243.680	PC	0°00'00.00"		Dc= 89°55'05.90" DER.	325°13'06.11"	764,518.607	2,101,646.368
4+250.000		9°28'45.49"		Rc= 19.1		764,515.918	2,101,652.056
4+260.000		24°28'41.51"		Gc= 59°59'44.09"		764,515.776	2,101,661.941
4+270.000		39°28'37.53"		Lc= 29.975		764,520.595	2,101,670.573
4+273.655	PT	44°57'33.08"		St= 19.073		764,523.376	2,101,672.936
4+273.655					55°08'12.01"	764,523.376	2,101,672.936
4+280.000					55°08'12.01"	764,528.583	2,101,676.563
4+290.000					55°08'12.01"	764,536.788	2,101,682.279
4+300.000					55°08'12.01"	764,544.993	2,101,687.995
4+310.000					55°08'12.01"	764,553.198	2,101,693.711
4+320.000					55°08'12.01"	764,561.403	2,101,699.427

"Proyecto Geométrico Del Camino Puente El Pitayo - Las Bateas - San José De Chila del km 4+219.68 al km 23+641.07 En El Municipio De Apatzingan, Michoacán"

4+330.000					55°08'12.01"	764,569.609	2,101,705.144
4+340.000					55°08'12.01"	764,577.814	2,101,710.860
4+350.000					55°08'12.01"	764,586.019	2,101,716.576
4+360.000					55°08'12.01"	764,594.224	2,101,722.292
4+370.000					55°08'12.01"	764,602.429	2,101,728.008
4+380.000					55°08'12.01"	764,610.634	2,101,733.725
4+390.000					55°08'12.01"	764,618.840	2,101,739.441
4+400.000					55°08'12.01"	764,627.045	2,101,745.157
4+410.000					55°08'12.01"	764,635.250	2,101,750.873
4+420.000					55°08'12.01"	764,643.455	2,101,756.590
4+430.000					55°08'12.01"	764,651.660	2,101,762.306
4+440.000					55°08'12.01"	764,659.865	2,101,768.022
4+442.482					55°08'12.01"	764,661.902	2,101,769.441
4+442.482	PC	0°00'00.00"		Dc= 89°47'53.33" IZQ.	55°08'08.51"	764,661.902	2,101,769.441
4+450.000		11°16'34.21"		Rc= 19.1		764,667.078	2,101,774.827
4+460.000		26°16'30.23"		Gc= 59°59'44.09"		764,670.064	2,101,784.251
4+470.000		41°16'26.25"		Lc= 29.935		764,667.939	2,101,793.906
4+472.417	PT	44°53'57.09"		St= 19.033		764,666.694	2,101,795.975
4+472.417					325°20'18.67"	764,666.694	2,101,795.975
4+480.000					325°20'18.67"	764,662.381	2,101,802.213
4+490.000					325°20'18.67"	764,656.694	2,101,810.438
4+500.000					325°20'18.67"	764,651.007	2,101,818.663
4+510.000					325°20'18.67"	764,645.319	2,101,826.888
4+520.000					325°20'18.67"	764,639.632	2,101,835.114
4+530.000					325°20'18.67"	764,633.945	2,101,843.339
4+540.000					325°20'18.67"	764,628.258	2,101,851.564
4+550.000					325°20'18.67"	764,622.570	2,101,859.790
4+560.000					325°20'18.67"	764,616.883	2,101,868.015
4+570.000					325°20'18.67"	764,611.196	2,101,876.240
4+580.000					325°20'18.67"	764,605.508	2,101,884.465
4+590.000					325°20'18.67"	764,599.821	2,101,892.691
4+600.000					325°20'18.67"	764,594.134	2,101,900.916
4+610.000					325°20'18.67"	764,588.447	2,101,909.141
4+620.000					325°20'18.67"	764,582.759	2,101,917.366
4+630.000					325°20'18.67"	764,577.072	2,101,925.592
4+640.000					325°20'18.67"	764,571.385	2,101,933.817
4+650.000					325°20'18.67"	764,565.698	2,101,942.042

Tabla 5.- Registro del trazo definitivo.

REGISTRO DE NIVEL

Las elevaciones del terreno natural en todos los puntos característicos, las estaciones con cadenamiento cerrados a cada veinte (20) metros y los puntos singulares del eje trazado, se determinarán mediante nivelación diferencial con comprobación de ida y vuelta, a partir de los bancos de nivel establecidos de acuerdo con lo indicado en la fracción anterior o, en su caso, utilizados para el estudio topográfico para proyecto preliminar correspondiente. Asimismo, cuando se trate de un estudio topográfico para proyecto definitivo, se verificará que el perfil del terreno obtenido de la nivelación coincida con el perfil deducido en el estudio topográfico para proyecto preliminar corresponda.

En campo se hizo el levantamiento de toda la brecha existente con GPS así como la ubicación de referencias de trazo y bancos de nivel.

Anexo 3.- El registro de nivel completo se encuentra en formato digital.

ESTACIÓN	+	A.I.	-	Lectura Intermedia	Elevación	DESCRIPCIÓN
4+219.680					206.285	
4+220.000					206.289	
4+240.000					206.766	
4+243.680					207.123	
4+243.680					207.123	PC_1
4+250.000					207.514	
4+260.000					207.667	
4+270.000					207.837	
4+273.650					207.841	
4+273.655					207.841	PT_1
4+280.000					207.655	
4+296.721					207.023	BN 1 26.455 Izquierda
4+300.000					206.927	
4+320.000					206.242	
4+340.000					205.679	
4+360.000					205.182	
4+380.000					204.889	
4+400.000					204.647	
4+420.000					204.545	
4+440.000					204.524	
4+442.480					204.505	

Tabla 6.- Registro de nivel.

3.2 ALINEAMIENTO HORIZONTAL

Alineamiento horizontal es la proyección del eje del camino sobre un plano horizontal. Los elementos que integran esta proyección son:

- Las tangentes.
- Las curvas, sean estas circulares o de transición.

La proyección del eje en un tramo recto, define la tangente y el enlace de dos tangentes consecutivas de rumbos diferentes se efectúa por medio de una curva.

El establecimiento del alineamiento horizontal depende de:

- ❖ La topografía.
- ❖ Características hidrológicas del terreno.
- ❖ Condiciones del drenaje.
- ❖ Características técnicas de la subrasante.
- ❖ Potencial de los materiales locales. ^[7]

TANGENTES

Son las proyecciones horizontales de las rectas que unen las curvas de un camino. Al punto de intersección de dos tangentes consecutivas se denomina como PI y al ángulo de deflexión formado entre estas se representa como Δ .

La longitud máxima de una tangente está condicionada al grado de la seguridad. Las tangentes largas son causantes de accidentes, debido a la somnolencia que producen al conductor al concentrarse demasiado tiempo en puntos fijos del camino, o bien, porque son favorables al deslumbramiento durante la noche; por tal razón es conveniente limitar la longitud de las tangentes, proyectando alineamientos ondulados con curvas de gran radio. ^[7]

3.2.1 LÍNEA DEFINITIVA

Es el eje que, después de un análisis alternativas, se elige como el más conveniente para el camino dentro de la ruta seleccionada.

Para realizar un trazo óptimo es necesario conocer las especificaciones que regirán el diseño geométrico, así como encontrar una armonía entre las normas para el alineamiento horizontal. Estas últimas se verán afectadas por factores como el derecho de vía, la división de propiedades, el efecto de la vía proyectada sobre otras existentes, los cruces con otras carreteras o ferrocarriles y las previsiones para lograr un buen drenaje entre otros, ya que cabe la posibilidad de que se tenga que forzar el trazo de la vialidad. ^[7]

BANCOS DE NIVEL

Los bancos de nivel deben ubicarse en sitios accesibles, preferentemente dentro del derecho de vía, en estructuras inamovibles y duraderas y claramente señaladas, en sitios inhabitados, montañas, bosques o selvas, a falta de estructuras donde ubicar los bancos de recurre a troncos de árboles grandes donde se acondiciona una pequeña área de referencia y se colocan grapas para ubicar un punto con su elevación fija y que servirá de referencia para futuras nivelaciones al rehacer el trazo.

Anexo 4.- El registro completo de bancos de nivel se encuentra en formato digital.

ESTACIÓN	NOMBRE	X	Y	Z	DESCRIPCIÓN
4+296.721	BN 1	764,527.180	2,101,707.82	207.382	26.455 Izquierda
4+834.565	BN 2	764,382.052	2,102,039.45	234.666	95.655 Izquierda
5+294.525	BN 3	764,212.455	2,102,481.38	205.532	16.189 Derecha
5+813.243	BN 4	763,718.293	2,102,599.69	206.474	20.186 Derecha
6+340.048	BN 5	763,190.858	2,102,558.41	206.550	22.294 Derecha
6+809.863	BN 6	762,796.234	2,102,303.41	209.132	17.503 Derecha
7+254.605	BN 7	762,443.291	2,102,029.39	208.657	25.639 Izquierda
7+723.060	BN 8	762,002.036	2,101,860.08	210.694	23.622 Izquierda
8+162.667	BN 9	761,571.476	2,101,761.41	210.540	19.562 Derecha
8+693.681	BN 10	761,076.560	2,101,580.81	210.874	31.596 Izquierda
9+191.811	BN 11	760,581.377	2,101,549.57	211.543	39.347 Izquierda
9+708.322	BN 12	760,064.900	2,101,638.07	211.924	40.098 Izquierda
10+222.54	BN 13	759,589.958	2,101,815.13	213.257	13.319 Izquierda
10+719.41	BN 14	759,104.602	2,101,719.50	217.437	21.468 Izquierda
11+230.99	BN 15	758,602.033	2,101,624.02	216.673	22.777 Derecha
11+724.52	BN 16	758,124.191	2,101,583.52	218.348	20.952 Derecha
12+223.16	BN 17	757,630.208	2,101,555.28	219.493	21.879 Izquierda
12+748.18	BN 18	757,124.949	2,101,522.63	217.450	24.227 Derecha
13+109.60	BN 19	756,790.058	2,101,337.26	219.098	110.223 Derecha
13+543.11	BN 20	756,662.430	2,100,972.90	232.550	24.355 Izquierda
14+041.04	BN 21	756,450.611	2,100,589.10	229.260	16.011 Izquierda
14+509.47	BN 22	756,009.936	2,100,432.51	227.670	14.631 Izquierda
15+037.15	BN 23	755,488.405	2,100,476.79	247.510	26.087 Izquierda
15+472.89	BN 24	755,146.013	2,100,280.96	262.350	28.052 Izquierda
15+907.01	BN 25	754,848.396	2,099,993.20	302.394	19.206 Izquierda

Tabla 7.- Bancos de nivel.

REFERENCIAS DE TRAZO

En la topografía del lugar del proyecto y en si registro de campo, también se deben hacer referencias que sirvan para el replanteo del proyecto cuando se tenga que asistir a campo y ubicar todos y cada uno de los puntos geométricos y para ello se ubican 2 referencias de trazo en lugares estratégicos a lo largo del tramo en sentido del cadenamiento y se anexa a este registro de coordenadas de ubicación y distancias que con la ayuda de una pequeña descripción de donde se puso la referencia, ésta sea fácil de ubicar.

Anexo 5.- El registro completo de referencias del trazo se encuentra en formato digital.

PUNTO REFERENCIADO (P) ÁNGULOS (qx) A LA DERECHA DESDE PROLONGACIÓN TANGENTE ATRÁS Y DISTANCIAS (D) DE P a Rx															
IDENT	KM	DR-1	Y	X	DR-2	Y	X	SOBRE	DR-3	Y	X	DR-4	Y	X	SOBRE
PST	4+300.000	26.7	2101707.83	764527.2	13.3	2101697.91	764536.09	VARILLA	14.58	2101702.4	764542.5	29.2	2101716.73	764540	VARILLA
PST	4+793.895	110	2102035.79	764376.1	55.2	2102048.09	764430	VARILLA	51.97	2102049.9	764433	104	2102039.45	764382.1	VARILLA
PST	5+300.000	17.1	2102481.39	764212.5	8.54	2102479.04	764204.24	VARILLA	10.27	2102479.8	764205.8	20.5	2102482.88	764215.6	VARILLA
PST	5+820.000	21.3	2102599.7	763718.3	10.6	2102589.88	763714.17	VARILLA	10.59	2102590.2	763706.9	21.2	2102600.29	763703.7	VARILLA
PST	6+340.000	22.3	2102558.41	763190.9	11.1	2102549	763196.83	VARILLA	15.43	2102546.1	763188.8	30.9	2102552.6	763174.8	VARILLA
PST	6+819.946	20.2	2102303.42	762796.2	10.1	2102293.32	762796.65	VARILLA	8.465	2102286.4	762789.2	16.9	2102289.57	762781.3	VARILLA
PST	7+260.000	26.1	2102029.4	762443.3	13.1	2102038.79	762434.16	VARILLA	13.28	2102035.1	762427.4	26.6	2102022.05	762429.7	VARILLA
PST	7+740.000	29.1	2101860.09	762002	14.53	2101868.6	761990.25	VARILLA	11.64	2101865.6	761980.47	23.3	2101854.16	761982.5	VARILLA
PST	8+180.000	18.7	2101755.30	761555.9	9.37	2101746.33	761558.55	VARILLA	13.07	2101749.4	761566.36	26.1	2101761.41	761571.5	VARILLA
PST	8+700.000	32.2	2101580.81	761076.6	16.11	2101596.72	761074.01	VARILLA	16.43	2101596.4	761068.61	32.9	2101580.27	761065.8	VARILLA
PST	9+200.000	40.2	2101549.58	760581.4	20.09	2101569.38	760577.97	VARILLA	19.14	2101570.1	760572.71	38.3	2101551.09	760570.9	VARILLA
PST	9+720.000	40.7	2101644.67	760044.4	20.37	2101662.25	760054.68	VARILLA	20.88	2101659	760064.94	41.8	2101638.07	760064.9	VARILLA
PSC	10+220.000	13.6	2101815.14	759590	6.78	2101821.82	759591.07	VARILLA	7.61	2101822.2	759588.00	15.2	2101815.80	759583.8	VARILLA
PST	10+700.000	28.9	2101719.51	759104.6	14.47	2101731.72	759112.36	VARILLA	10.63	2101733.3	759120.84	21.3	2101722.71	759121.5	VARILLA
PST	11+225.495	18.7	2101630.01	758622	12.64	2101606.02	758619.79	VARILLA	12.37	2101623.8	758602.22	52.2	2101722.71	759121.5	VARILLA
PST	11+720.000	14.8	2101576.21	758133.6	7.41	2101569.33	758130.83	VARILLA	10.72	2101573	758126.13	21.4	2101583.53	758124.2	VARILLA
PST	12+227.210	14.3	2101555.28	757630.2	10.91	2101575.35	757639.47	VARILLA	10.91	2101563.8	757620.98	49.4	2101583.53	758124.2	VARILLA
PST	12+740.000	29.4	2101516.35	757118.1	14.68	2101512.66	757132.35	VARILLA	12.79	2101515.8	757135.75	25.6	2101522.64	757124.9	VARILLA
PST	13+024.447	14.4	2101348.76	756786.4	72.16	2101337.52	756857.63	VARILLA	69.64	2101331.8	756859.48	139	2101337.26	756790.1	VARILLA
PST	13+541.986	23.9	2100980.06	756652.7	11.94	2100969.17	756647.83	VARILLA	12.19	2100965.6	756652.68	24.4	2100972.91	756662.4	VARILLA
PST	14+047.368	19.8	2100583.90	756445.4	9.90	2100593.5	756442.99	VARILLA	8.61	2100596.1	756445.60	17.2	2100589.11	756450.6	VARILLA
PSC	14+512.515	13.7	2100432.60	756003.5	6.84	2100439.43	756003.71	VARILLA	7.49	2100439.4	756006.95	15	2100432.52	756009.9	VARILLA
PSC	15+040.000	26.9	2100477.48	755478	13.46	2100490.2	755482.37	VARILLA	13.09	2100489.9	755487.59	26.2	2100476.79	755488.4	VARILLA
PSC	15+478.246	28.3	2100280.97	755146	19.51	2100284.75	755138.02	VARILLA	19.30	2100281.2	755135.57	29.1	2100275.15	755143.3	VARILLA
PST	15+893.493	23.5	2099993.20	754848.4	11.74	2100002.7	754841.49	VARILLA	9.96	2100003.3	754838.99	19.9	2099994.34	754843.4	VARILLA
PST	16+330.994	28.6	2099623.25	754739.7	14.32	2099616.75	754726.99	VARILLA	12.81	2099611.9	754726.94	25.6	2099613.48	754739.6	VARILLA
PST	16+780.000	26	2099202.66	754636.7	12.98	2099215.63	754636.09	VARILLA	11.26	2099217.9	754638.88	22.5	2099207.12	754642.2	VARILLA
PST	17+354.730	18.4	2098775.97	754314.8	9.21	2098776.95	754305.63	VARILLA	8.95	2098774.4	754304.70	17.9	2098770.82	754312.9	VARILLA
PST	17+762.192	14.8	2098459.05	754111.1	7.42	2098453.68	754105.94	VARILLA	6.18	2098450.9	754106.45	12.4	2098453.41	754112.1	VARILLA
PST	18+000.000	24.3	2098238.80	754200.5	12.16	2098233	754189.80	VARILLA	10.20	2098226.9	754189.31	20.4	2098226.65	754199.5	VARILLA
PST	18+500.000	18.6	2097763.77	754346.9	9.32	2097761.05	754338.00	VARILLA	19.22	2097753.7	754347.74	48.6	2098226.65	754199.5	VARILLA
PSC	18+960.000	28.8	2097293.31	754403.8	14.38	2097297.15	754389.92	VARILLA	18.74	2097289.5	754390.86	37.5	2097277.97	754405.6	VARILLA
PSC	19+160.000	37.9	2097166.94	754266.5	18.96	2097173.77	754248.78	VARILLA	19.05	2097168.5	754245.77	38.1	2097156.31	754260.4	VARILLA
PST	19+421.601	59.5	2097015.78	754250.9	29.77	2096986.01	754250.85	VARILLA	27.86	2096983.7	754246.01	55.7	2097011.11	754241.2	VARILLA
PST	19+771.590	14.8	2096857.20	753916.3	7.40	2096850.01	753918.01	VARILLA	11.99	2096851.5	753911.50	24	2096860.20	753903.2	VARILLA

Tabla 8.- Referencias de trazo. En esta tabla se presentan los puntos de referencias y distancias necesarias para ubicar cada una de las referencias de trazo.

“Proyecto Geométrico Del Camino Puente El Pitayo - Las Bateas - San José De Chila del km 4+219.68 al km 23+641.07 En El Municipio De Apatzingan, Michoacán”

GEOMETRÍA DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL

El registro completo de la geometría del alineamiento horizontal se encuentra en formato digital en el anexo 1.

GEOMETRÍA DEL ALINEAMIENTO HORIZONTAL						
Curva No	PC (Km)	PC (x,y)	PI (Km)	PI (x,y)	PT (Km)	PT (x,y)
C1	4+243.680	X=764518.607, Y=2101646.368	4+262.753	X=764507.727, Y=2101662.033	4+273.655	X=764523.376, Y=2101672.936
C2	4+442.482	X=764661.902, Y=2101769.441	4+461.515	X=764677.519, Y=2101780.320	4+472.417	X=764666.694, Y=2101795.975
C3	5+353.918	X=764165.361, Y=2102521.033	5+386.128	X=764147.042, Y=2102547.527	5+414.014	X=764114.920, Y=2102549.919
C4	6+091.430	X=7633439.375, Y=2102600.227	6+217.547	X=763313.606, Y=2102609.593	6+335.055	X=763206.987, Y=2102542.230
C5	7+320.547	X=762373.849, Y=2102015.850	7+345.698	X=762352.586, Y=2102002.417	7+370.607	X=762328.737, Y=2101994.428
C6	8+199.433	X=761542.827, Y=2101731.185	8+210.512	X=761532.321, Y=2101727.686	8+221.396	X=761523.484, Y=2101720.969
C7	8+292.223	X=761467.068, Y=2101678.161	8+314.411	X=761449.391, Y=2101664.750	8+335.945	X=761427.784, Y=2101659.707
C8	8+364.601	X=761380.401, Y=2101648.648	8+396.349	X=761368.961, Y=2101645.978	8+408.083	X=761357.778, Y=2101642.380
C9	8+515.021	X=761255.979, Y=2101609.630	8+526.926	X=761244.646, Y=2101605.984	8+538.587	X=761232.750, Y=2101606.440
C10	8+821.482	X=760950.063, Y=2101617.282	8+838.409	X=760933.149, Y=2101617.931	8+855.198	X=760916.503, Y=2101614.862
C11	9+012.919	X=760761.396, Y=2101586.263	9+029.576	X=760745.015, Y=2101583.242	9+046.103	X=760728.368, Y=2101583.823
C12	9+269.731	X=760504.876, Y=2101591.614	9+281.257	X=760493.356, Y=2101592.016	9+292.772	X=760481.906, Y=2101593.342
C13	9+471.221	X=760304.641, Y=2101613.867	9+495.621	X=760280.403, Y=2101616.673	9+519.903	X=760256.989, Y=2101623.539
C14	9+847.889	X=759942.445, Y=2101715.764	9+860.685	X=759929.994, Y=2101719.415	9+873.578	X=759918.336, Y=2101725.113
C15	10+003.156	X=759801.922, Y=2101782.018	10+161.259	X=759659.880, Y=2101851.450	10+307.648	X=759505.238, Y=2101818.548
C16	10+511.778	X=759305.577, Y=2101776.068	10+523.400	X=759294.209, Y=2101773.650	10+535.020	X=759282.752, Y=2101771.694
C17	10+740.857	X=759079.850, Y=2101737.058	10+751.212	X=759069.643, Y=2101735.316	10+761.562	X=759059.525, Y=2101733.115
C18	10+939.986	X=758885.179, Y=2101695.180	10+951.956	X=758873.485, Y=2101692.638	10+963.898	X=758862.159, Y=2101688.769
C19	11+348.764	X=758497.937, Y=2101564.411	11+386.644	X=758462.090, Y=2101552.171	11+423.705	X=758424.228, Y=2101553.335
C20	11+760.890	X=758087.202, Y=2101563.702	11+784.067	X=758064.015, Y=2101564.415	11+807.095	X=758041.240, Y=2101560.009
C21	11+997.510	X=757854.290, Y=2101523.847	12+022.982	X=757829.281, Y=2101519.010	12+047.474	X=757804.862, Y=2101526.258
C22	12+318.909	X=757544.650, Y=2101603.502	12+339.252	X=757525.148, Y=2101609.291	12+359.090	X=757504.900, Y=2101607.317
C23	12+426.025	X=757438.281, Y=2101600.824	12+434.273	X=757430.072, Y=2101600.023	12+442.486	X=757421.840, Y=2101600.525
C24	12+488.733	X=757375.678, Y=2101603.337	12+511.241	X=757353.212, Y=2101604.706	12+533.068	X=757332.184, Y=2101596.677
C25	12+673.096	X=757201.368, Y=2101546.726	12+689.702	X=757185.855, Y=2101540.802	12+706.031	X=757172.952, Y=2101530.348
C26	12+980.419	X=756959.754, Y=2101357.619	12+992.141	X=756950.646, Y=2101350.239	13+003.818	X=756942.770, Y=2101341.557
C27	13+187.232	X=756819.539, Y=2101205.709	13+206.008	X=756806.924, Y=2101191.802	13+224.386	X=756790.247, Y=2101183.175
C28	13+362.074	X=756667.953, Y=2101119.912	13+378.349	X=756653.497, Y=2101112.434	13+392.845	X=756648.676, Y=2101096.829
C29	13+484.398	X=756622.882, Y=2101009.043	13+504.722	X=756617.111, Y=2100989.555	13+521.756	X=756630.049, Y=2100973.880
C30	13+561.694	X=756655.472, Y=2100943.078	13+569.275	X=756660.298, Y=2100937.231	13+576.662	X=756662.525, Y=2100929.984
C31	13+666.091	X=756688.798, Y=2100844.502	13+679.693	X=756692.794, Y=2100831.500	13+692.226	X=756687.673, Y=2100818.898
C32	13+812.605	X=756642.353, Y=2100707.376	13+831.725	X=756635.154, Y=2100689.662	13+849.867	X=756619.727, Y=2100678.366
C33	13+914.907	X=756567.252, Y=2100639.942	13+928.106	X=756556.602, Y=2100632.144	13+940.976	X=756543.797, Y=2100628.939
C34	14+183.589	X=756308.446, Y=2100570.022	14+195.390	X=756296.999, Y=2100567.156	14+207.144	X=756286.127, Y=2100562.566
C35	14+489.218	X=756026.260, Y=2100452.862	14+512.912	X=756004.432, Y=2100443.647	14+535.813	X=755980.766, Y=2100444.780
C36	14+581.740	X=755934.891, Y=2100446.976	14+587.723	X=755928.915, Y=2100447.262	14+593.674	X=755923.083, Y=2100448.596
C37	14+643.813	X=755874.206, Y=2100459.775	14+652.666	X=755865.576, Y=2100461.749	14+661.419	X=755856.729, Y=2100461.428
C38	14+718.633	X=755799.552, Y=2100459.351	14+728.875	X=755789.317, Y=2100458.979	14+738.961	X=755779.433, Y=2100461.664
C39	14+798.244	X=755722.224, Y=2100477.204	14+810.256	X=755710.631, Y=2100480.353	14+822.020	X=755698.664, Y=2100479.304

C39	14+798.244	X=756722.224, Y=2100477.204	14+810.256	X=755710.631, Y=2100480.353	14+822.020	X=755696.664, Y=2100479.304
C40	14+921.719	X=755599.346, Y=2100470.595	14+938.023	X=755583.104, Y=2100469.171	14+953.713	X=755568.007, Y=2100475.327
C41	15+012.775	X=755513.316, Y=2100497.626	15+042.365	X=755485.916, Y=2100508.798	15+068.896	X=755458.621, Y=2100497.373
C42	15+177.591	X=755358.355, Y=2100455.403	15+186.495	X=755350.141, Y=2100451.965	15+195.297	X=755341.316, Y=2100450.778
C43	15+253.868	X=755283.289, Y=2100442.967	15+277.281	X=755260.065, Y=2100439.844	15+298.937	X=755243.792, Y=2100423.011
C44	15+463.625	X=755129.329, Y=2100304.603	15+470.997	X=755124.205, Y=2100299.303	15+478.310	X=755120.348, Y=2100293.022
C45	15+643.782	X=755033.770, Y=2100152.006	15+711.023	X=754998.588, Y=2100094.704	15+773.867	X=754936.546, Y=2100068.778
C46	15+861.153	X=754866.008, Y=2100035.124	15+878.364	X=754840.129, Y=2100028.468	15+893.493	X=754834.578, Y=2100012.196
C47	16+129.455	X=754758.477, Y=2099788.844	16+138.689	X=754755.499, Y=2099780.104	16+147.809	X=754750.280, Y=2099772.486
C48	16+228.221	X=754704.832, Y=2099706.149	16+268.248	X=754682.210, Y=2099673.128	16+300.463	X=754700.374, Y=2099637.460
C49	16+463.189	X=754774.218, Y=2099492.453	16+487.785	X=754765.379, Y=2099470.535	16+510.358	X=754779.803, Y=2099446.579
C50	16+573.292	X=754765.533, Y=2099385.284	16+587.377	X=754762.340, Y=2099371.566	16+601.062	X=754753.921, Y=2099360.275
C51	16+720.810	X=754682.343, Y=2099264.274	16+732.648	X=754675.267, Y=2099254.784	16+744.246	X=754665.381, Y=2099248.272
C52	16+863.515	X=754565.778, Y=2099182.665	16+875.247	X=754555.980, Y=2099176.212	16+886.747	X=754548.939, Y=2099166.827
C53	17+018.352	X=754469.955, Y=2099061.560	17+029.676	X=754463.158, Y=2099052.502	17+040.912	X=754458.467, Y=2099042.195
C54	17+111.763	X=754429.116, Y=2098977.709	17+129.944	X=754421.584, Y=2098961.162	17+147.762	X=754408.893, Y=2098948.144
C55	17+228.317	X=754352.659, Y=2098890.464	17+247.484	X=754339.279, Y=2098876.741	17+266.226	X=754331.660, Y=2098859.153
C56	17+446.401	X=754260.041, Y=2098693.824	17+472.703	X=754249.586, Y=2098669.690	17+497.928	X=754228.927, Y=2098653.411
C57	17+574.069	X=754169.122, Y=2098606.286	17+584.995	X=754160.540, Y=2098599.524	17+595.841	X=754153.548, Y=2098591.128
C58	17+672.432	X=754104.534, Y=2098532.273	17+714.667	X=754077.807, Y=2098499.820	17+747.891	X=754094.920, Y=2098461.342
C59	17+940.004	X=754174.127, Y=2098286.317	17+955.728	X=754180.610, Y=2098271.992	17+970.899	X=754180.086, Y=2098256.277
C60	18+011.542	X=754176.731, Y=2098215.657	18+028.608	X=754178.162, Y=2098196.601	18+044.971	X=754185.777, Y=2098183.328
C61	18+311.069	X=754304.521, Y=2097945.193	18+323.128	X=754309.902, Y=2097934.401	18+334.935	X=754311.208, Y=2097922.413
C62	18+940.438	X=754376.785, Y=2097320.472	18+993.842	X=754382.568, Y=2097267.382	19+030.765	X=754332.209, Y=2097249.606
C63	19+092.093	X=754274.379, Y=2097229.192	19+176.317	X=754194.958, Y=2097201.157	19+212.869	X=754239.711, Y=2097129.807
C64	19+300.198	X=754286.113, Y=2097055.827	19+385.229	X=754331.295, Y=2096983.793	19+421.601	X=754250.853, Y=2096956.236
C65	19+947.509	X=753753.328, Y=2096785.601	19+968.949	X=753733.045, Y=2096778.852	19+990.239	X=753714.602, Y=2096767.919
C66	20+530.205	X=753250.120, Y=2096492.565	20+565.551	X=753219.715, Y=2096474.540	20+595.314	X=753217.250, Y=2096439.280
C67	20+747.615	X=753206.626, Y=2096287.349	20+792.075	X=753203.627, Y=2096242.998	20+835.220	X=753182.593, Y=2096203.778
C68	20+895.810	X=753154.064, Y=2096150.324	20+981.737	X=753113.603, Y=2096074.518	21+066.393	X=753052.686, Y=2096013.916
C69	21+116.487	X=753017.173, Y=2095978.586	21+129.290	X=753008.096, Y=2095969.557	21+142.061	X=752997.982, Y=2095961.706
C70	21+458.549	X=752747.971, Y=2095767.647	21+467.887	X=752740.594, Y=2095761.922	21+477.216	X=752732.818, Y=2095756.752
C71	21+679.969	X=752563.977, Y=2095644.495	21+698.373	X=752548.652, Y=2095634.306	21+716.400	X=752537.746, Y=2095619.482
C72	21+930.166	X=752411.062, Y=2095447.299	21+950.855	X=752398.801, Y=2095430.634	21+971.409	X=752390.057, Y=2095411.684
C73	22+492.363	X=752169.875, Y=2094939.747	22+525.269	X=752155.967, Y=2094909.925	22+557.635	X=752151.927, Y=2094877.269
C74	22+775.317	X=752125.200, Y=2094661.233	22+797.391	X=752122.489, Y=2094639.327	22+818.822	X=752111.127, Y=2094620.402
C75	22+995.667	X=752020.095, Y=2094468.786	23+010.353	X=752012.536, Y=2094456.195	23+024.949	X=752002.716, Y=2094445.274
C76	23+266.478	X=751841.222, Y=2094265.674	23+268.726	X=751826.346, Y=2094249.131	23+310.663	X=751807.371, Y=2094237.517
C77	23+507.122	X=751639.807, Y=2094134.957	23+528.478	X=751621.592, Y=2094123.808	23+548.485	X=751613.120, Y=2094104.205

Tabla 9.- Geometría del alineamiento horizontal.

3.2.2 TRAZO DE CURVAS HORIZONTALES

Las curvas circulares son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas y pueden ser simples, compuestas y reversas.

Entre sus elementos característicos principales se tienen los siguientes:

Grado de curvatura: Es el ángulo formado por un arco de 20 m su valor máximo es el que permite recorrer con seguridad la curva con el peralte máximo a la velocidad de diseño. El grado de curvatura constituye un valor signficante en el diseño del alineamiento. Se representa con la letra GC y su fórmula es la siguiente:

Radio de curvatura: Es el radio de la curva circular y se identifica como "R".

Curvas circulares Simples: Es un arco de circunferencia tangente a dos alineamientos rectos de la vía y se define por su radio, que es asignado por el diseñador como mejor convenga a la comodidad de los usuarios de la vía y a la economía de la construcción y el funcionamiento.

A continuación se muestra el diagrama que ilustra la composición de una curva circular simple:

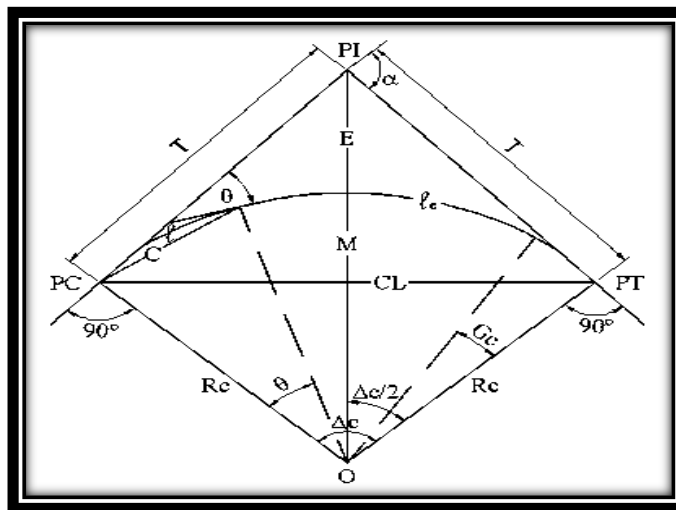


Figura 27.- Elementos de una curva.

PI: Punto de intersección de la prolongación de las tangentes.

PC: Punto en donde empieza la curva simple.

PT: Punto en donde termina la curva simple.

α : Ángulo de deflexión de las tangentes.

ΔC : Ángulo central de la curva circular.

θ : Ángulo de deflexión a un punto sobre la curva circular.

GC: Grado de curvatura de la curva circular.

RC: Radio de la curva circular.

T: Tangente de la curva circular o subtangente.

E: External.

M: Ordenada media.

C: Cuerda.

CL: Cuerda larga.

L: Longitud de un arco.

le: Longitud de la curva circular.

Longitud de la curva: Es la longitud del arco entre el PC y el PT. Se lo representa como l_c .

Tangente de curva o subtangente: Es la distancia entre el PI y el PC ó entre el PI y el PT de la curva, medida sobre la prolongación de las tangentes. Se representa con la letra "T".

External: Es la distancia mínima entre el PI y la curva. Se representa con la letra "E".

Ordenada media: Es la longitud de la flecha en el punto medio de la curva. Se representa con la letra "M".

Deflexión en un punto cualquiera de la curva: Es el ángulo entre la prolongación de la tangente en el PC y la tangente en el punto considerado. Se lo representa como θ .

Cuerda: Es la recta comprendida entre 2 puntos de la curva. Se la representa con la letra "C".

Si los dos puntos de la curva son el PC y el PT, a la cuerda resultante se la llama CUERDA LARGA. Se la representa con las letras "CL".^[7]

CURVAS DE TRANSICIÓN

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

Se definirá aquí como curva transición a la que liga una tangente con una curva circular, teniendo como característica principal que en su longitud se efectúa, de manera continua, el cambio en el

valor de radio de curvatura, desde infinito para la tangente hasta el que corresponde para la circular. ^[7]

CUADRO DE CURVAS HORIZONTALES

Anexo 6.- El registro de las curvas horizontales se encuentra en formato digital.

CURVA No.	Δ_c	Rc	Lc	St	GC	PC	PT
C1	89°55'05.9"	19.1	29.975	19.073	59°59'44.9"	4+243.680	4+273.655
C2	89°47'53.3"	19.1	29.935	19.033	59°59'44.9"	4+442.482	4+472.417
C3	51°04'46.5"	67.41	60.096	32.21	16°59'57.3"	5+353.918	5+414.014
C4	36°32'37.7"	381.87	243.624	126.117	3°00'00.1"	6+091.430	6+335.055
C5	13°45'58.0"	208.35	50.06	25.151	5°29'59.9"	7+320.547	7+370.607
C6	18°40'03.1"	67.41	21.963	11.08	16°59'57.3"	8+199.433	8+221.396
C7	24°02'54.5"	104.17	43.723	22.188	11°00'01.7"	8+292.223	8+335.945
C8	04°41'46.9"	286.48	23.482	11.748	4°00'00.0"	8+384.601	8+408.083
C9	20°01'49.3"	67.41	23.566	11.905	16°59'57.3"	8+515.021	8+538.587
C10	12°38'36.5"	152.79	33.716	16.927	7°29'59.9"	8+821.482	8+855.198
C11	12°26'37.2"	152.79	33.183	16.657	7°29'59.9"	9+012.919	9+046.103
C12	04°36'29.5"	286.48	23.041	11.527	4°00'00.0"	9+269.731	9+292.772
C13	09°44'11.6"	286.48	48.683	24.4	4°00'00.0"	9+471.221	9+519.903
C14	09°42'31.0"	152.79	25.89	12.976	7°29'59.9"	9+847.689	9+873.578
C15	38°03'40.3"	458.37	304.492	158.103	2°30'00.0"	10+003.156	10+307.648
C16	02°19'27.1"	572.96	23.242	11.623	2°00'00.0"	10+511.778	10+535.020
C17	02°35'17.3"	458.37	20.205	10.354	2°30'00.0"	10+740.857	10+761.562
C18	06°34'35.7"	208.3	23.909	11.968	5°30'04.7"	10+939.988	10+963.898
C19	20°25'48.5"	208.3	74.941	37.88	5°30'04.7"	11+348.764	11+423.705
C20	12°42'33.6"	208.3	46.205	23198	5°30'04.7"	11+760.890	11+807.095
C21	27°28'51.6"	104.17	49.963	25.472	11°00'01.7"	11+997.510	12+047.474
C22	22°06'02.9"	104.17	40.182	20.344	11°00'01.7"	12+318.909	12+359.090
C23	09°03'13.2"	104.17	16.461	8.247	11°00'01.7"	12+426.025	12+442.486
C24	24°23'06.7"	104.17	44.335	22.508	11°00'01.7"	12+488.733	12+533.068
C25	18°16'53.7"	104.17	32.935	16.606	11°00'01.7"	12+673.096	12+706.031
C26	08°46'27.4"	152.79	23.398	11.722	7°29'59.9"	12+980.419	13+003.818
C27	20°26'07.6"	104.17	37.154	18.776	11°00'01.7"	13+187.232	13+224.386
C28	46°09'08.7"	38.2	30.771	16.275	29°59'52.5"	13+362.074	13+392.845
C29	59°01'49.9"	38.2	37.356	20.324	29°59'52.5"	13+484.398	13+521.755
C30	22°27'03.7"	38.2	14.968	7.581	29°59'52.5"	13+561.694	13+576.662

C31	39°12'01.6"	38.2	26.136	13.603	29°59'52.5"	13+666.091	13+692.226
C32	31°40'18.0"	67.41	37.263	19.121	16°59'57.3"	13+812.605	13+849.867
C33	22°09'29.3"	67.41	26.07	13.2	16°59'57.3"	13+914.907	13+940.976
C34	08°49'59.0"	152.79	23.555	11.801	7°29'59.9"	14+183.589	14+207.144
C35	25°37'40.4"	104.17	46.594	23.694	11°00'01.7"	14+489.218	14+535.813
C36	10°08'34.7"	67.41	11.933	5.982	16°59'57.3"	14+581.740	14+593.674
C37	14°57'50.5"	67.41	17.606	8.853	16°59'57.3"	14+643.813	14+661.419
C38	17°16'40.7"	67.41	20.328	10.242	16°59'57.3"	14+718.633	14+738.961
C39	20°12'31.4"	67.41	23.776	12.013	16°59'57.3"	14+798.244	14+822.020
C40	27°11'38.1"	67.41	31.994	16.304	16°59'57.3"	14+921.719	14+953.713
C41	44°53'45.7"	71.62	56.12	29.59	16°00'00.0"	15+012.775	15+068.896
C42	15°02'59.1"	67.41	17.706	8.804	16°59'57.3"	15+177.591	15+195.297
C43	38°18'23.7"	67.41	45.069	23.413	16°59'57.3"	15+253.868	15+298.937
C44	12°28'52.5"	67.41	14.685	7.371	16°59'57.3"	15+463.625	15+478.310
C45	35°46'22.6"	208.35	130.085	67.241	5°29'59.9"	15+643.782	15+773.867
C46	48°30'23.0"	38.2	32.34	17321	29°59'52.5"	15+861.153	15+893.493
C47	15°36'00.2"	67.41	18.354	9.234	16°59'57.3"	16+129.455	16+147.809
C48	61°24'08.9"	67.41	72.242	40.027	16°59'57.3"	16+228.221	16+300.463
C49	40°05'31.5"	67.41	47.169	24.597	16°59'57.3"	16+463.189	16+510.358
C50	23°36'12.3"	67.41	27.77	14.085	16°59'57.3"	16+573.292	16+601.062
C51	19°55'10.9"	67.41	23.436	11.837	16°59'57.3"	16+720.810	16+744.246
C52	19°44'46.6"	67.41	23.232	11.732	16°59'57.3"	16+863.515	16+886.747
C53	12°24'31.0"	104.17	22.56	11.324	11°00'01.7"	17+018.352	17+040.912
C54	19°47'59.8"	104.17	35.998	18.181	11°00'01.7"	17+111.763	17+147.762
C55	20°51'03.8"	104.17	37.91	19.167	11°00'01.7"	17+228.317	17+266.226
C56	28°20'27.4"	104.17	62.527	26.302	11°00'01.7"	17+446.401	17+497.928
C57	11°58'31.1"	104.17	21.772	10.926	11°00'01.7"	17+574.069	17+595.841
C58	64°08'11.9"	67.41	75.458	42.234	16°59'57.3"	17+672.432	17+747.891
C59	26°15'35.5"	67.41	30.895	15.724	16°59'57.3"	17+940.004	17+970.899
C60	28°24'48.1"	67.41	33.429	17.066	16°59'57.3"	18+011.542	18+044.971
C61	20°17'06.9"	67.41	23.866	12.059	16°59'57.3"	18+311.069	18+334.935
C62	76°46'29.9"	67.41	90.328	53.405	16°59'57.3"	18+940.438	19+030.765
C63	102°39'16.9"	67.41	120.776	84.224	16°59'57.3"	19+092.093	19+212.869
C64	103°11'14.6"	67.41	121.403	85.031	16°59'57.3"	19+300.198	19+421.601
C65	11°45'02.1"	208.35	42.73	21.44	5°29'59.9"	19+947.509	19+990.239
C66	55°20'25.3"	67.41	65.109	35.346	16°59'57.3"	20+530.205	20+595.314
C67	24°20'25.3"	208.35	87.605	44.459	5°29'59.9"	20+747.615	20+835.220
C68	17°03'29.8"	572.96	170.584	85.927	2°00'00.0"	20+895.810	21+066.393
C69	07°01'57.8"	208.35	25.574	12.803	5°29'59.9"	21+116.487	21+142.061
C70	04°12'00.2"	254.65	18.667	9.338	4°29'59.9"	21+458.549	21+477.216

C71	20°02'15.7"	104.17	36.431	18.403	11°00'01.7"	21+679.969	21+716.400
C72	11°20'29.9"	208.35	41.243	20.689	5°29'59.9"	21+930.166	21+971.409
C73	17°56'58.0"	208.35	65.271	32.905	5°29'59.9"	22+492.363	22+557.635
C74	23°55'41.7"	104.14	43.504	22.074	11°00'01.7"	22+775.317	22+818.822
C75	10°58'50.2"	152.79	29.282	14.686	7°29'59.9"	22+995.667	23+024.949
C76	16°34'08.7"	152.79	44.185	22.248	7°29'59.9"	23+266.478	23+310.663
C77	35°09'26.3"	67.41	41.363	21.356	16°59'57.3"	23+507.122	23+548.485

Tabla 10.- Curvas horizontales.

AMPLIACIONES Y SOBREELEVACIONES

AMPLIACIÓN

Cuando un vehículo circula por una curva horizontal, ocupa un ancho de calzada mayor que en recta. Esto es debido a que por la rigidez y dimensiones de vehículo, sus ruedas traseras siguen una trayectoria distancia a la de las ruedas delanteras, ocasionando dificultad a los conductores para mantener su vehículo en el eje del carril de circulación correspondiente.

En estas circunstancias y con el propósito de que las condiciones de operación de los vehículos en las curvas sean muy similares a las de una recta, la calzada en las curvas de ensancharse. Este aumento del ancho se denomina Ampliación. ^[7]

SOBREELEVACIÓN

Es la pendiente que se le da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas del alineamiento horizontal está en función del grado de curvatura en la tabla 2. ^[7]

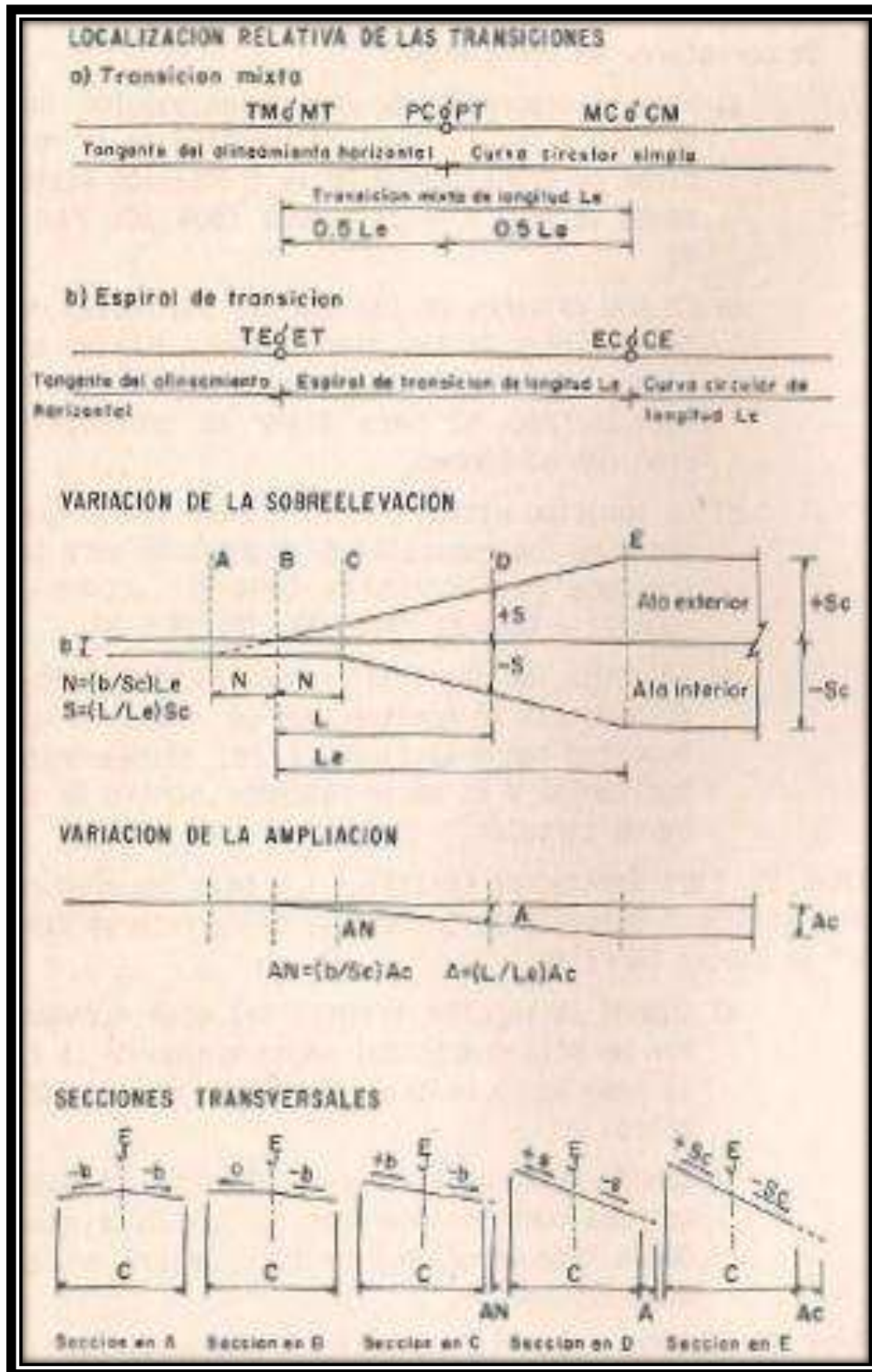


Figura 28.- Desarrollo de la sobreelevación y la ampliación.

AMPLIACIONES Y SOBRE ELEVACIONES

Anexo 7.- El registro de las ampliaciones y sobreelevaciones se encuentra en formato digital.

Tipo	Velocidad	NºCurva	Radio	Ac	Sc	Le	N	PC	%FueraPC	SecC1	SecC1B	SecC1C	SecC1D	PT	%FueraPT	SecC2	SecC2B	SecC2C	SecC2D	SecC2E
TipoED	30	1	67.41	0.5	0.03	10	6.67	0+314.422	0.5	302.74933	304.422	316.38267	314.3529	346.3529	0.5	985.833	304.19623	301.3529	358.019667	358.019667
TipoED	30	2	134.81	0.5	0.03	10	6.67	0+411.767	0.5	400.10033	406.767	413.43367	416.767	527.8581	0.5	522.8581	526.19143	532.8581	532.8581	532.8581
TipoED	30	3	67.41	0.8	0.03	10	6.67	0+916.111	0.5	607.49423	614.169	620.82756	624.169	658.2797	0.5	653.2797	656.61303	663.2797	669.946367	669.946367
TipoED	30	4	67.41	0.8	0.03	10	6.67	0+851.905	0.5	840.23803	846.904	853.57136	856.904	877.9428	0.5	872.9428	876.27613	882.9428	889.609467	889.609467
TipoED	30	5	95.49	0.6	0.03	10	6.67	1+380.476	0.5	1368.80923	1375.4759	1382.14257	1388.4759	1489.098	0.5	1484.098	1487.43133	1494.098	1500.758667	1500.758667
TipoED	30	6	67.41	0.8	0.03	10	6.67	1+750.385	0.5	1736.69843	1743.3651	1750.03177	1756.3651	1806.3575	0.5	1801.3575	1804.69083	1811.3575	1818.024167	1818.024167
TipoED	30	7	67.41	0.5	0.03	10	6.67	0+436.696	0.5	2025.32213	2031.9888	2038.65547	2044.9888	2085.3293	0.5	2080.3293	2083.66263	2090.3293	2096.995967	2096.995967
TipoED	30	8	67.41	0.8	0.03	10	6.67	2+218.479	0.5	2206.81183	2213.4785	2220.14517	2226.4785	2242.9409	0.5	2237.9409	2241.27423	2247.9409	2254.607567	2254.607567
TipoED	30	9	67.41	0.8	0.03	10	6.67	2+359.566	0.5	2347.89933	2354.566	2361.23267	2367.566	2402.1607	0.5	2397.1607	2400.49403	2407.1607	2413.827367	2413.827367
TipoED	30	10	67.41	0.8	0.03	10	6.67	2+491.507	0.5	2479.84033	2486.507	2493.17367	2499.507	2534.5932	0.5	2529.5932	2532.92653	2539.5932	2546.259867	2546.259867
TipoED	30	11	19.1	2.0998	0.1	23.9985	4.80	4+243.685	0.5	4226.88565	4231.88535	4236.88505	4241.88475	4273.6596	0.5	4261.66305	4266.66275	4271.66245	4276.66215	4281.66185
TipoED	30	12	19.1	2.0998	0.1	23.9985	4.80	4+442.486	0.5	4425.8735	4430.8732	4435.8729	4440.8726	4472.4122	0.5	4460.42195	4465.42165	4470.42135	4475.42105	4480.42075
TipoED	30	13	67.41	0.8	0.03	10	6.67	5+533.923	0.5	5342.25583	5348.9225	5355.58917	5362.2558	5409.1189	0.5	5404.1189	5409.1186	5414.1183	5419.118	5424.1177
TipoED	30	14	381.97	0.3	0.03	10	6.67	6+091.435	0.5	6079.76843	6086.4351	6093.10177	6099.4351	6335.0593	0.5	6330.0593	6335.059	6340.0587	6345.0584	6350.0581
TipoED	30	15	208.35	0.4	0.03	10	6.67	7+320.551	0.5	7308.88473	7315.5514	7322.21807	7328.5514	7370.6115	0.5	7365.6115	7370.6112	7375.6109	7380.6106	7385.6103
TipoED	30	16	67.41	0.8	0.03	10	6.67	8+199.438	0.5	8187.77093	8194.4375	8201.10417	8207.4375	8211.4003	0.5	8216.4003	8221.4003	8226.4003	8231.4003	8236.4003
TipoED	30	17	104.17	0.6	0.03	10	6.67	9+292.227	0.5	8280.56043	8287.2271	8293.89377	8299.2271	8335.9499	0.5	8330.9499	8335.9496	8340.9493	8345.949	8350.9487
TipoED	30	18	298.48	0.3	0.03	10	6.67	9+544.606	0.5	8354.606	8361.2727	8367.9393	8374.2727	8409.089	0.5	8403.089	8408.0887	8413.0884	8418.0881	8423.0878
TipoED	30	19	67.41	0.8	0.03	10	6.67	9+515.026	0.5	8503.33883	8510.0055	8516.67217	8523.0055	8538.5918	0.5	8533.5918	8538.5915	8543.5912	8548.5909	8553.5906
TipoED	30	20	152.79	0.5	0.03	10	6.67	9+821.487	0.5	8808.82023	8815.4869	8822.15357	8828.4869	8855.2031	0.5	8850.2031	8855.2028	8860.2025	8865.2022	8870.2019
TipoED	30	21	152.79	0.5	0.03	10	6.67	9+012.924	0.5	9001.25723	9007.9239	9014.59057	9020.9239	9046.1073	0.5	9041.1073	9046.107	9051.1067	9056.1064	9061.1061
TipoED	30	22	286.48	0.3	0.03	10	6.67	9+269.735	0.5	9258.08863	9264.7553	9271.42197	9277.7553	9292.7764	0.5	9287.7764	9292.7761	9297.7758	9302.7755	9307.7752
TipoED	30	23	286.48	0.3	0.03	10	6.67	10+171.225	0.5	9450.55843	9456.2251	9461.89177	9467.2251	9510.9081	0.5	9514.9081	9519.9078	9524.9075	9529.9072	9534.9069
TipoED	30	24	152.79	0.5	0.03	10	6.67	10+547.893	0.5	9535.893	9542.5597	9549.2263	9555.5597	9600.1863	0.5	9594.1863	9599.186	9604.1857	9609.1854	9614.1851
TipoED	30	25	458.37	0.3	0.03	10	6.67	10+003.161	0.5	9991.49413	9998.1608	10004.8275	10010.1608	10307.6529	0.5	10302.6529	10307.6526	10312.6523	10317.652	10322.6517
TipoED	30	26	572.96	0.2	0.03	10	6.67	10+511.782	0.5	10520.1157	10526.7824	10533.4491	10539.7824	10535.0243	0.5	10530.0243	10535.024	10540.0237	10545.0234	10550.0231
TipoED	30	27	458.37	0.3	0.03	10	6.67	10+740.862	0.5	10759.1952	10765.8619	10772.5286	10778.8619	10761.5671	0.5	10756.5671	10761.5668	10766.5665	10771.5662	10776.5659
TipoED	30	28	208.3	0.4	0.03	10	6.67	10+039.993	0.5	10928.2363	10934.993	10941.6597	10947.993	10963.9023	0.5	10958.9023	10963.902	10968.9017	10973.9014	10978.9011
TipoED	30	29	208.3	0.4	0.03	10	6.67	11+348.293	0.5	11327.019	11333.786	11340.4523	11346.786	11423.7093	0.5	11418.7093	11423.709	11428.7087	11433.7084	11438.7081
TipoED	30	30	208.3	0.4	0.03	10	6.67	11+760.894	0.5	11749.2276	11755.8943	11762.561	11768.8943	11807.0993	0.5	11802.0993	11807.099	11812.0987	11817.0984	11822.0981
TipoED	30	31	104.17	0.6	0.03	10	6.67	11+997.515	0.5	11885.8482	11892.5149	11899.1816	11905.5149	12047.4784	0.5	12042.4784	12047.4781	12052.4778	12057.4775	12062.4772
TipoED	30	32	104.17	0.6	0.03	10	6.67	12+318.913	0.5	12307.2466	12313.9133	12320.58	12326.9133	12359.0949	0.5	12354.0949	12359.0946	12364.0943	12369.094	12374.0937
TipoED	30	33	104.17	0.6	0.03	10	6.67	12+426.030	0.5	12414.3631	12421.0298	12427.6965	12434.0298	12442.4904	0.5	12437.4904	12442.4901	12447.4898	12452.4895	12457.4892
TipoED	30	34	104.17	0.6	0.03	10	6.67	12+488.738	0.5	12477.0709	12483.7376	12490.4043	12496.7376	12533.0726	0.5	12528.0726	12533.0723	12538.072	12543.0717	12548.0714
TipoED	30	35	104.17	0.6	0.03	10	6.67	12+473.101	0.5	12481.434	12488.1007	12494.7674	12501.1007	12537.0356	0.5	12532.0356	12537.0353	12542.035	12547.0347	12552.0344
TipoED	30	36	152.79	0.5	0.03	10	6.67	12+980.424	0.5	12968.7573	12975.424	12982.0907	12988.424	13003.8223	0.5	12998.8223	13003.822	13008.8217	13013.8214	13018.8211
TipoED	30	37	104.17	0.6	0.03	10	6.67	13+187.236	0.5	13173.5696	13180.2363	13186.903	13193.2363	13229.3902	0.5	13224.3902	13229.3899	13234.3896	13239.3893	13244.389
TipoED	30	38	38.2	1.9999	0.05	11.9989	4.80	13+362.079	0.5	13351.2796	13357.9463	13364.6127	13370.9463	13397.8491	0.5	13392.8491	13397.8488	13402.8485	13407.8482	13412.8479
TipoED	30	39	38.2	1.9999	0.05	11.9989	4.80	13+481.403	0.5	13473.6037	13480.2704	13486.9368	13493.2704	13530.1732	0.5	13525.1732	13530.1729	13535.1726	13540.1723	13545.172
TipoED	30	40	38.2	1.9999	0.05	11.9989	4.80	13+561.598	0.5	13561.9991	13568.6658	13575.3322	13581.6658	13618.5687	0.5	13613.5687	13618.5684	13623.5681	13628.5678	13633.5675
TipoED	30	41	38.2	1.9999	0.05	11.9989	4.80	13+666.095	0.5	13655.2962	13661.9629	13668.6293	13675.0007	13711.9036	0.5	13706.9036	13711.9033	13716.903	13721.9027	13726.9024
TipoED	30	42	67.41	0.8	0.03	10	6.67	13+812.609	0.5	13801.9427	13808.6094	13815.2761	13821.6094	13849.8719	0.5	13844.8719	13849.8716	13854.8713	13859.871	13864.8707
TipoED	30	43	67.41	0.8	0.03	10	6.67	13+914.911	0.5	13903.2445	13909.9112	13916.5779	13922.9112	13949.9809	0.5	13944.9809	13949.9806	13954.9803	13959.98	13964.9797
TipoED	30	44	152.79	0.5	0.03	10	6.67	14+183.594	0.5	14171.9274	14178.5941	14185.2608	14191.5941	14227.1491	0.5	14222.1491	14227.1488	14232.1485	14237.1482	14242.1479
TipoED	30	45	104.17	0.6	0.03	10	6.67	14+489.223	0.5	14477.3561	14484.0228	14490.6895	14497.0228	14533.5772	0.5	14528.5772	14533.5769	14538.5766	14543.5763	14548.576
TipoED	30	46	67.41	0.8	0.03	10	6.67	14+583.745	0.5	14581.949	14588.6157	14595.2824	14601.6157	14638.1707	0.5	14633.1707	14638.1704	14643.1701	14648.1698	14653.1695
TipoED	30	47	67.41	0.8	0.03	10	6.67	14+643.818	0.5	14632.1509	14638.8176	14645.4843	14651.8176	14688.4231	0.5	14683.4231	14688.4228	14693.4225	14698.4222	14703.4219
TipoED	30	48	67.41	0.8	0.03	10	6.67	14+718.838	0.5	14706.9709	14713.6376	14720.3043	14726.6376	14763.2926	0.5	14758.2926	14763.2923	14768.292	14773.2917	14778.2914
TipoED	30	49	67.41	0.8	0.03	10	6.67	14+798.248	0.5	14786.5815	14									

PROYECTO GEOMÉTRICO

El diseño geométrico es la parte más importante del proyecto de una carretera, estableciendo, con base en las condiciones o factores existente, la configuración geométrica definitiva del conjunto tridimensional que supone, para satisfacer al máximo los objetivos fundamentales, es decir, la funcionalidad, la seguridad, comodidad, la integración en su entorno, la armonía o estética, la economía y la elasticidad.

La funcionalidad vendrá determinada por el tipo vía a proyectar y sus características, así como el volumen y propiedades del tránsito, permitiendo una adecuada movilidad por el territorio a los usuarios y mercancías a través de una suficiente velocidad de operación del conjunto de la circulación.

La seguridad vial debe ser la premisa básica de cualquier diseño vial, inspirando todas las fases del mismo, hasta las mismas facetas, reflejada principalmente en la simplicidad y uniformidad de los diseños.

La comodidad de los usuarios de los vehículos debe incrementarse en consonancia con la mejora general de la calidad de vida, disminuyendo las aceleraciones y, especialmente, sus variaciones que reducen la comodidad de los ocupantes de los vehículos. Todo ello ajustando las curvaturas de la geometría y sus transiciones a las velocidades de operación por las que optan los conductores a lo largo de los alineamientos.

La integración en su entorno debe procurar minimizar los impactos ambientales, teniendo en cuenta el uso y valores de los suelos afectados, siendo básica la mayor adaptación física posible a la topografía existente.

La armonía o estética de la obra resultante tiene dos posibles puntos de vista: el exterior o estático, relacionado con la adaptación paisajística y el interior o dinámico vinculado con la comodidad visual del conductor ante las perspectivas cambiantes que se agolpan a sus pupilas y pueden llegar a provocar fatiga o distracción, motivo de peligrosidad. Hay que obtener un diseño geométrico en conjunto que ofrezca al conductor un recorrido fácil y agradable, exento de sorpresas y desorientaciones.

La economía o el menor costo posible, tanto de la ejecución de la obra, como del mantenimiento y la explotación futura de la misma, alcanzando siempre una solución de compromiso con el resto de objetivos o criterios. ^[4]

3.2.3 PLANTA GENERAL

Una vez reunida toda la topografía del tramo en estudio, se trabajo en gabinete para en base a ésta información, trazar el eje definitivo, cercas que delimitan las propiedades de las personas que habitan el lugar, la ubicación y referencia de bancos de nivel así como las coordenadas de las referencias.

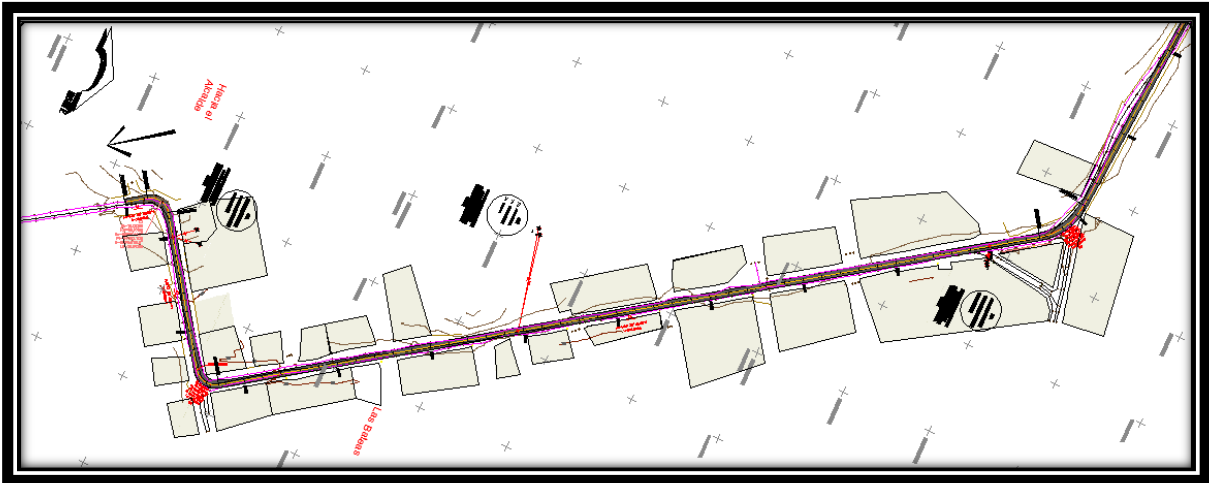


Figura 29.- Planta general del km 4+219.680 al km 5+400.000.

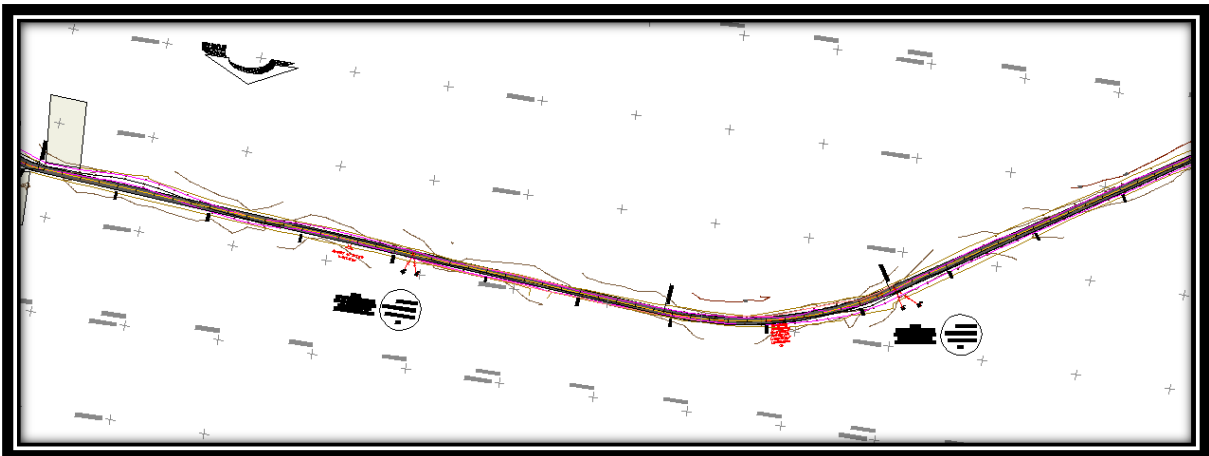


Figura 30.- Planta general del km 5+400.000 al km 6+600.000.

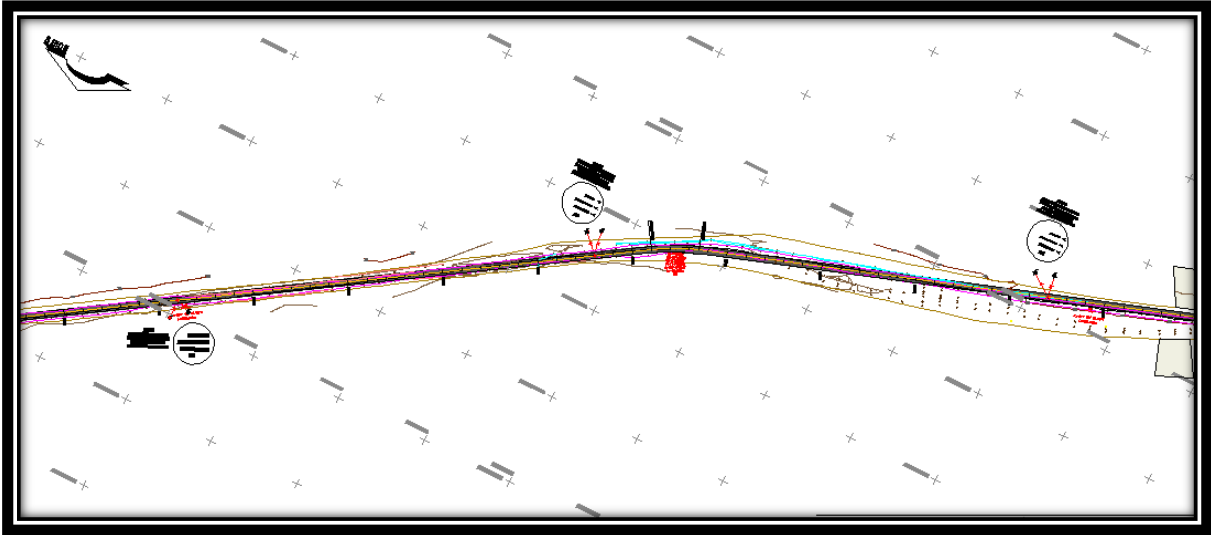


Figura 31.- Planta general del km 6+600.000 al km7+800.000.

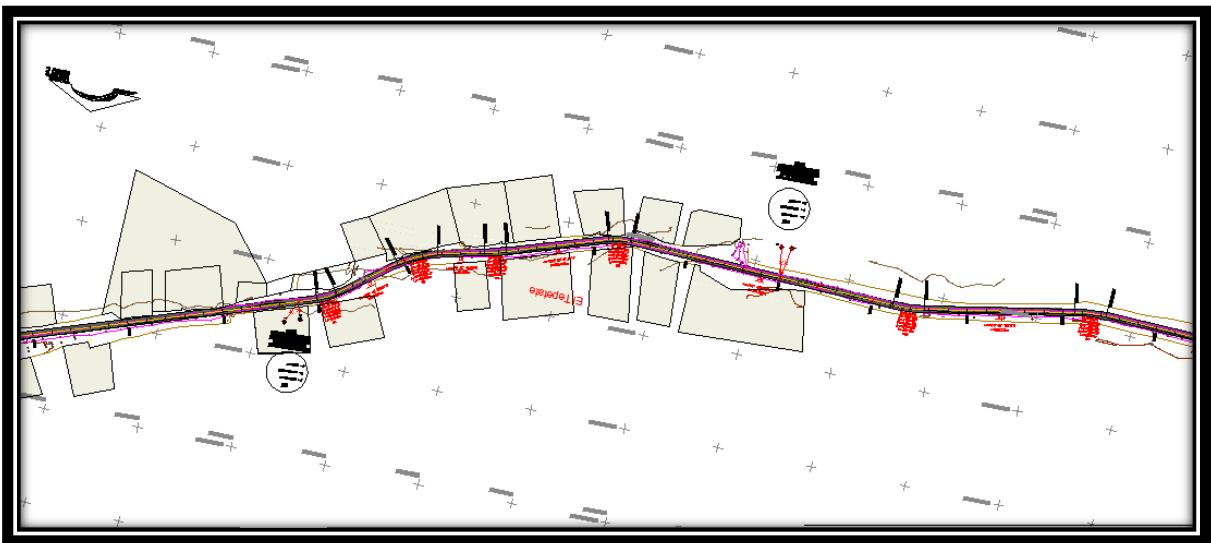


Figura 32.- Planta general del km 7+800.000 al km 9+100.000.

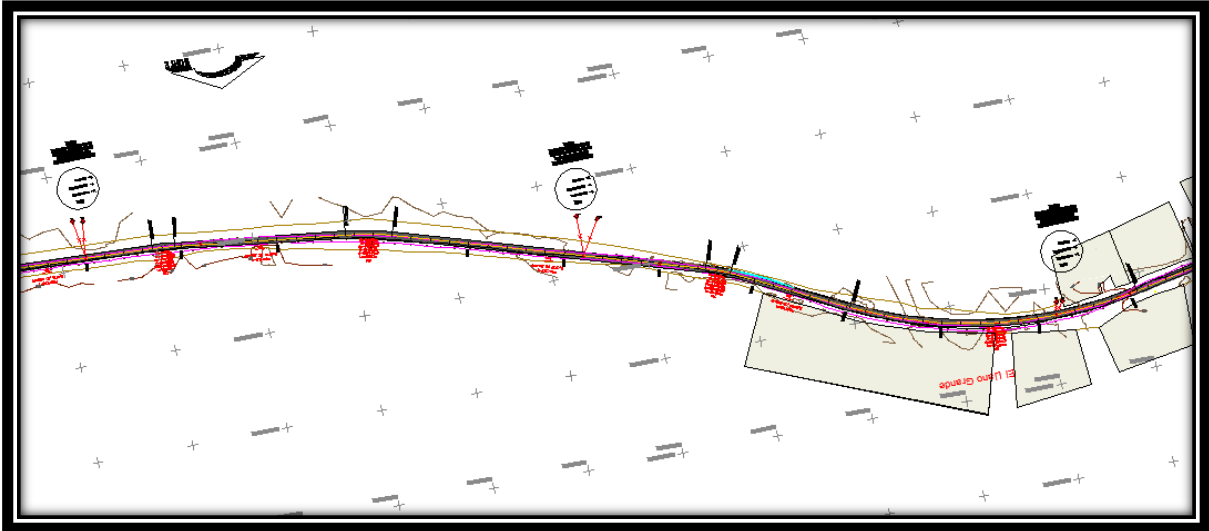


Figura 33.- Planta general del km 9+100.000 al km 10+300.000.

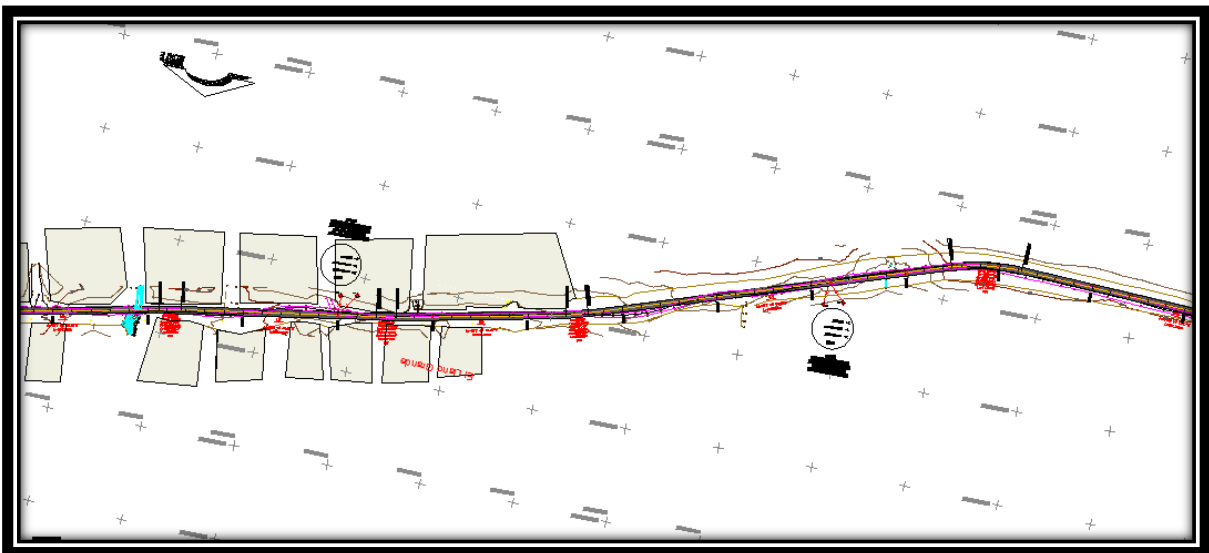


Figura 34.- Planta general del km 10+300.000 al km 11+600.000.

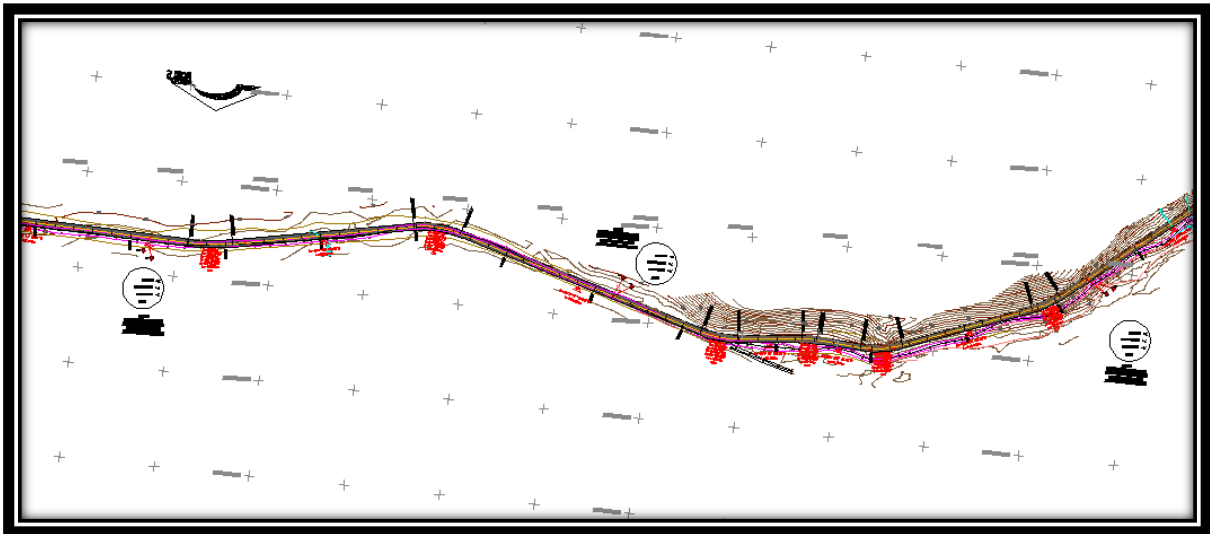


Figura 35.- Planta general del km 11+600.000 al km 12+800.000.

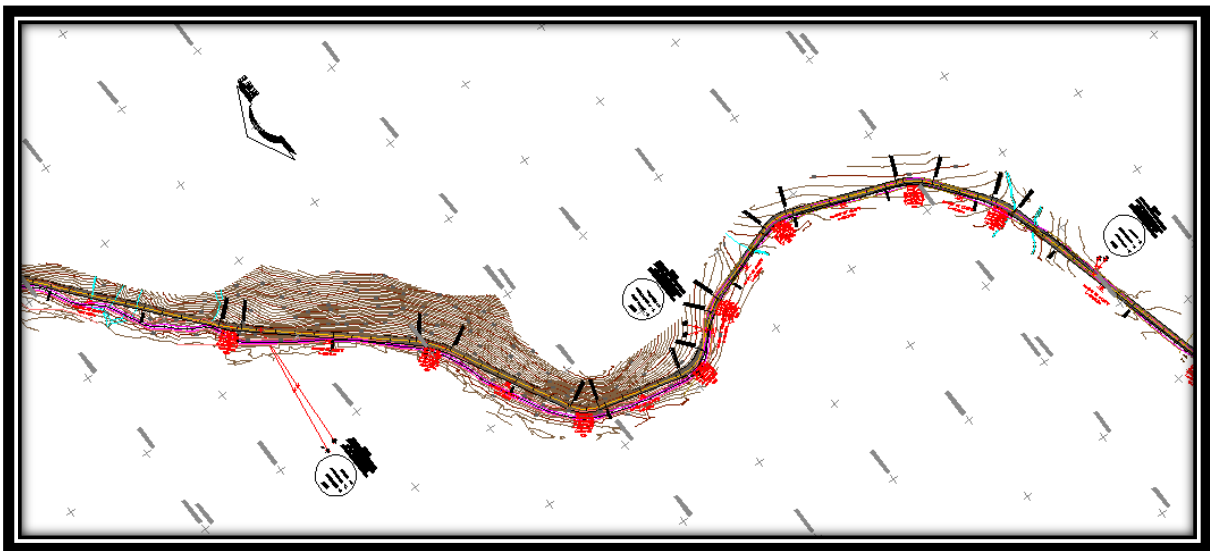


Figura 36.- Planta general del km 12+800.000 al km 14+100.000.

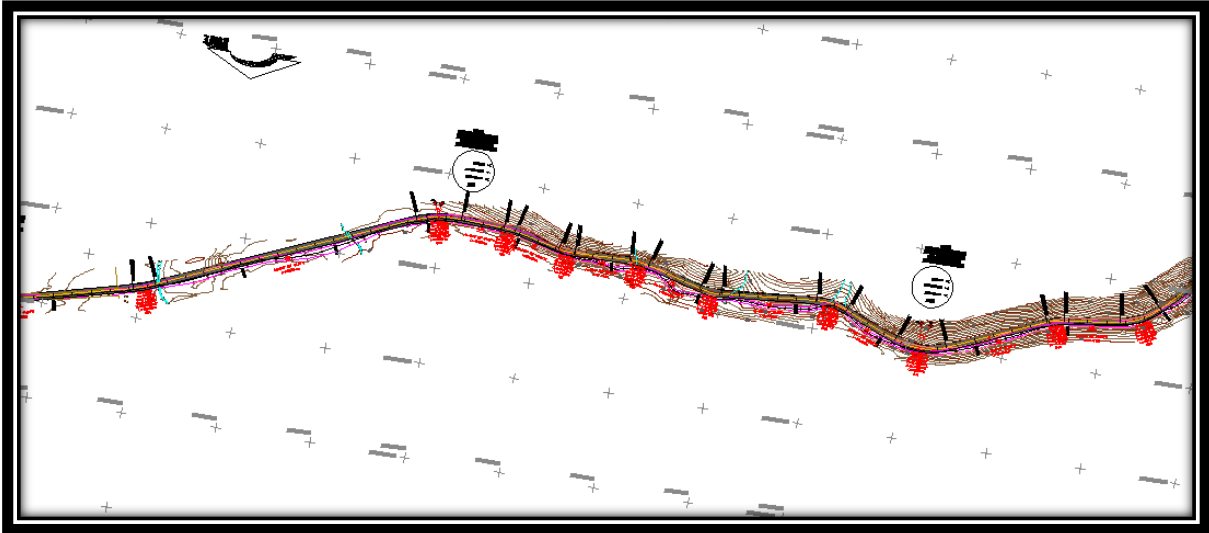


Figura 37.- Planta general del km 14+100.000 al km 15+300.000.



Figura 38.- Planta general del km 15+300.000 al km 16+600.000.

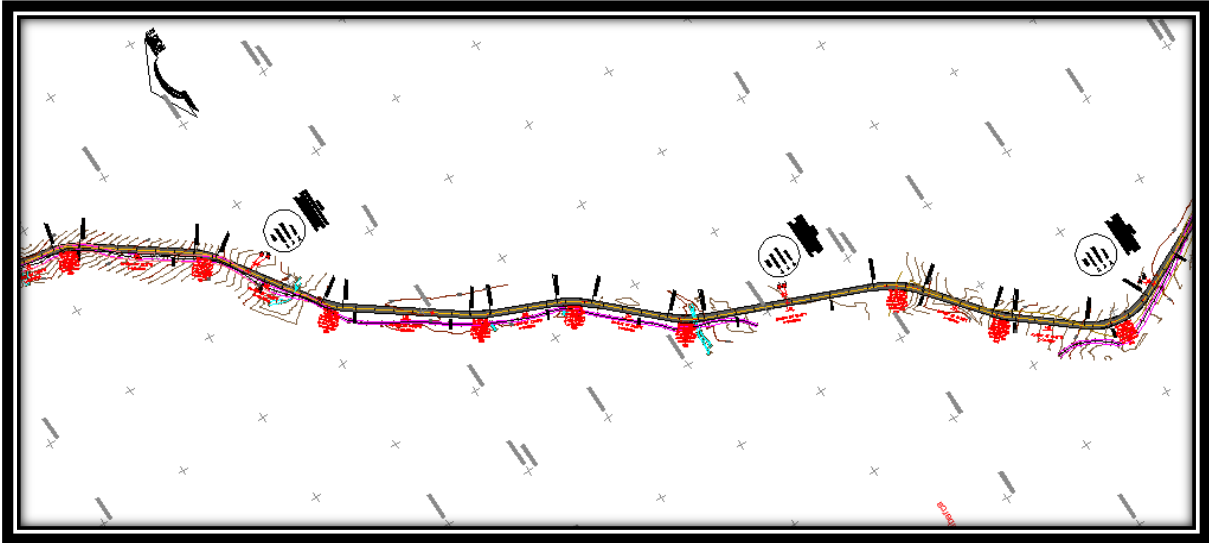


Figura 39.- Planta general del km 16+600.000 al km 17+800.000.

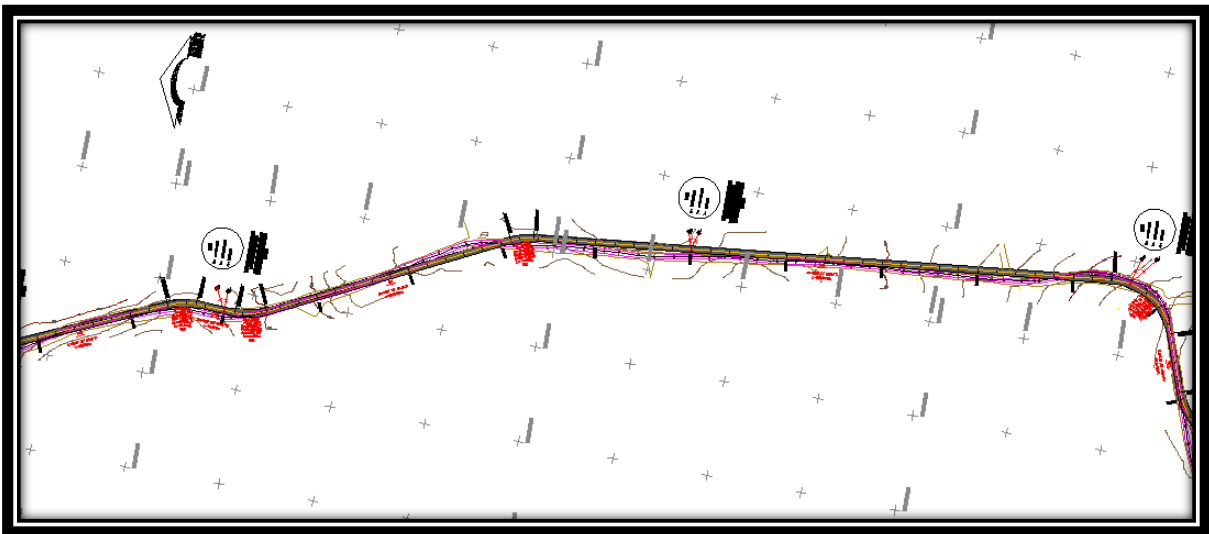


Figura 40.- Planta general del km 17+800.000 al km 19+100.000.

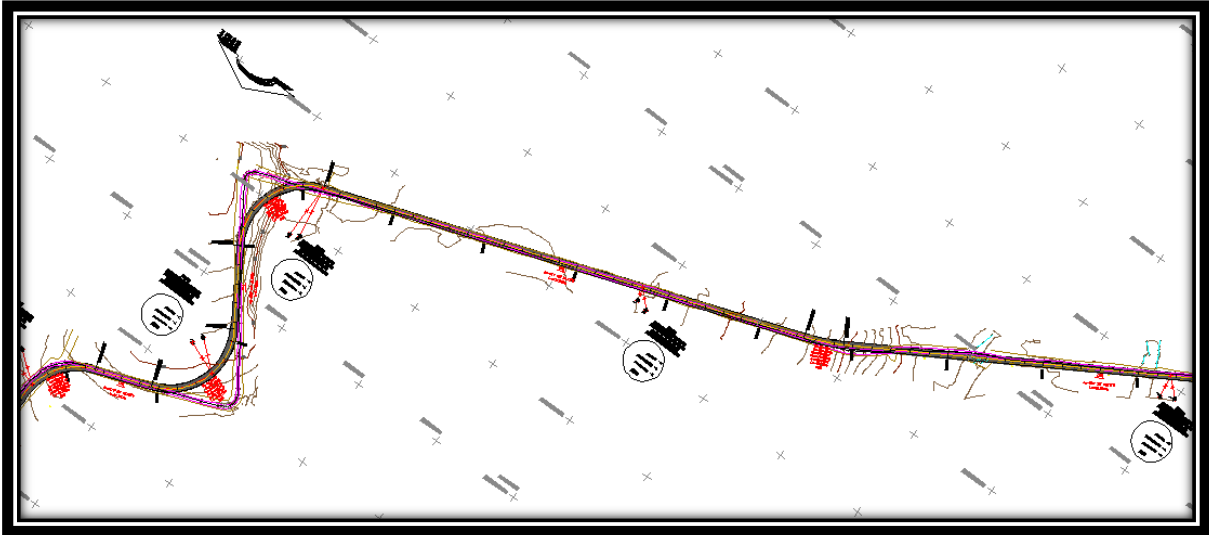


Figura 41.- Planta general del km 19+100.000 al km 20+300.000.

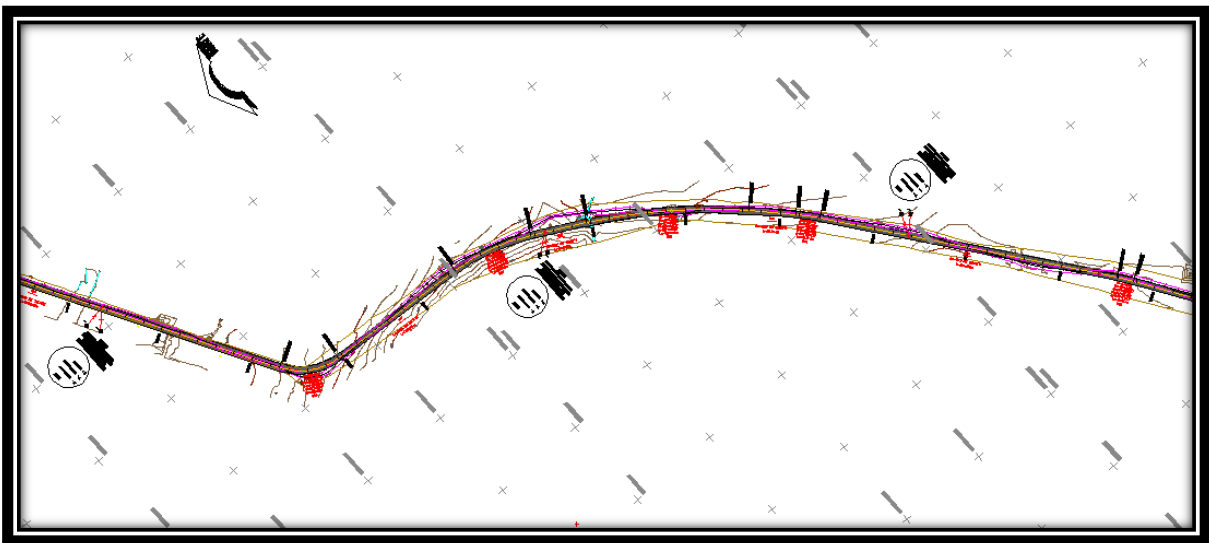


Figura 42.- Planta general del km 20+300.000 al km 21+500.000.

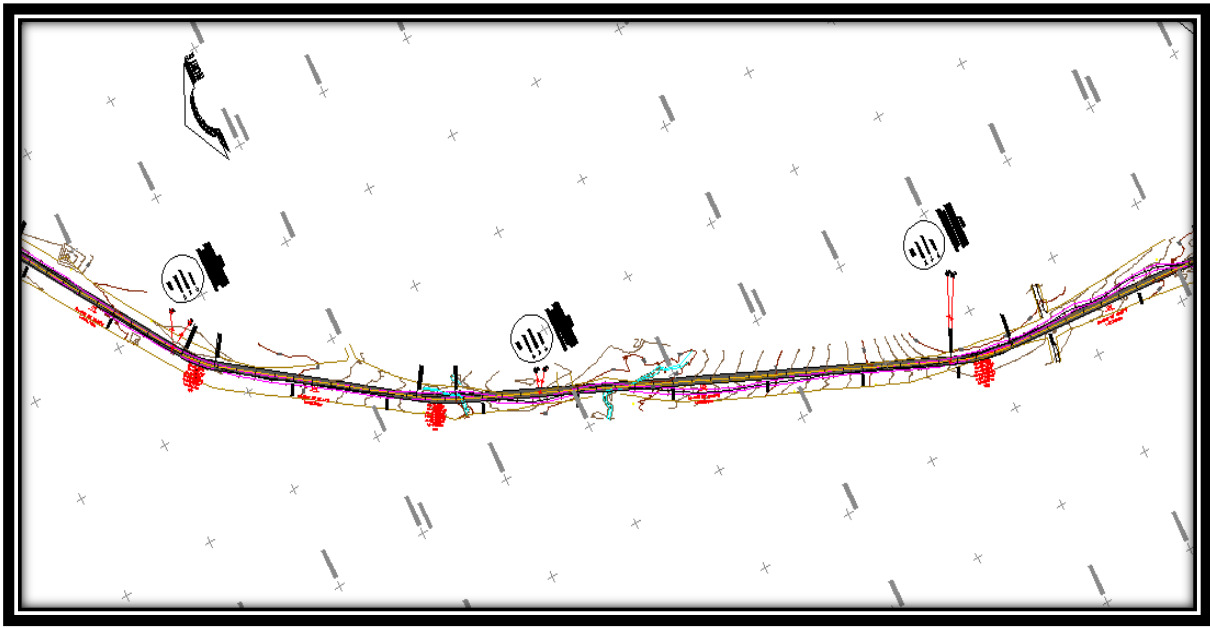


Figura 43.- Planta general del km 21+500.000 al km 22+700.000.

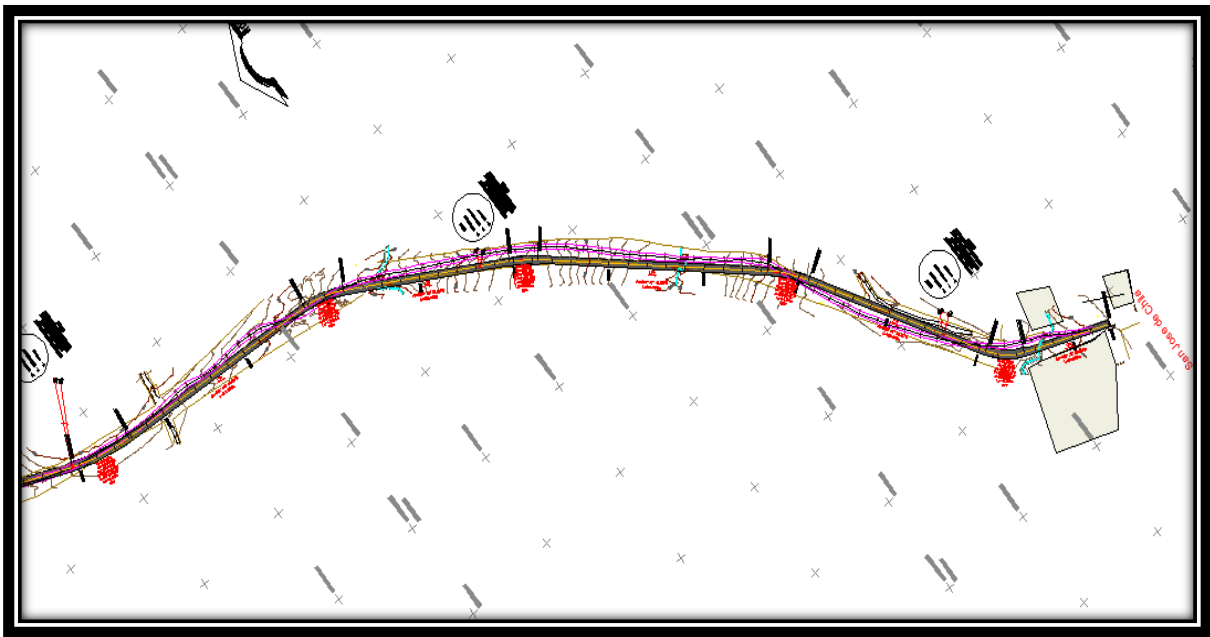


Figura 44.- Planta general del km 22+700.000 al km 23+641.070.

Anexo 8.- Los planos de la planta general se encuentran en formato digital.

En la figura 29, figura 30, figura 31, figura 32, figura 33, figura 34, figura 35, figura 36, figura 37, figura 38, figura 39, figura 40, figura 41, figura 42, figura 43 y figura 44 se muestra la planta general con su respectivo cadenamiento del eje del proyecto, elementos de las curvas, curvas de nivel, brecha existente, referencias de trazo y localización de los bancos de nivel.

3.3 ALINEAMIENTO VERTICAL

El alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona. Al eje de la subcorona en alineamiento vertical se le llama línea subrasante. El alineamiento vertical se compone de tangentes y curvas.^[7]

TANGENTES

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

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

A) Pendiente gobernadora. Es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea subrasante para dominar un desnivel determinado, en función de las características del tránsito y la configuración del terreno; la mejor pendiente gobernadora para cada caso, será aquella que al conjugar esos conceptos, permita obtener el menor costo de construcción, conservación y operación. Sirve de norma reguladora a la serie de pendientes que se deban proyectar para ajustarse en lo posible al terreno.

B) Pendiente máxima. Es la mayor pendiente que se permite en el proyecto. Queda determinada por el volumen y la composición del tránsito previsto y la configuración del terreno.

La pendiente máxima se empleará, cuando convenga desde el punto de vista económico, para salvar ciertos obstáculos locales tales como cantiles, fallas y zonas inestables, siempre que no se rebase la longitud crítica.

TIPO DE TERRENO	PORCIENTO EN PENDIENTE MÁXIMA PARA DIVERSAS VELOCIDADES DE PROYECTO, EN Km/h								
	30	40	50	50	70	80	90	100	110
Plano.....	7	6	6	5	4	4	3	3	3
Lomerío.....	9	8	7	6	5	5	4	4	4
Montañoso...	12	10	9	8	7	7	6	5	5

Tabla 12.- Relación entre pendiente máxima y velocidad de proyecto.

C) Pendiente mínima. La pendiente mínima se fija para permitir el drenaje. En los terraplenes puede ser nula; en los cortes se recomienda el 0.5% mínimo, para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas; en ocasiones la longitud de los cortes y la precipitación pluvial en la zona podrá llevar a aumentar esa pendiente mínima.

D) Longitud crítica de una tangente del alineamiento vertical. Es la longitud máxima en la que un camión cargado puede ascender sin reducir su velocidad más allá de un límite previamente establecido.

Los elementos que intervienen para la determinación de la longitud crítica de una tangente son fundamentalmente el vehículo del proyecto, la configuración del terreno, el volumen y la composición del tránsito. ^[7]

3.3.1 PERFIL DEDUCIDO

El perfil del camino es una representación de la proyección vertical del eje del trazo, para nuestro caso, se dibuja en tramos de 1.150 kilómetros de longitud para facilitar el manejo de los planos.

La escala es de 1:100 vertical y 1:1000 horizontal.

Contenido del plano será:

- 1.- Cuadro de: a) cadenamiento, b) elevaciones de terreno, c) elevaciones de rasante, d) espesor de corte, e) espesor de terraplén.
- 2.- Perfil del terreno con: a) bancos de nivel, b) subrasante con datos de curvas verticales y pendientes, c) obras de drenaje.

3.- Datos de alineamiento horizontal: a) datos de tangentes (orientación, ubicación de PST's), b) datos de curvas (puntos de inflexión, deflexiones, grados, radios, subtangente, longitudes de curva y estaciones de PC, PT y PSC). [9]

3.3.2 PROYECTO DE LA SUBRASANTE

La subrasante es una sucesión de líneas rectas que son las pendientes unidas mediante curvas verticales, intentando compensar los cortes con los terraplenes. Las pendientes se proyectan al décimo con excepción de aquellas en las que se fije anticipadamente una cota a un PI determinado.

Las pendientes ascendentes se marcan positivas y las descendentes con el signo inverso, teniendo en cuenta para su magnitud las especificaciones de pendiente, evitando el exceso de deflexiones verticales que desmerita la seguridad y comodidad del camino o el exagerado uso de tangentes que resultan antieconómico.

Las condiciones topográficas, geotécnicas, hidráulicas y los costos de las terracerías definen el proyecto de la subrasante, por ello se requiere, el realizar varios ensayos para determinar la más conveniente. Una vez proyectada las tangentes verticales se procede a unir las mediante curvas parabólicas. [9]

Estación	Elevación Terreno Natural	Tangente Vertical		Curva Vertical Corregida			Elevación Subrasante	
		Pendiente	Cotas	$K = \frac{m_e - m_s}{N * 10}$				
4+219.680	206.285	-0.92%					206.41	
4+220.000	206.289						206.23	
4+240.000	206.766						206.05	
4+243.680	207.123						206.19	
4+243.680	207.123						206.19	
4+250.000	207.514						206.14	
4+260.000	207.667						206.04	
4+270.000	207.837						205.95	
4+273.650	207.841						205.92	
4+273.655	207.841						205.92	
4+280.000	207.655						205.86	
4+296.721	207.023						205.71	
4+300.000	206.927						205.68	
4+320.000	206.242						205.52	
4+340.000	205.679				$K_1 =$	0.0176	205.39	
4+360.000	205.182			y	y^2	y^2k	205.30	
4+380.000	204.889		PCV	205.707	0.00	0.00	0.000	205.25
4+400.000	204.647			205.677	0.16	0.03	0.000	205.23
4+420.000	204.545			205.493	1.16	1.35	0.024	205.23
4+440.000	204.524			205.309	2.16	4.68	0.082	205.29
4+442.480	204.505	0.37%	PIV	205.126	3.16	10.01	0.176	205.30
4+442.482	204.505			204.942	4.16	17.34	0.305	205.32
4+450.000	204.467			204.759	5.16	26.67	0.469	205.33
4+460.000	204.435			204.575	6.16	37.99	0.669	205.36
4+470.000	204.49			204.391	7.16	51.32	0.904	205.40
4+472.417	204.494		PTV	204.369	7.29	53.11	0.935	205.41
4+472.420	204.494							205.41
4+480.000	204.511							205.44
4+500.000	204.636							205.50
4+520.000	204.801							205.54
4+540.000	205.001							205.56
4+560.000	205.177							205.59
4+580.000	205.26							205.59
4+600.000	205.324							205.59
4+620.000	205.485							205.59

4+640.000	205.602							205.59
4+660.000	205.755							205.59
4+680.000	205.957							205.59
4+700.000	206.064							205.61
4+720.000	206.363							205.63
4+740.000	206.345							205.68
4+760.000	206.137							205.73
4+780.000	206.018							205.81
4+800.000	206.023							205.91
4+820.000	206.023							206.02
4+834.565	205.98							206.11
4+840.000	205.938							206.14
4+860.000	205.775							206.27
4+880.000	205.707							206.39
4+900.000	205.724							206.55
4+920.000	205.755							206.76
4+940.000	205.806							207.05
4+960.000	205.815							207.39
4+980.000	206.008							207.80
5+000.000	206.189							208.27
5+020.000	206.233							208.77
5+040.000	206.298							209.28
5+060.000	206.316							209.78
5+080.000	206.281							210.29
5+100.000	206.212							210.79
5+120.000	206.158							211.25
5+140.000	206.102							211.69
5+160.000	206.007							212.07
5+180.000	205.987							212.38
5+200.000	205.929							212.67
5+220.000	205.916							212.89
5+240.000	205.849							213.05
5+260.000	205.815							213.20
5+280.000	205.796				$K_1 =$	-0.0066		213.34
5+294.525	205.853				y	y^2	y^2k	213.44
5+300.000	205.876	0.62%	PCV	205.400	0.00	0.00	0.000	213.49
5+320.000	205.855			205.409	0.12	0.01	0.000	213.62
5+340.000	205.98			205.409	0.12	0.01	0.000	213.59
5+353.918	205.986			205.437	0.50	0.25	-0.002	213.36
5+353.920	205.986		PIV	205.510	1.50	2.25	-0.015	213.36
5+360.000	205.992			205.583	2.50	6.25	-0.041	213.20
5+370.000	205.994			205.656	3.50	12.25	-0.081	212.87
5+380.000	206.14			205.729	4.50	20.25	-0.134	212.46
5+390.000	206.29		PTV	205.802	5.50	30.25	-0.201	211.95
5+400.000	206.442							211.37
5+410.000	206.592							210.73

Tabla 13.- Calculo de la subrasante.

3.3.3 TRAZO DE CURVAS VERTICALES

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

Una curva vertical es un arco de parábola de eje vertical que une dos tangentes del alineamiento vertical; la curva vertical puede ser en columpio o en cresta, la curva vertical en columpio es una curva vertical cuya concavidad queda hacia arriba, y la curva vertical en cresta es aquella cuya concavidad queda hacia abajo. [7]

ELEMENTOS DE UNA CURVA VERTICAL

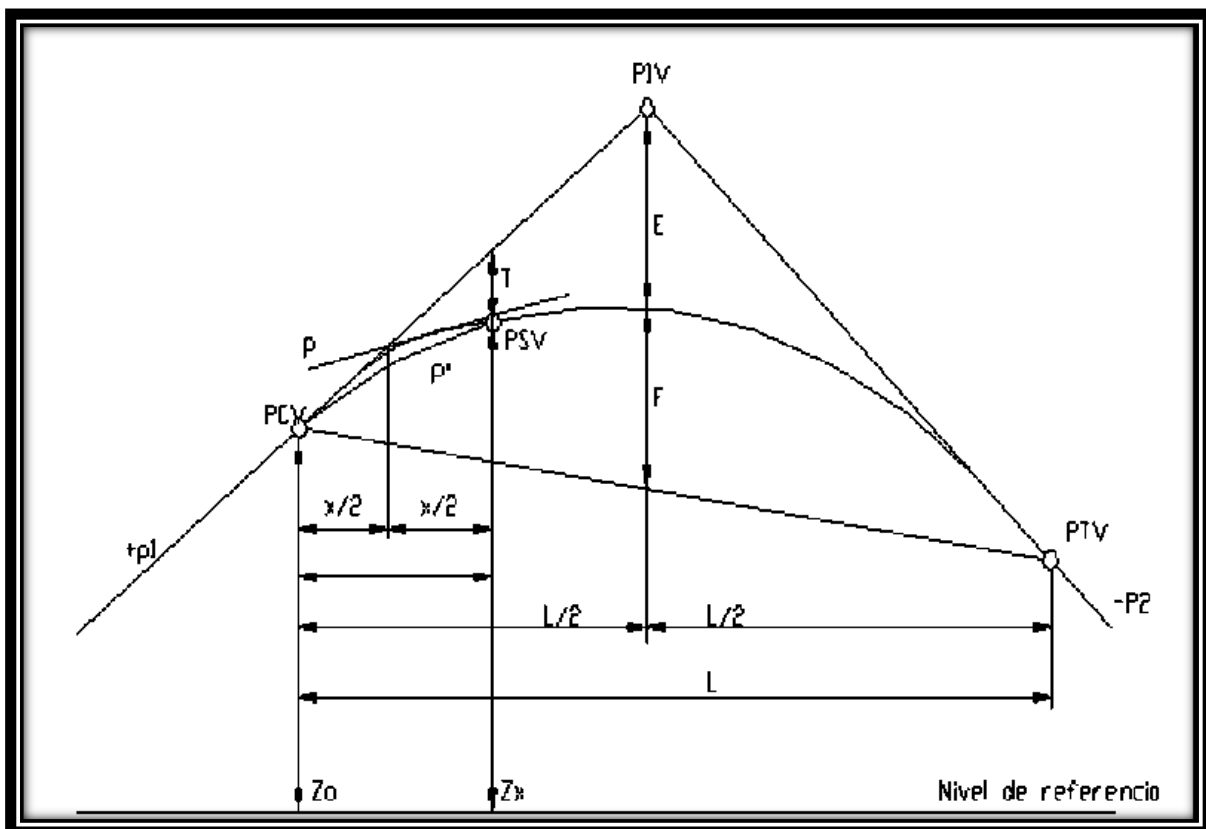


Figura 45.- Curva vertical.

PIV: Punto de intersección de las tangentes verticales.

PCV: Punto en donde comienza la curva vertical.

PTV: Punto donde termina la curva vertical.

PSV: Punto cualquiera sobre la curva vertical.

P1: Pendiente de la tangente de entrada, en m/m.

P2: Pendiente de la tangente de salida, en m/m.

A: Diferencia algebraica de pendientes.

L: Longitud de la curva vertical, en metros.

K: variación de longitud por unidad de pendiente (parámetro).

X: Distancia del PCV a un PSV, en metros.

P: Pendiente en un PSV, en m/m.

P': Pendiente de una cuerda, en m/m.

E: Externa, en metros.

F: Flecha, en metros.

T: Desviación de un PSV a la tangente de entrada, en metros.

Zo: Elevación del PCV, en metros.

Zx: Elevación de un PSV, en metros.

PARÁMETRO K

La distancia de visibilidad de parada deberá proporcionarse en todas las curvas verticales, este requisito esta tomado en cuenta en el valor del parámetro K especificado en la tabla 15. ^[6]

VELOCIDAD DE PROYECTO (km/h)	VALORES DEL PARÁMETRO K (m/%)			LONGITUD ACEPTABLE MÍNIMA (m)
	CURVAS EN CRESTA		CURVAS EN COLUMPIO	
	CARRETERA E	TIPO D, C, B, A	CARRETERA TIPO E, D, C, B, A	
30	4	3	4	20
40	7	4	7	30
50	12	8	10	30
60	23	14	15	40
70	36	20	20	40
80	-	31	25	50
90	-	43	31	50
100	-	57	37	60
110	-	72	43	60

Tabla 14.- Valores mínimos del parámetro K y de la longitud mínima aceptable de las curvas verticales.

CUADRO DE CURVAS VERTICALES

Anexo 9.- El registro completo de las curvas verticales se encuentra.

Aplicando la fórmula: $Z_n = Z_o + (P1/100 - A/200L)l$

DATOS DE LA CURVA No. 1					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Entrada (P2)	Estación	Elevación		
-0.92%	0.37%	4+410	204.853	60	20
Diferencia algebraica de pendientes (A) =			-1.28%	Tipo de curva:	En Cresta

TABLA DE VALORES:					
Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)	
0	PCV	4+380.000	205.129	205.129	205.129
1		4+400.000	204.945	204.988	204.988
2		4+420.000	204.762	204.933	204.933
3	PTV	4+440.000	204.578	204.963	204.963

DATOS DE LA CURVA No. 2					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Entrada (P2)	Estación	Elevación		
0.37%	-0.29%	5+300	208.1	100	20
Diferencia algebraica de pendientes (A) =			0.65%	Tipo de curva:	En Columpio

TABLA DE VALORES:					
Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)	
0	PCV	5+250.000	207.918	207.918	207.918
1		5+270.000	207.991	207.978	207.978
2		5+290.000	208.064	208.012	208.011
3		5+310.000	208.137	208.019	208.019
4		5+330.000	208.21	208.001	208.001
5	PTV	5+350.000	208.283	207.957	207.957

DATOS DE LA CURVA No. 3					
Pendiente %		PIV		Longitud de curva (N)	Intervalo entre estaciones (mts)
Entrada (P1)	Entrada (P2)	Estación	Elevación		
-0.29%	0.31%	5+720	206.9	80	20
Diferencia algebraica de pendientes (A) =			-0.59%	Tipo de curva:	En Cresta

TABLA DE VALORES:					
Z (n)	Descripción	Estación	Elev. (S/Tang.)	Elev. (S/Curva)	
0	PCV	5+680.000	207.014	207.014	207.014
1		5+700.000	206.957	206.972	206.972
2		5+720.000	206.9	206.959	206.959
3		5+740.000	206.843	206.976	206.976
4	PTV	5+760.000	206.785	207.023	207.023

Tabla 15.- Calculo de curvas verticales.

3.3.4 PERFIL GENERAL

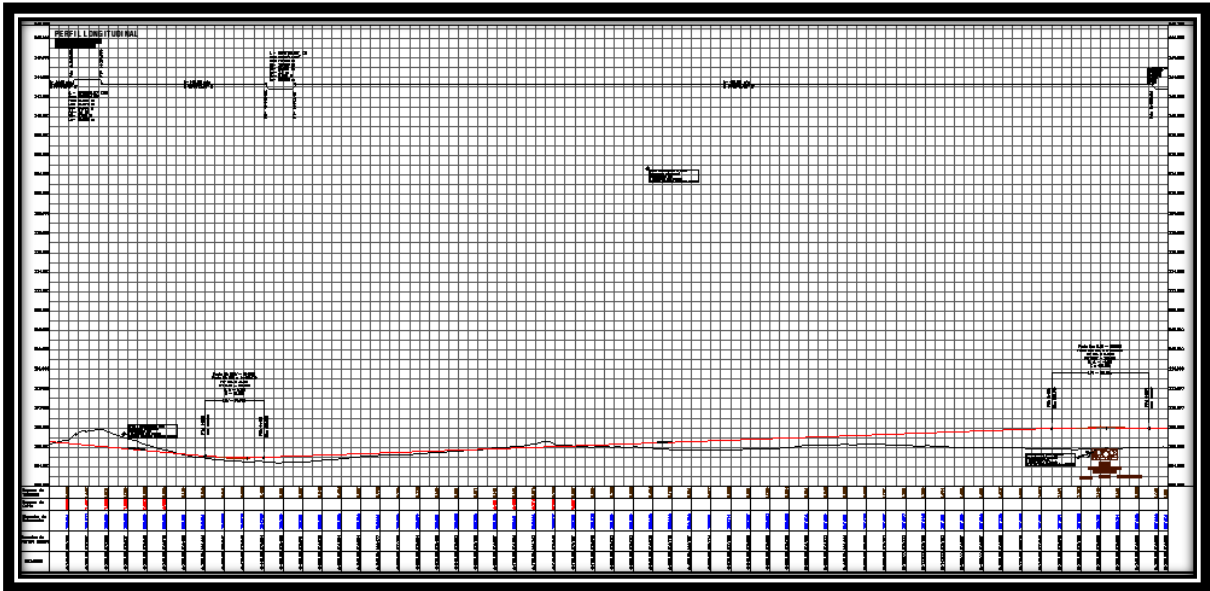


Figura 46.- Perfil general del km 4+219.680 al km 5+369.680.

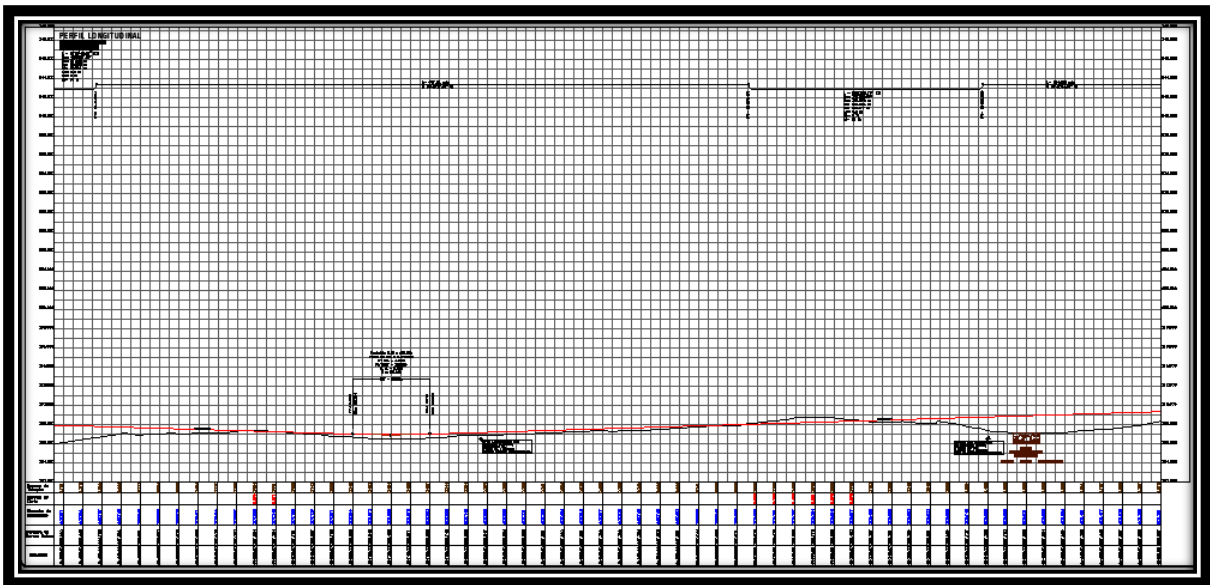


Figura 47.- Perfil general del km 5+369.680 al km 6+519.680.

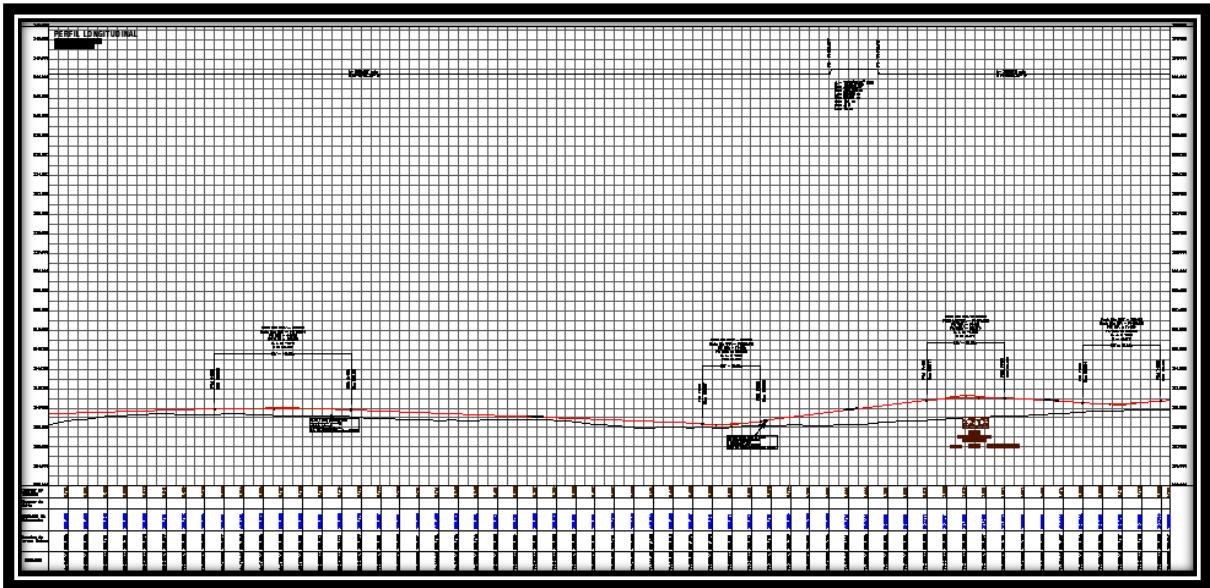


Figura 48.- Perfil general del km 6+519.680 al km 7+669.680.

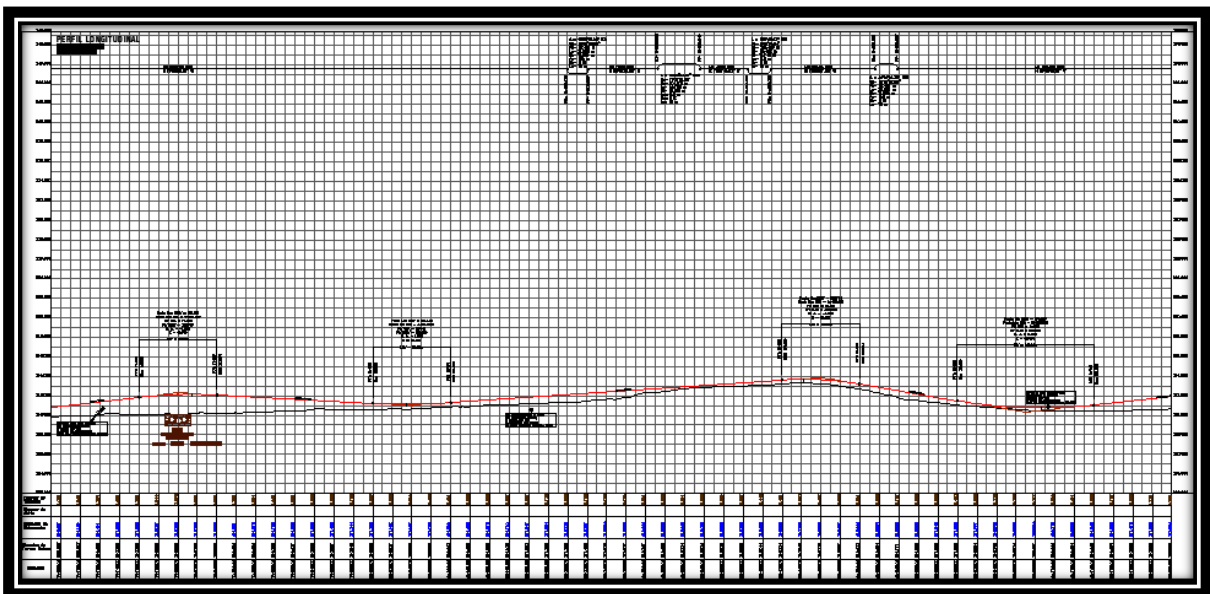


Figura 49.- Perfil general del km 7+669.680 al km 8+819.680.

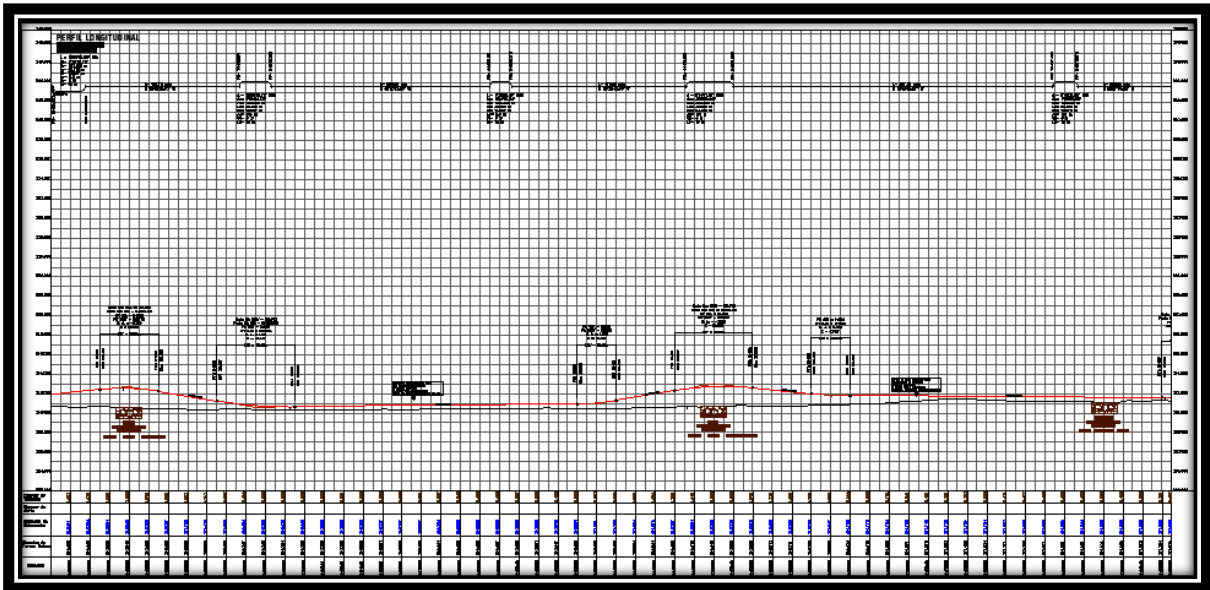


Figura 50.- Perfil general del km 8+819.680 al km 9+969.680.

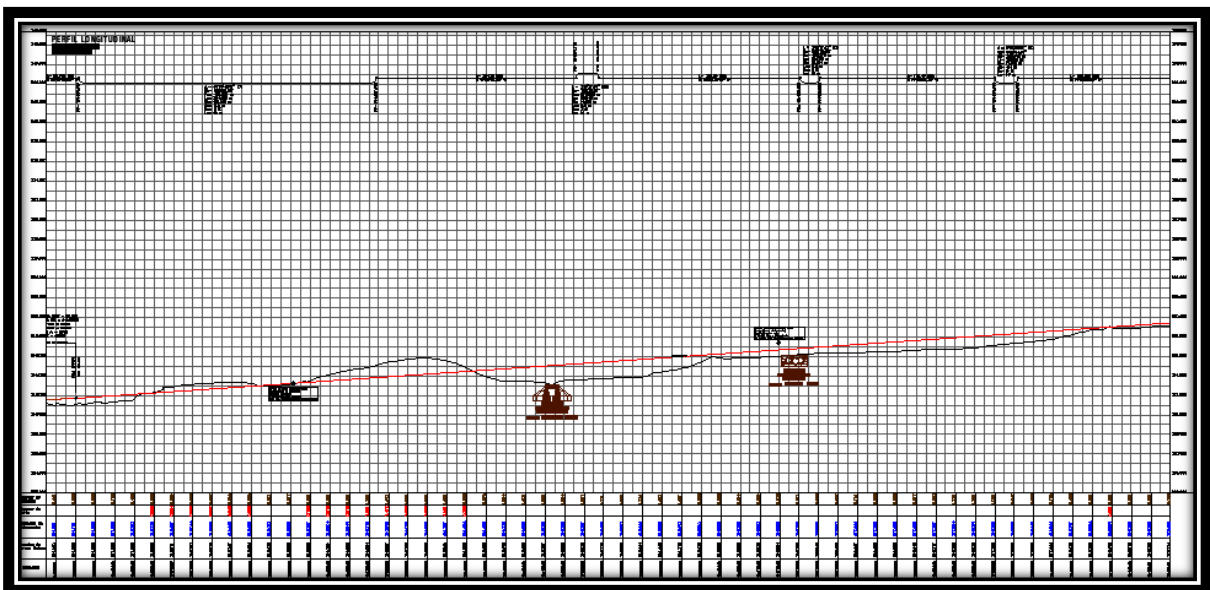


Figura 51.- Perfil general del km 9+969.680 al km 11+119.680.

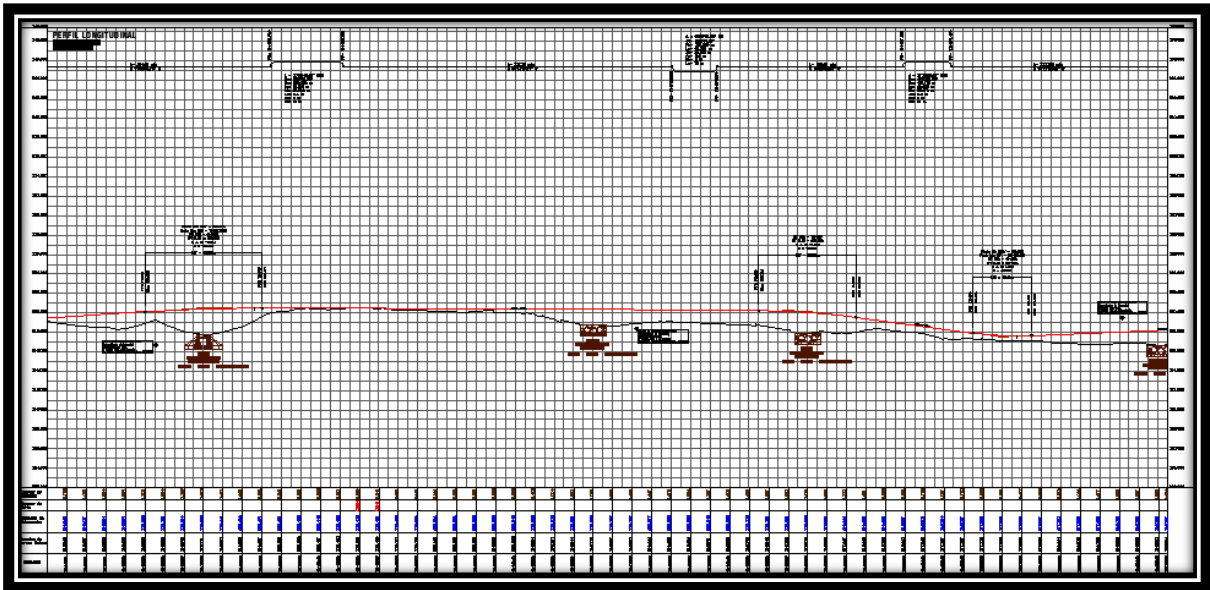


Figura 52.- Perfil general del km 11+119.680 al km 12+269.680.

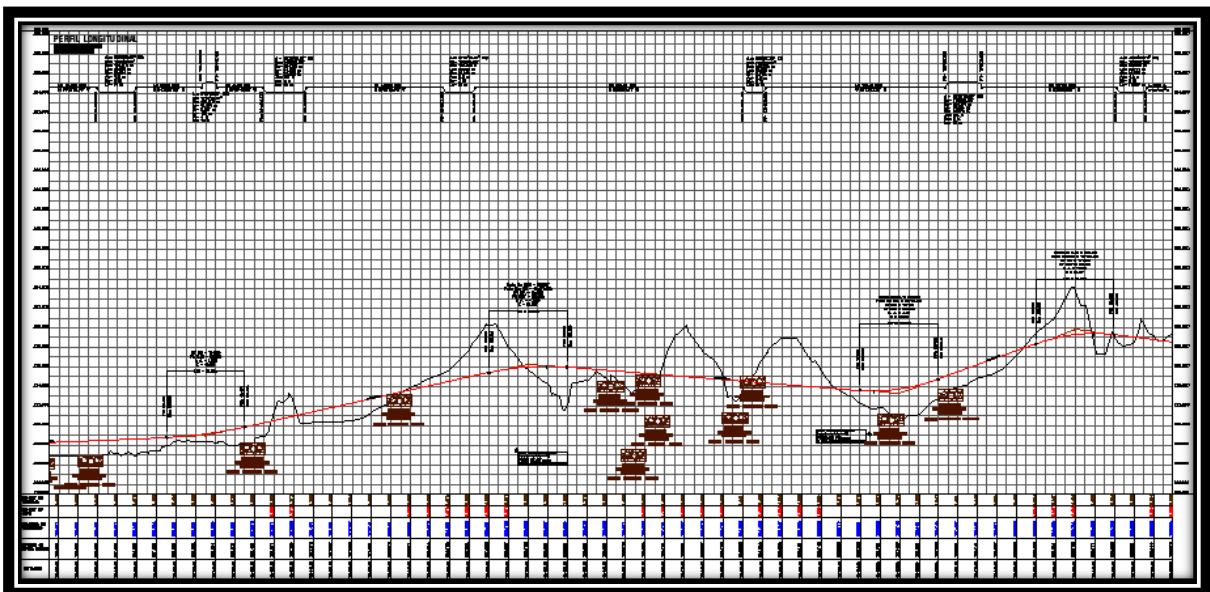


Figura 53.- Perfil general del km 12+269.680 al km 13+419.680.

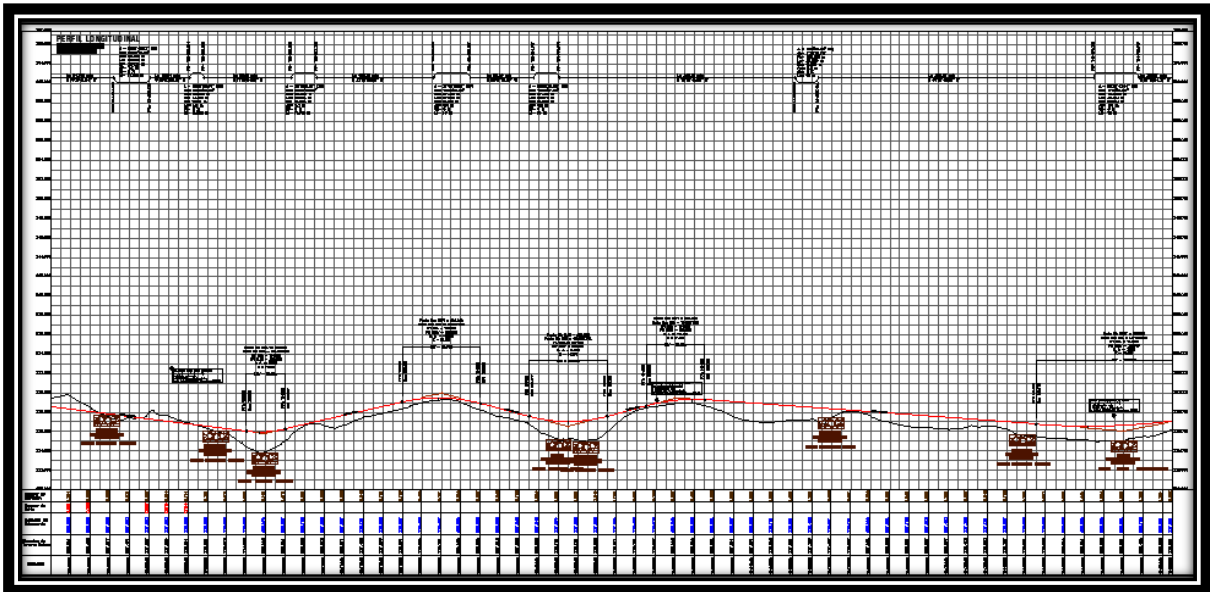


Figura 54.- Perfil general del km 13+419.680 al km 14+569.680.

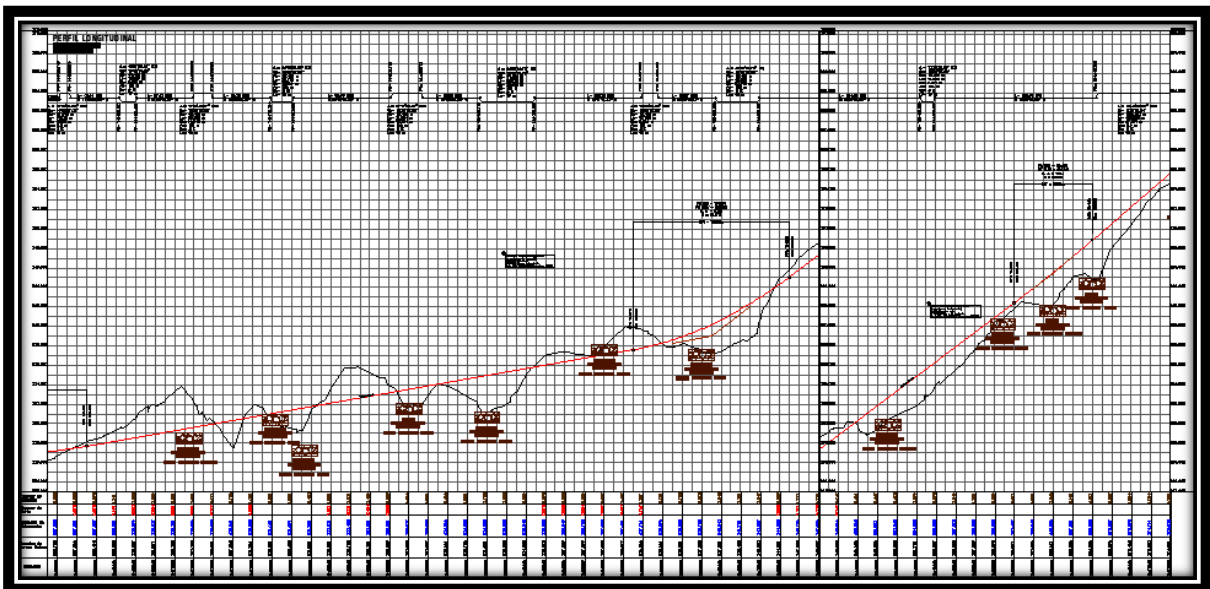


Figura 55.- Perfil general del km 14+569.680 al km 15+719.680.

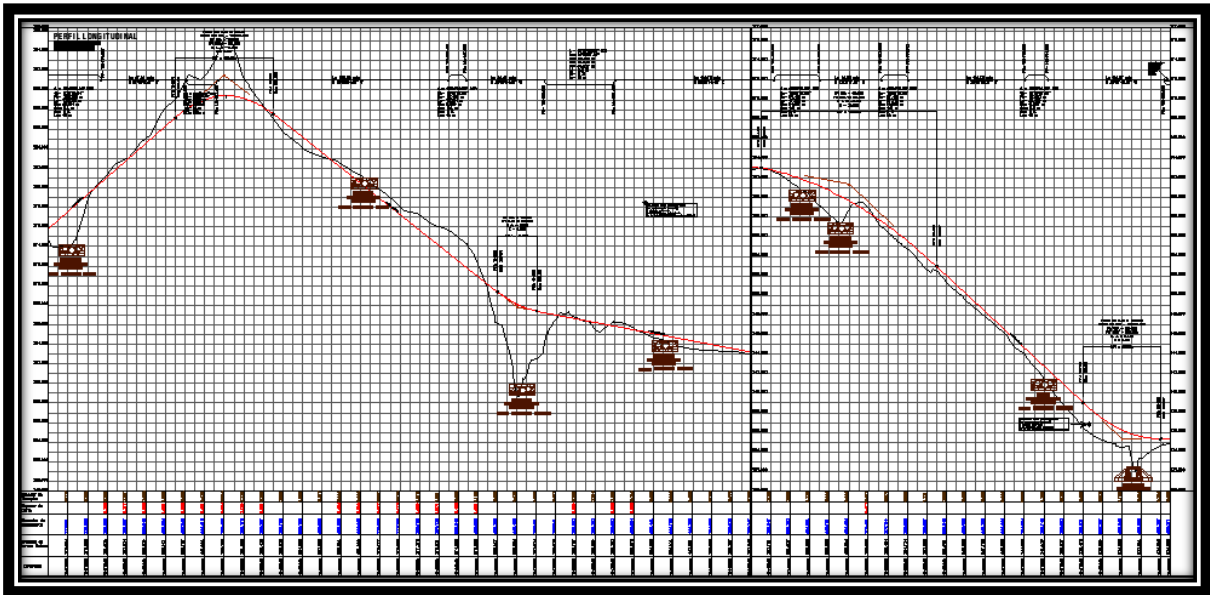


Figura 56.- Perfil general del km 15+719.680 al km 16+869.680.

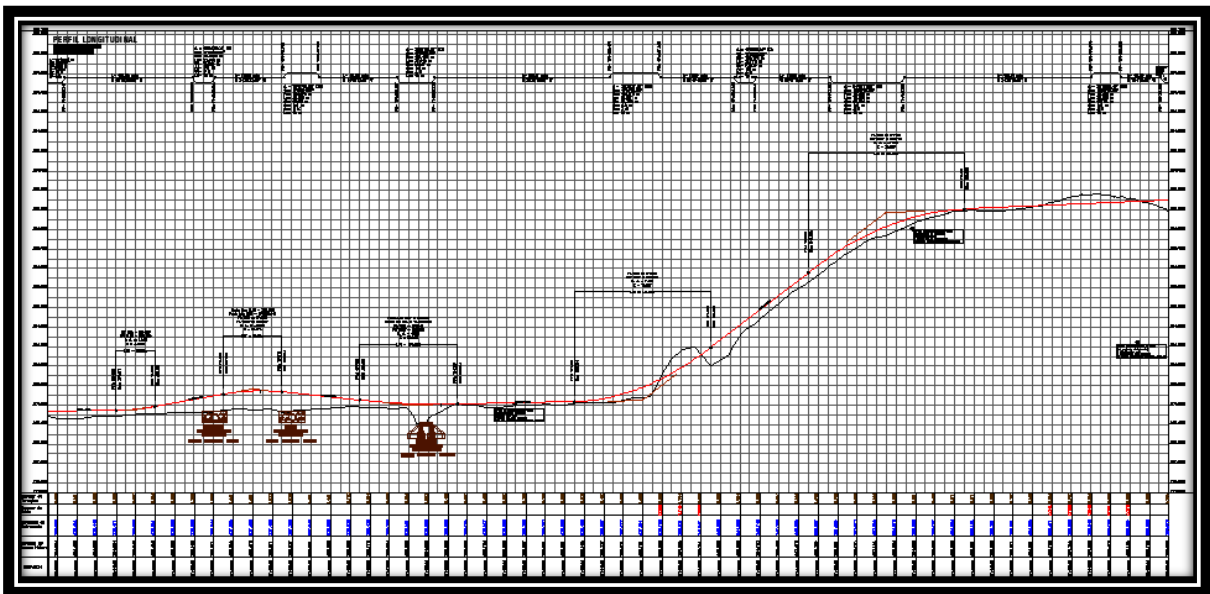


Figura 57.- Perfil general del km 16+869.680 al km 18+069.680.

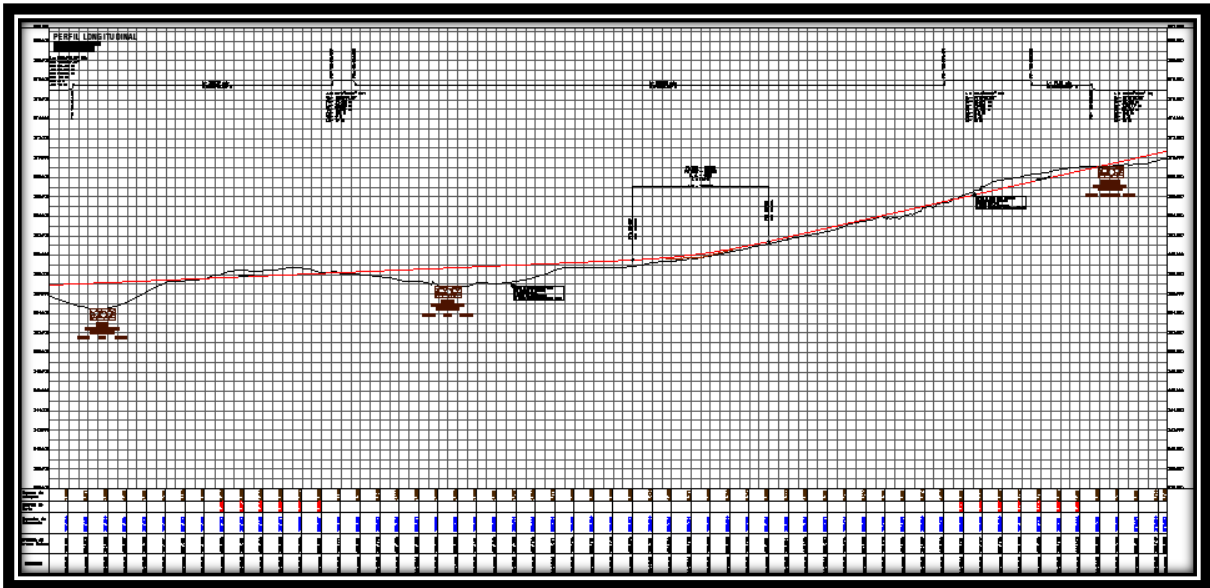


Figura 58.- Perfil general del km 18+069.680 al km 19+169.680.

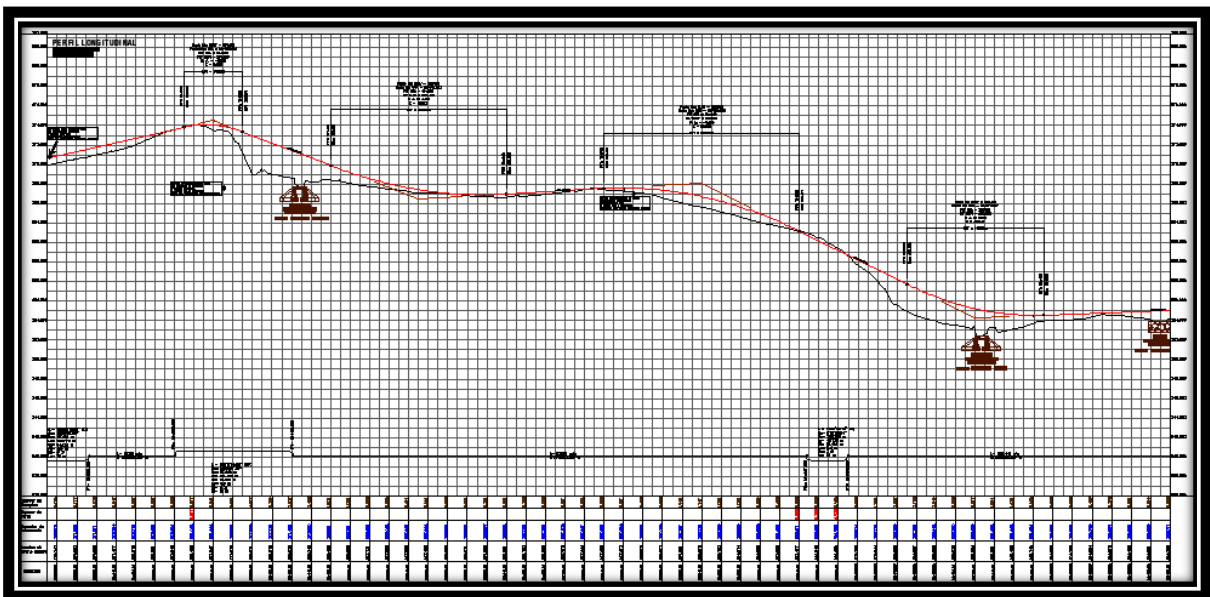


Figura 59.- Perfil general del km 19+169.680 al km 20+319.680.

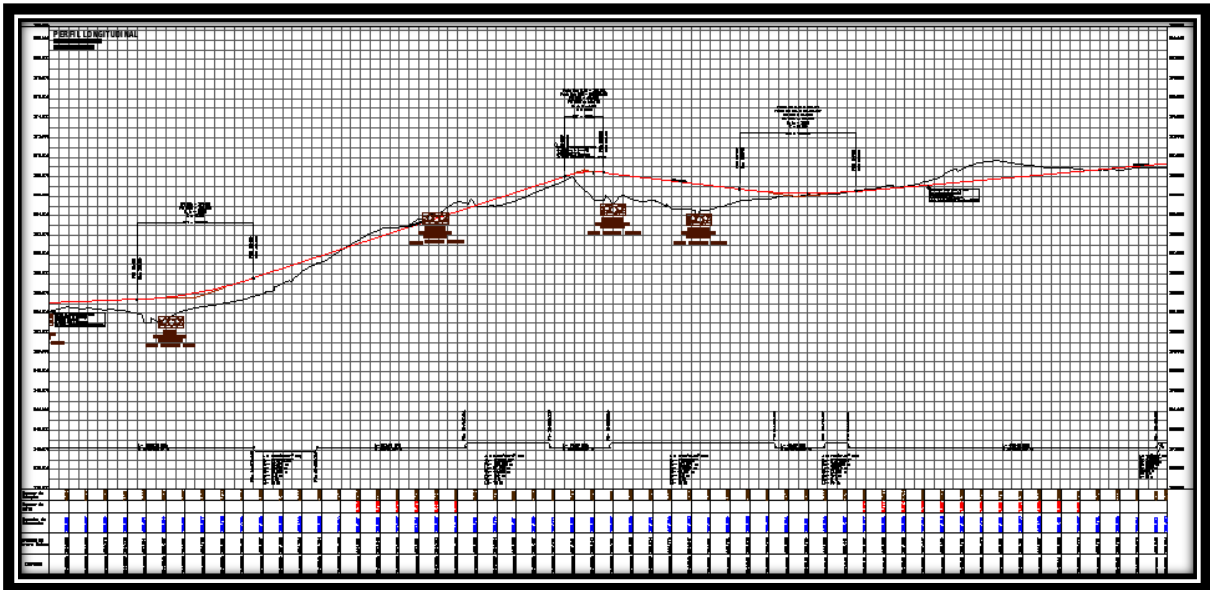


Figura 60.- Perfil general del km 20+319.680 al km 21+469.680.

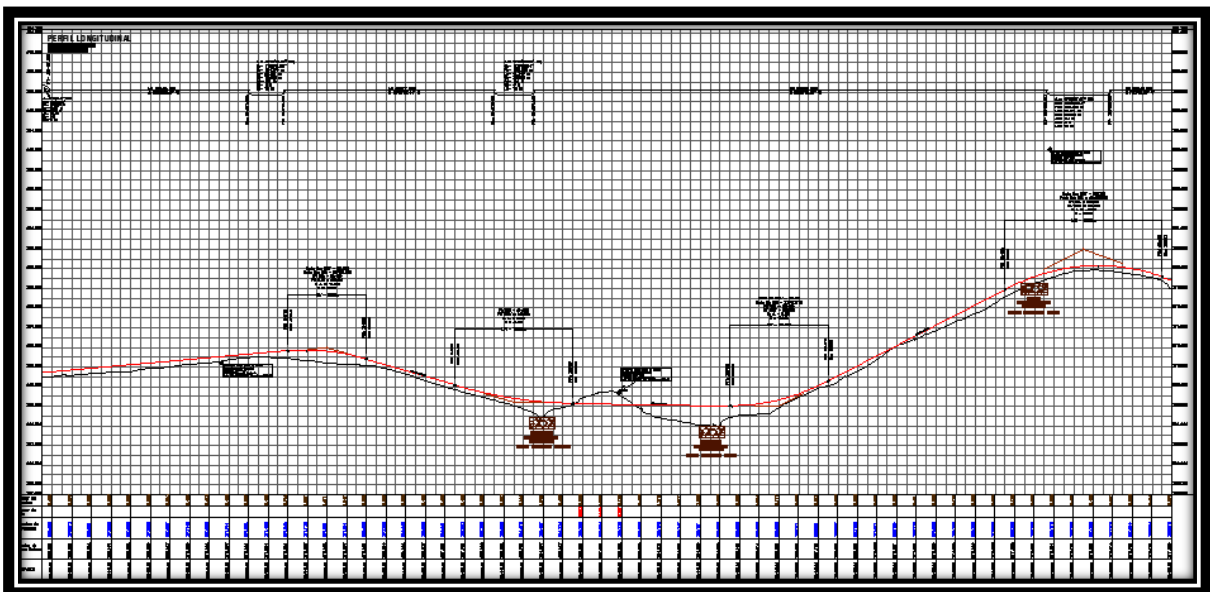


Figura 61.- Perfil general del km 21+469.680 al km 22+619.680.

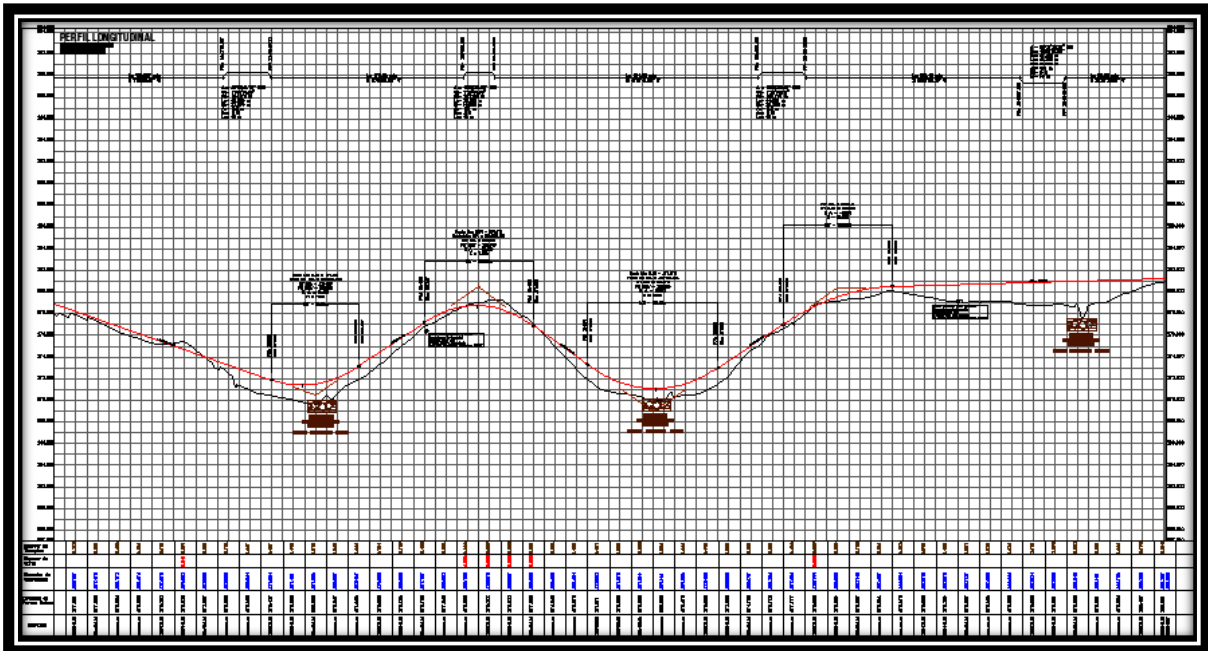


Figura 62.- Perfil general del km 22+619.680 al km 23+641.070.

En la figura 46, figura 47, figura 48, figura 49, figura 50, figura 51, figura 52, figura 53, figura 54, figura 55, figura 56, figura 57, figura 58, figura 59, figura 60, figura 61 y figura 62 se muestra el perfil terminado, cotas y también podemos observar diagrama de curvas horizontales.

Anexo 10.- Los planos del perfil general se encuentran en formato digital.

3.4 SECCIONES DE CONSTRUCCIÓN Y VOLÚMENES DE TERRACERÍAS

3.4.1 SECCIONES DE CONSTRUCCIONES

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

Los elementos que integran y definen la sección transversal son: la corona, la subcorona, las cunetas y contracunetas, las bermas, los escalones de liga, los taludes y las partes complementarias.^[7]

LA CORONA

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

- A) Rasante. La rasante es la línea obtenida al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo del eje de la corona del camino. En la sección transversal está representada por un punto.
- B) Pendiente transversal. Es la pendiente que se da a la corona normal a su eje. Según su relación con los elementos del alineamiento horizontal se presentan tres casos:
1. Bombeo.
 2. Sobreelevación.
 3. Transición del bombeo a la sobreelevación.

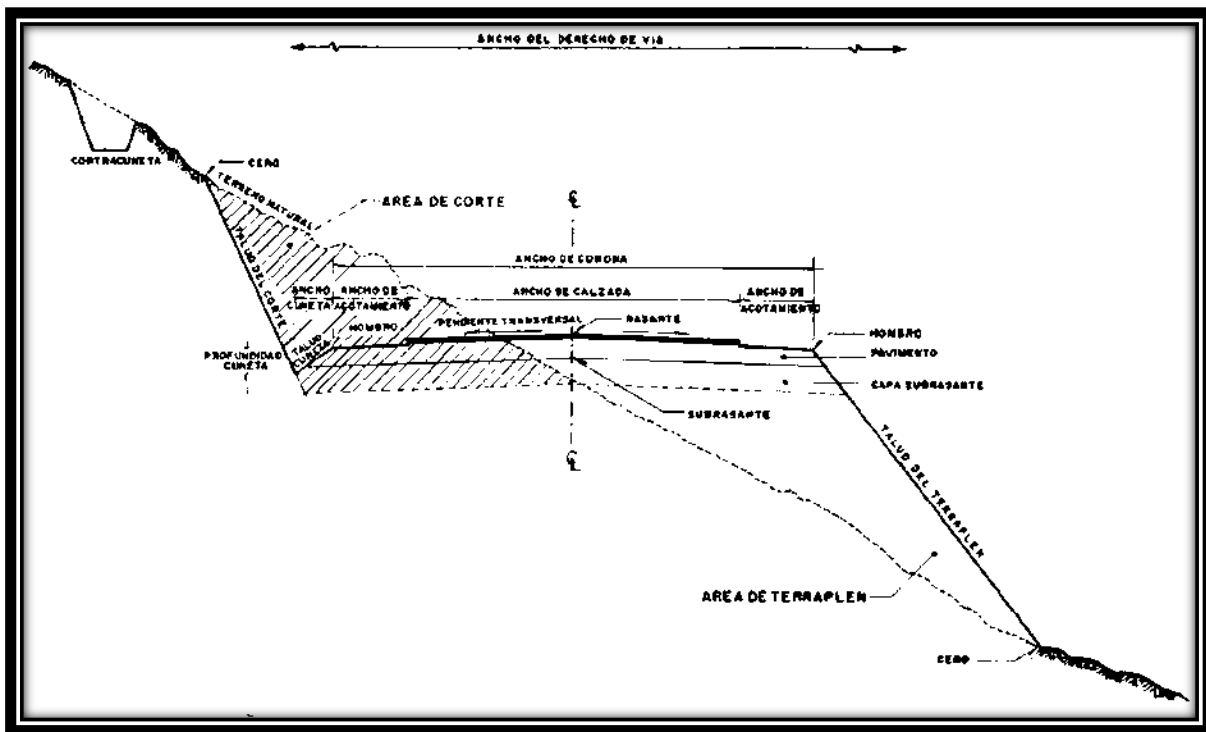
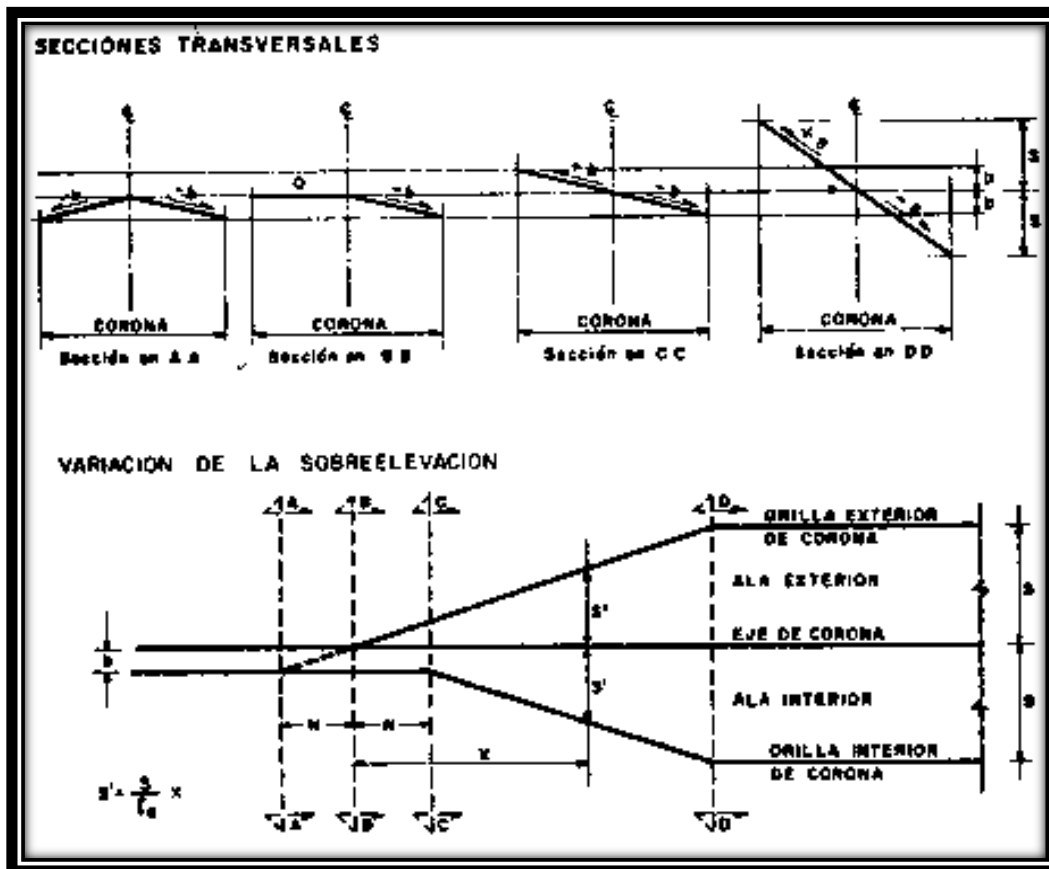


Figura 63.- Sección transversal típica en una tangente del alineamiento horizontal.

1. Bombeo. El bombeo es la pendiente que se da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal hacia uno y otro lado de la rasante para evitar la acumulación del agua sobre el camino. Un bombeo apropiado será aquel que permita un drenaje correcto de la corona con la mínima pendiente, a fin de que el conductor no tenga sensaciones de incomodidad o inseguridad.

2. Sobreelevación. La sobreelevación es la pendiente que se da a la corona hacia el centro de la curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga de un vehículo en las curvas del alineamiento horizontal.
3. Transición del bombeo a la sobreelevación. En el alineamiento horizontal, al pasar de una sección en tangente a otra curva, se requiere cambiar la pendiente de la corona, desde el bombeo hasta la sobreelevación correspondiente a la curva; este cambio se hace gradualmente en toda la longitud de la espiral de transición. Cuando la circular no tiene espirales de transición, la transición de la sobreelevación puede efectuarse sobre las tangentes contiguas a la curvas; sin embargo, esta solución tiene el defeco de que al dar la sobreelevación en las tangentes, se obliga al conductor a mover el volante de su vehículo en sentido contrario al de la curva para no salirse del camino; esta maniobra puede ser molesta y peligrosa, por lo cual se recomienda para este caso, dar parte de la transición en las tangentes y parte sobre la curva circular. Se ha determinado empíricamente que las transiciones pueden introducirse dentro de la curva circular hasta en un cincuenta por ciento, siempre que por lo menos la tercera parte de la longitud de la curva quede con sobreelevación completa.



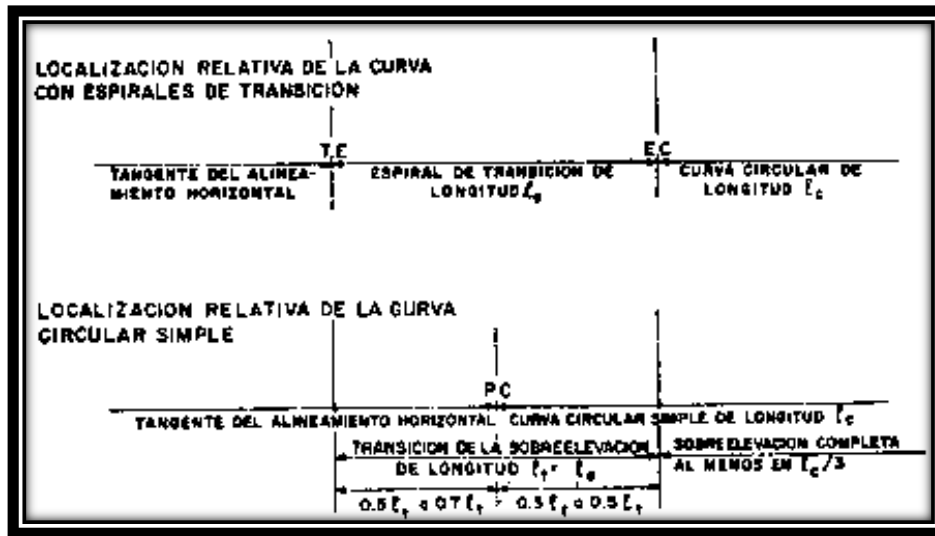


Figura 64.- Transición de la sección en tangente a la sección en curva girando sobre el eje de corona.

C) Calzada. La calzada es la parte de la corona destinada al tránsito de vehículos y constituida por uno o más carriles, entendiéndose por carril a la faja de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.

El ancho de calzada es variable a lo largo del camino y depende de la localización de la sección en el alineamiento horizontal y excepcionalmente en vertical. Normalmente el ancho de calzada se refiere ancho en tangente del alineamiento horizontal.

El ancho de la calzada deberá ser:

En tangente del alineamiento horizontal, el especificado en la tabla 16 “Anchos de corona, da calzada, de acotamientos y de la faja separada central”

En curvas circulares del alineamiento horizontal, el ancho de la tangente mas una ampliación en el lado interior de la curva circular, cuyo valor se especifica en la tabla 2 “Ampliaciones, sobreelevaciones y transiciones para carreteras”

D) Acotamientos. Los acotamientos son las fajas contiguas a la calzada, comprendidas entre sus orillas y las líneas definidas por los hombros del camino. Tienen como ventajas principales las siguientes:

Dar seguridad al usuario del camino al proporcionarle un ancho adicional fuera de la calzada, en el que puede eludir accidentes potenciales o reducir su severidad, pudiendo también estacionarse en ellos en caso obligado.

Proteger contra la humedad y posibles erosiones a la calzada, así como dar confinamiento al pavimento.

Mejorar la visibilidad en los tramos en curva, sobre todo cuando el camino va en corte.

Facilitar los trabajos de conversión.

Dar mejor apariencia al camino.

El ancho de los acotamientos depende principalmente del volumen de tránsito y del nivel de servicio a que el camino vaya a funcionar.

El color, textura y espesor de los acotamientos, dependerá de los objetivos que se quiera lograr con ellos y su pendiente transversal será la misma que la calzada.

El ancho de los acotamientos deberá ser para cada tipo de carretera y tipo de terreno, según se indica en la tabla 16 “Anchos de corona, de calzada, de acotamientos y de la faja separadora central”.

En tangentes del alineamiento horizontal el ancho de corona para cada tipo de carretera y de terreno, deberá ser el especificado en la tabla “Anchos de corona, de calzada, de acotamientos y de la faja separadora central” que continuación se muestra.^[7]

Tipo de carretera	Anchos de					
	Corona (m)	Calzada (m)	Acotamientos (m)		Faja separadora central (m)	
<i>E</i>	4.00	9.00	--		--	
<i>D</i>	6.00	6.00	--		--	
<i>C</i>	7.00	6.00	0.50		--	
<i>B</i>	9.00	7.00	1.00		--	
(A2)	12.00	7.00	2.50		--	
A	(A4)	22.00 mínimo	2 X 7.00	EXT 3.00	INT 0.50	1.00 mínimo
	(A4S)	2 X 11.00	7 X 7.00	3.00	1.00	8.00 mínimo

Tabla 16.- Anchos de corona, de calzada, de acotamientos y de la faja separadora central.

SUBCORONA

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

Se entiende por terracerías, el volumen de material que hay que cortar o terraplenar para formar el camino hasta la subcorona.

Se entiende por pavimento, a la capa o capas de material seleccionado y/o tratado, comprendida entre la subcorona y la corona, que tiene por objeto soportar las cargas inducidas por el tránsito y repartirlas de manera que los esfuerzos transmitidos a la capa de terracerías subyacente a la subcorona, no le causen deformaciones perjudiciales; al mismo tiempo proporciona una superficie de rodamiento adecuada al tránsito. Los pavimentos generalmente están formados por la sub-base, la base y la carpeta, definiendo a esta última la calzada del camino. ^[7]

CUNETAS Y CONTRACUNETAS

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

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

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

La pendiente longitudinal de las cunetas generalmente es la misma que la del camino, pero puede aumentarse si las condiciones del drenaje así lo requieren y la comparación con otra solución indica que es conveniente.

La longitud de una cuneta está limitada por su capacidad hidráulica, pues no debe permitirse que el agua rebase su sección y se extienda por el acotamiento, por lo que deberá limitarse esta longitud colocando alcantarillas de alivio o proyectando las canalizaciones convenientes.

Cuando la velocidad del agua es fuerte puede causar erosiones en la cuneta; para evitarlas habrá que disminuir esa velocidad o proteger las cunetas con materiales resistentes a la erosión.

- B) **Contracunetas.** Generalmente son zanjas de sección trapezoidal, que se excavan arriba de la línea de ceros de un corte, para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural. Se construyen perpendiculares a la pendiente máxima del terreno con el fin de lograr una interceptación eficiente del escurrimiento laminar. Su proyecto dimensiones y localización está determinado por el escurrimiento posible, por la configuración del terreno y por las características geotécnicas de los materiales que lo forman, pues a veces las contracunetas perjudiciales si en su longitud ocurren filtraciones redunden en la inestabilidad de los taludes en corte; en estos casos debe estudiarse la conveniencia de impermeabilizarlas, sustituirlas por bordos o buscar otra solución. ^[7]

TALUDES

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

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

En terraplenes, dado el control que se tiene en la extracción y colocación del material que forma el talud, el valor comúnmente empleado para éste es de 1.5. En los cortes, debido a la gran variedad en el tipo y disposición de los materiales, es indispensable un estudio. Por somero que sea, para definir los taludes en cada caso. ^[7]

BERMA

En un terraplén, está formada por el material que se coloca adosado a su talud, a fin de darle mayor estabilidad al terraplén. En corte, es un escalón que se hace recortando el talud, con el objeto de darle mayor estabilidad y de detener en él al material que se pueda desprender, evitando así que llegue hasta la corona del camino. ^[7]

ESCALÓN DE LIGA

Es el que forma en el área de desplante de un terraplén, cuando la pendiente transversal del terreno es poco menor que la inclinación del talud 1.5:1, a fin de obtener una liga adecuada entre ellos y evitar un deslizamiento del terraplén. ^[7]

“Proyecto Geométrico Del Camino Puente El Pitayo - Las Bateas - San José De Chila del km 4+219.68 al km 23+641.07 En El Municipio De Apatzingan, Michoacán”

PARTES COMPLEMENTARIAS

Bajo esta denominación se incluyen aquellos elementos de la sección transversal que concurren ocasionalmente y con los cuales se trata de mejorar la operación y conservación del camino. Tales elementos son las guarniciones, bordillos, banquetas y fajas separadoras.

- A) **Guarniciones y bordillos.** Las guarniciones son elementos parcialmente enterrados, comúnmente de concreto hidráulico que se emplea principalmente para limitar las banquetas, camellones, isletas y delinear la orilla del pavimento.

Los bordillos son elementos, generalmente de concreto asfáltico, que se construyen sobre los acotamientos junto a los hombros de los terraplenes, a fin de causar el agua que escurre por la corona y que de otro modo causaría erosiones en el talud del terraplén.

- B) **Banquetas.** Las banquetas son fajas destinadas a la circulación de peatones, ubicadas a un nivel superior al de la corona y a uno o a ambos lados de ella. En zonas urbanas y suburbanas, las banquetas es parte integrante de la calle; en caminos rara vez son necesarias.

- C) **Fajas separadoras y camellones.** Se llaman fajas separadoras a las zonas que se dispones para dividir unos carriles de tránsito de otros de sentido opuesto, o bien para dividir carriles del mismo sentido pero de diferente naturaleza. A las primeras se les llama fajas centrales y a las segundas, fajas separadoras laterales. Cuando a estas fajas se les construyen guarniciones laterales y entre ellas se coloca material para obtener un nivel superior al de la calzada, toman el nombre camellones, que igualmente pueden ser centrales o laterales; su anchura es variable dependiendo del costo del derecho de vía y de las necesidades del tránsito. El ancho mínimo es de 1.20 m.

Los camellones centrales se usan en caminos de cuatro o más carriles; los laterales se proyectan en zonas urbanas y suburbanas para separar el tránsito directo del local en una calle o camino lateral. ^[7]

DERECHO DE VÍA

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

En general, conviene que el ancho de derecho de vía sea uniforme, pero habrá casos en que para alojar intercesiones, bancos de materiales, taludes de corte o terraplén y servicios auxiliares, se requiera disponer de un mayor ancho. ^[7]

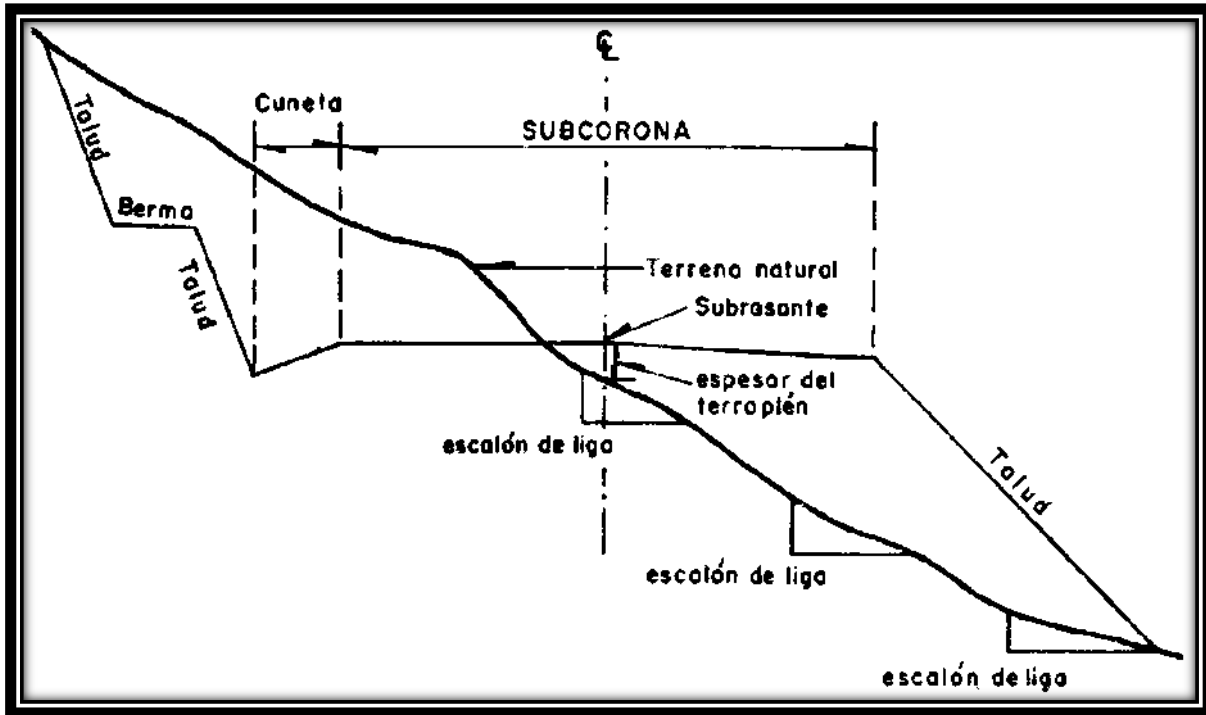


Figura 65.- Sección de construcción.

3.4.2 DETERMINACIÓN DE LAS SECCIONES DE CARRETERAS

La determinación de las secciones de carretera, es un procedimiento sencillo pero laborioso, ya que a cada veinte metros de nuestra línea del camino, se tendrá que determinar veinte metros a la izquierda y veinte metros a la derecha la intersección de las curvas de nivel, el objeto que sean veinte metros los que se tengan que terminar hacia los lados, obedece a que por disposición federal, todos los caminos de carreteras federales comprenden veinte metros hacia la izquierda y derecha del centro del camino. ^[9]

A continuación se ilustra la determinación de las secciones de carretera de un tramo cualquiera.

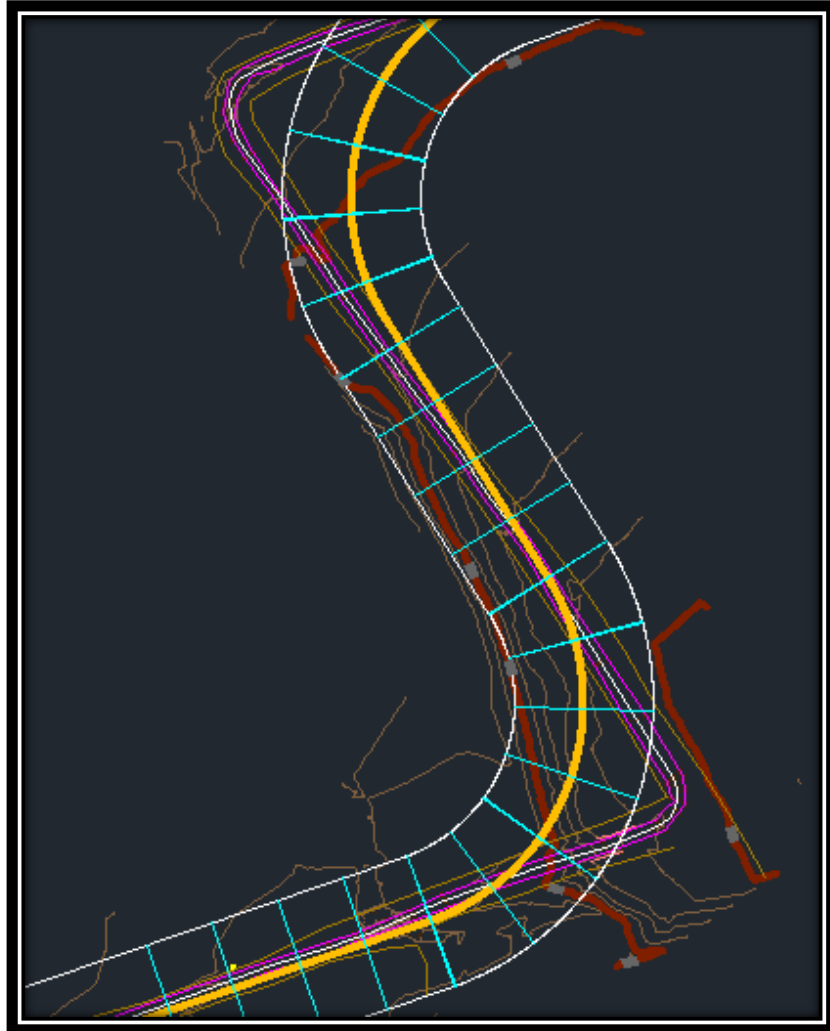


Figura 66.- Secciones del terreno natural.

SECCIONES DE TERRENO NATURAL

Anexo 11.- El registro completo de las secciones del terreno natural se encuentra en formato digital.

LADO IZQUIERDO					EJE CADENAMIENTO	LADO DERECHO				
	-6.074	-0.749	-0.727	-0.116	4+220.00	0.124	2.396	3.137	5.685	6.275
	0.092	0.128	0.068	0.002	206.289	-0.003	-0.041	-0.033	-0.023	-0.019
-4.215	-3.542	-2.9	-2.455	-0.167	4+232.01	0.345	1.264	2.198	3.379	4.012
0.13	0.138	0.189	0.103	0.003	206.576	-0.005	0.007	-0.08	-0.151	-0.122
-6.837	-3.434	-0.87	-0.241	-0.177	4+238.68	1.938	4.079	4.084	4.085	4.097
0.4	0.239	0.026	-0.001	-0.002	206.713	0.025	-0.175	-0.176	-0.176	-0.175
-4.171	-3.256	-0.216	-0.185	-0.1	4+240.00	1.979	3.549	4.249	6.013	6.409
0.323	0.248	-0.001	-0.016	-0.002	206.766	0.038	-0.084	-0.169	-0.089	-0.108
	-7.081	-6.402	-3.985	-1.198	4+243.68	0.144	0.495	1.426	1.787	2.06
	0.511	0.47	0.326	0.098	207.123	-0.011	-0.185	-0.023	-0.016	-0.037
	-7.152	-5.483	-1.356	-0.325	4+245.35	0.233	0.721	1.524	2.35	4.808
	0.502	0.392	0.123	0.03	207.287	-0.021	-0.267	-0.129	-0.156	-0.468
-7.275	-4.437	-4.324	-4.21	-0.246	4+248.68	0.262	1.148	2.045	3.239	4.229
0.675	0.459	0.458	0.442	0.035	207.385	-0.037	-0.217	-0.261	-0.366	-0.393
-3.933	-2.3	-1.592	-1.089	-0.338	4+260.00	0.498	0.937	2.191	5.979	6.595
0.487	0.284	0.164	0.12	0.036	207.67	-0.053	-0.09	-0.188	-0.587	-0.639
-7.474	-6.133	-3.22	-1.831	-1.062	4+268.66	2.679	3.757	6.103	6.813	7.484
0.393	0.335	0.177	0.109	0.085	207.823	-0.212	-0.311	-0.54	-0.61	-0.613
-6.522	-6.396	-6.238	-2.139	-0.224	4+271.99	1.127	3.179	5.612	6.427	7.185
0.288	0.282	0.274	0.077	0.018	207.847	-0.091	-0.279	-0.517	-0.541	-0.551
	-7.491	-5.647	-2.546	-0.043	4+273.66	0.003	2.681	4.69	6.266	6.887
	0.254	0.224	0.079	0.004	207.841	0	-0.243	-0.437	-0.489	-0.499
-3.924	-3.892	-3.865	-3.842	-3.218	4+278.66	0.683	0.769	0.864	5.394	5.471
0.186	0.185	0.184	0.183	0.155	207.724	-0.033	-0.035	-0.036	-0.205	-0.212

Tabla 17.- Distancias izquierdas y derechas con la elevación del terreno natural correspondiente.

Otro de los aspectos por lo que es necesaria la determinación de la secciones de construcción, es el hecho de que esta son los indicadores de la cantidad de corte y terraplén necesarios para el camino.

SECCIONES DE CONSTRUCCIÓN

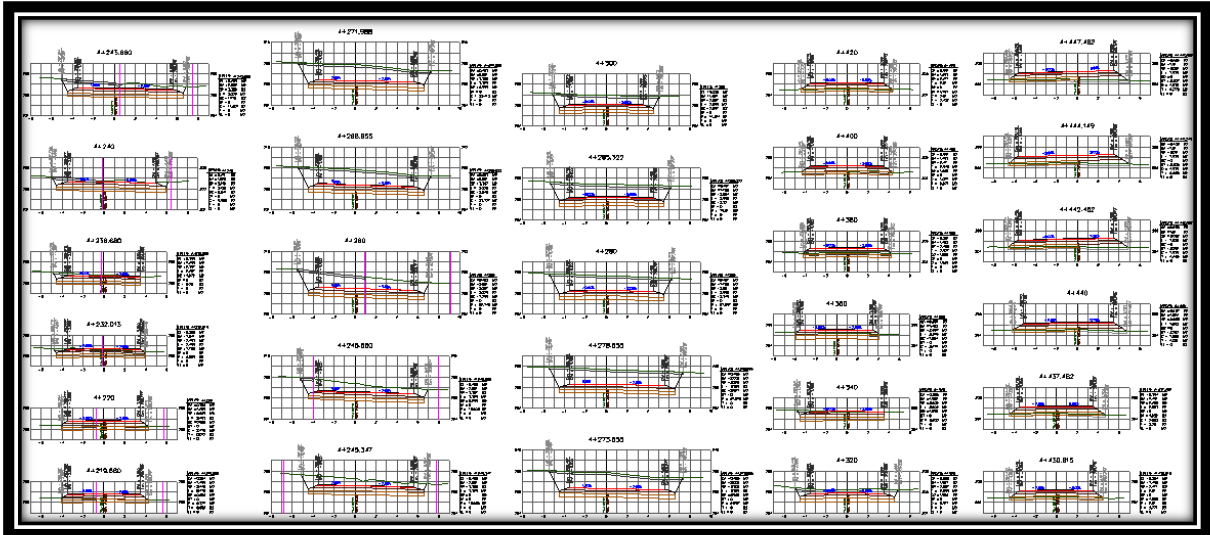


Figura 67.- Secciones de construcción del km 4+219.680 al km 4+447.482.

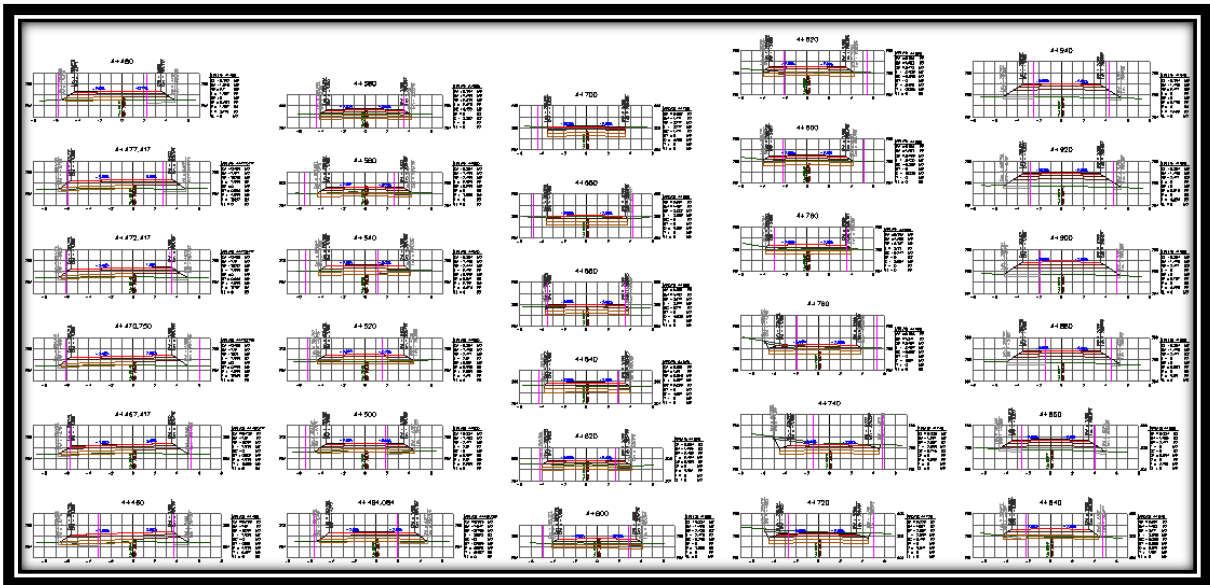


Figura 68.- Secciones de construcción del km 4+460.000 al km 4+940.000.

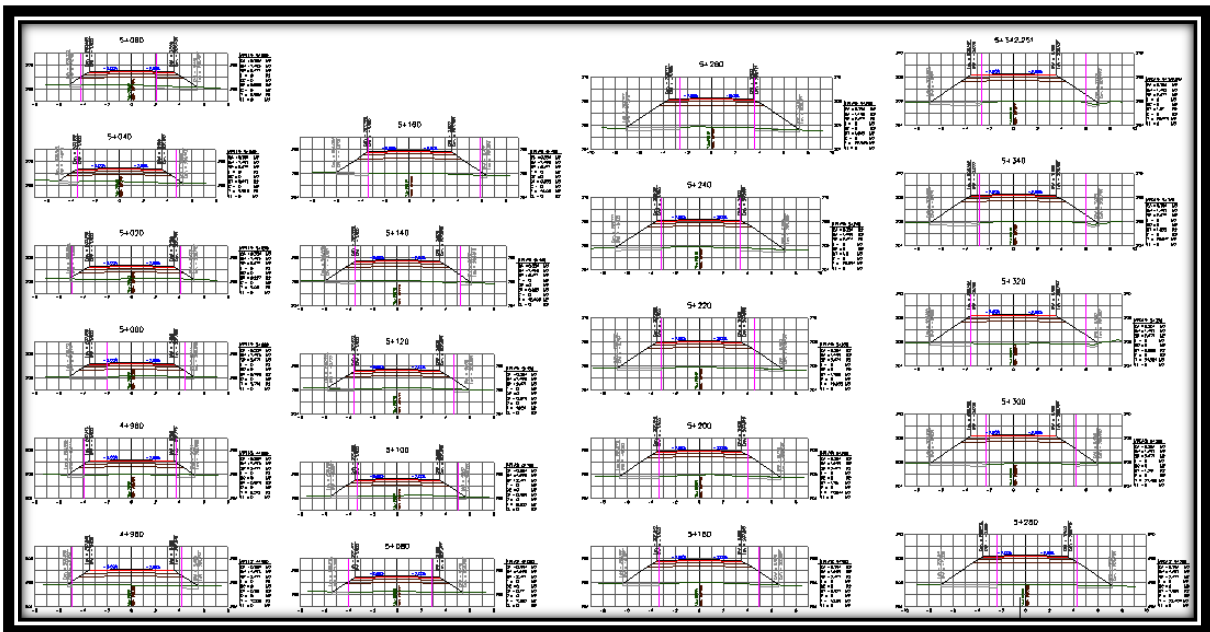


Figura 69.- Secciones de construcción del km 4+960.000 al km 5+342.251.

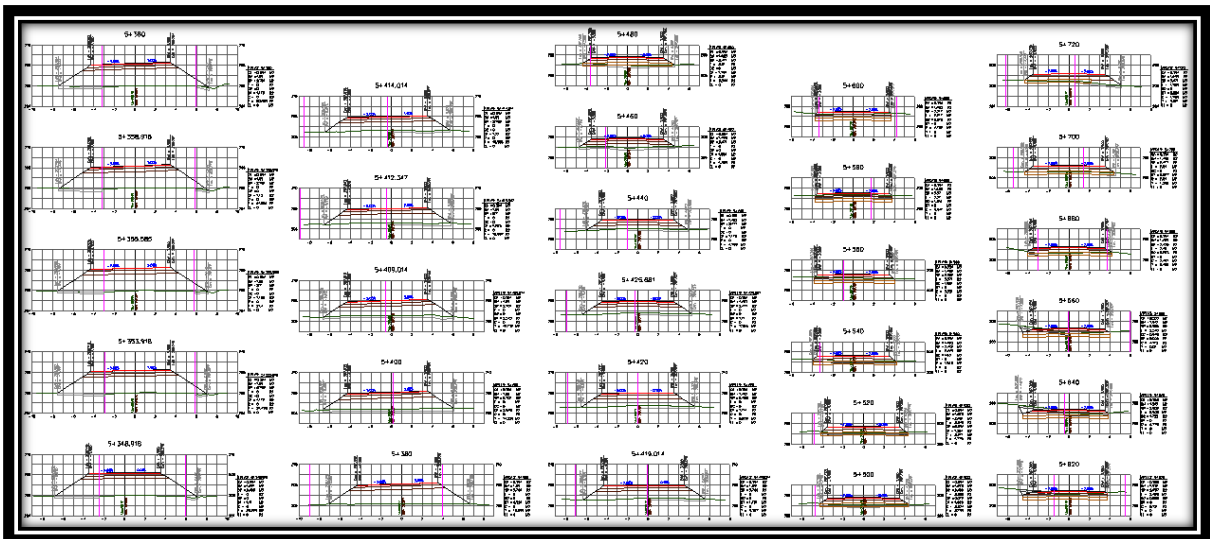


Figura 70.- Secciones de construcción del km 5+348.918 al km 5+720.000.

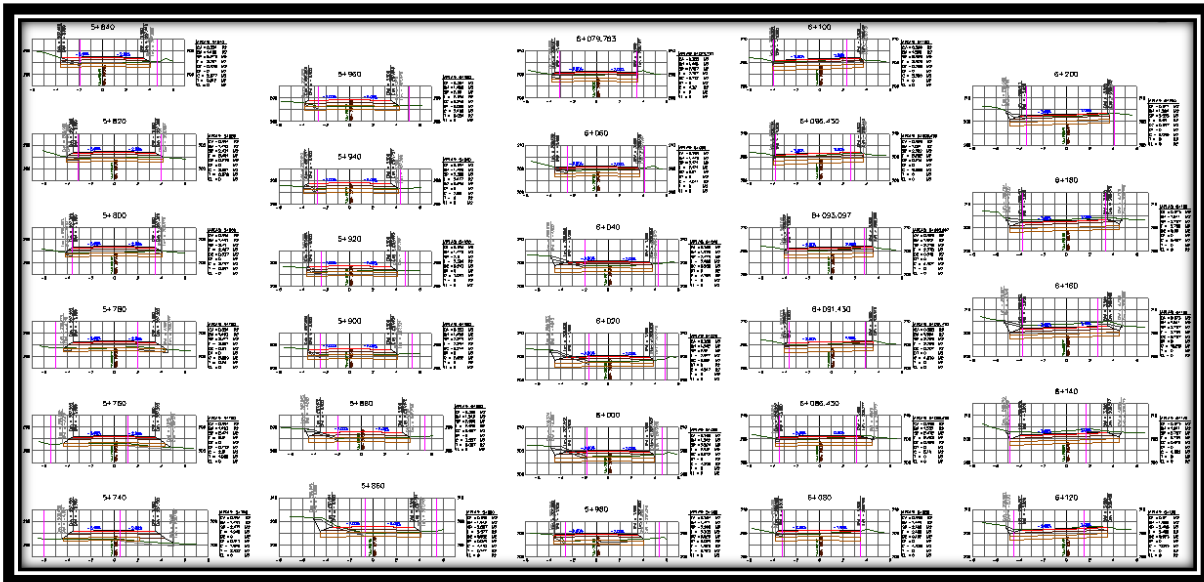


Figura 71.- Secciones de construcción del km 5+740.000 al km 6+200.000.

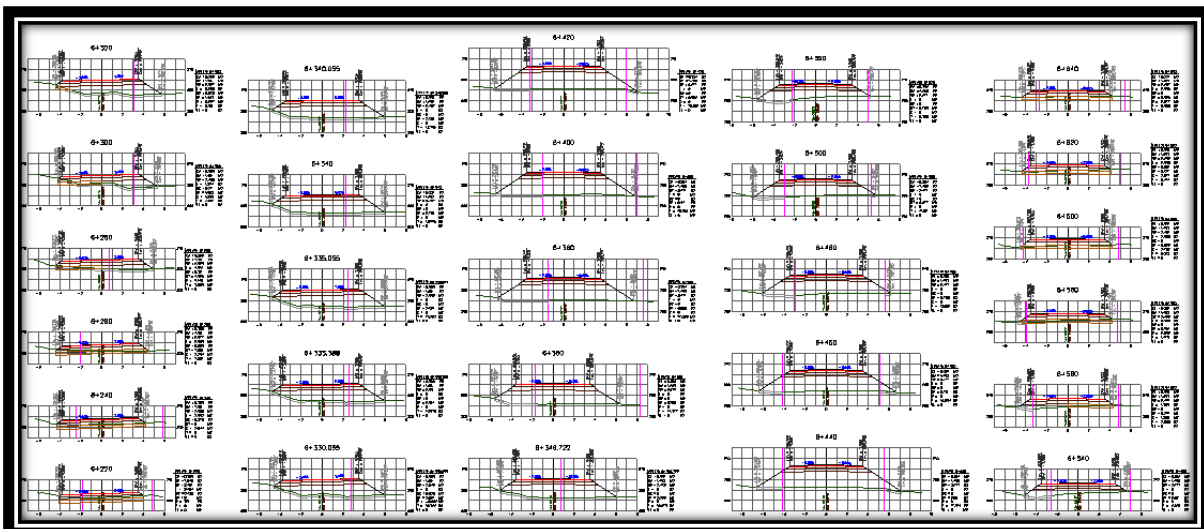


Figura 72.- Secciones de construcción del km 6+220.000 al km 6+640.000.

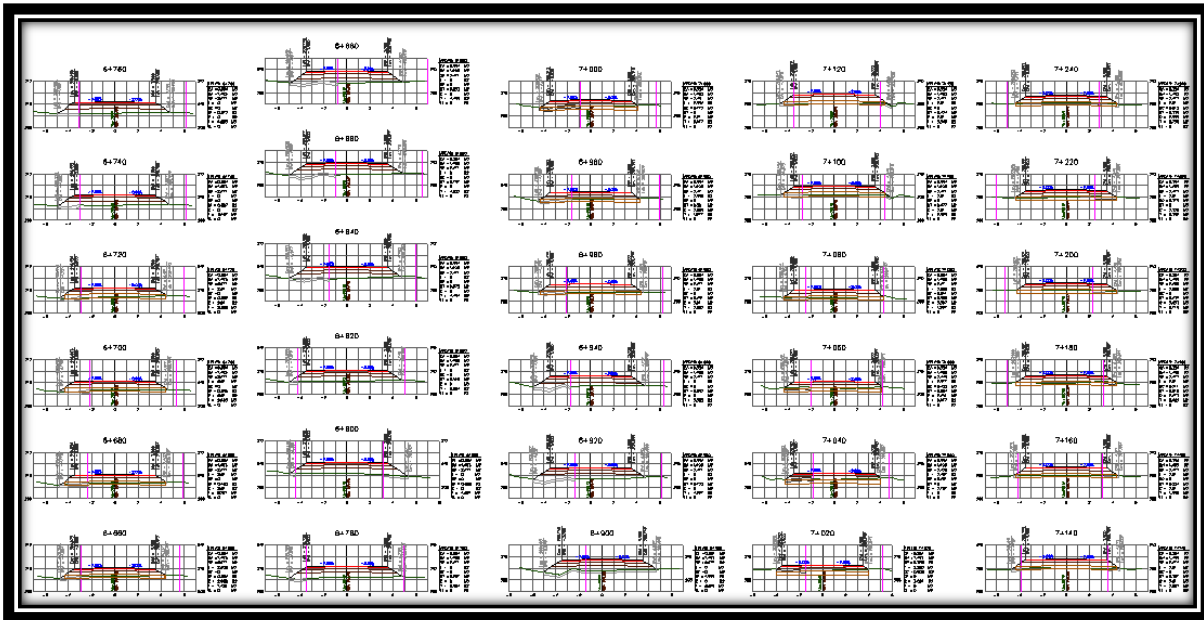


Figura 73.- Secciones de construcción del km 6+660.000 al km 7+240.000.

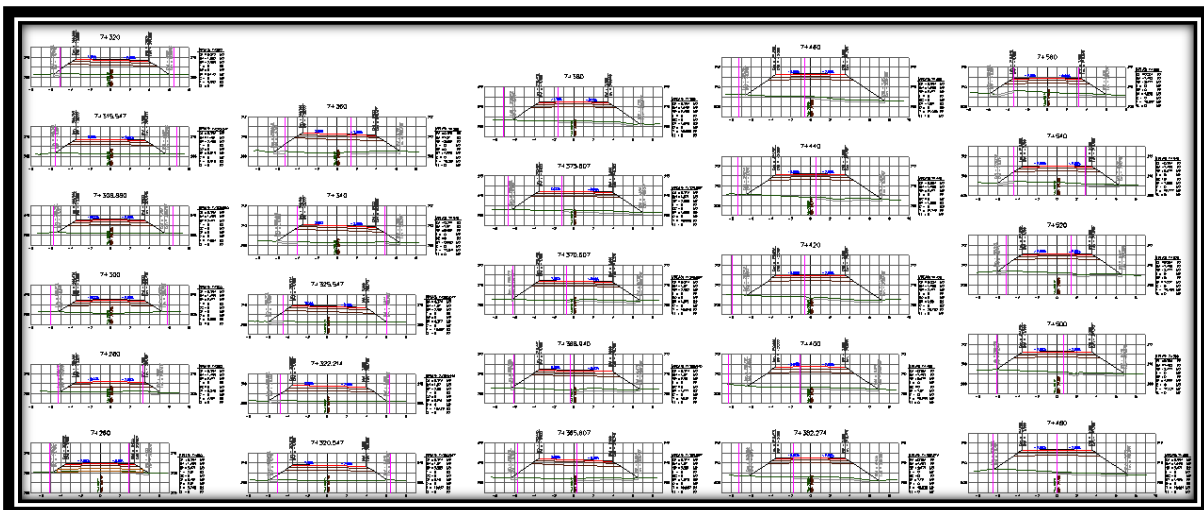


Figura 74.- Secciones de construcción del km 7+260.000 al km 7+560.000.

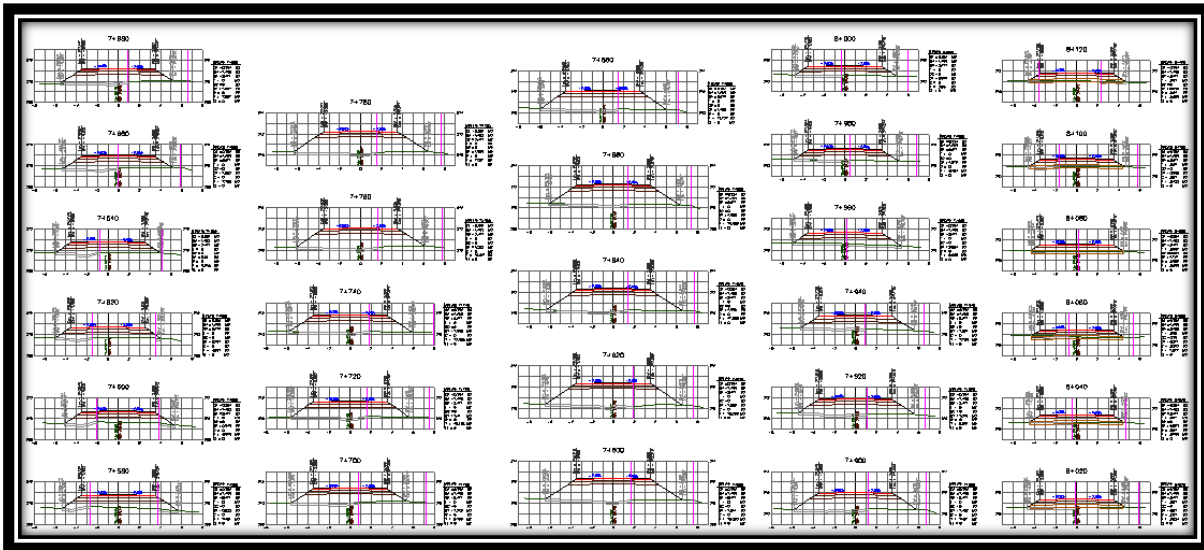


Figura 75.- Secciones de construcción del km 7+580.000 al km 8+120.000.

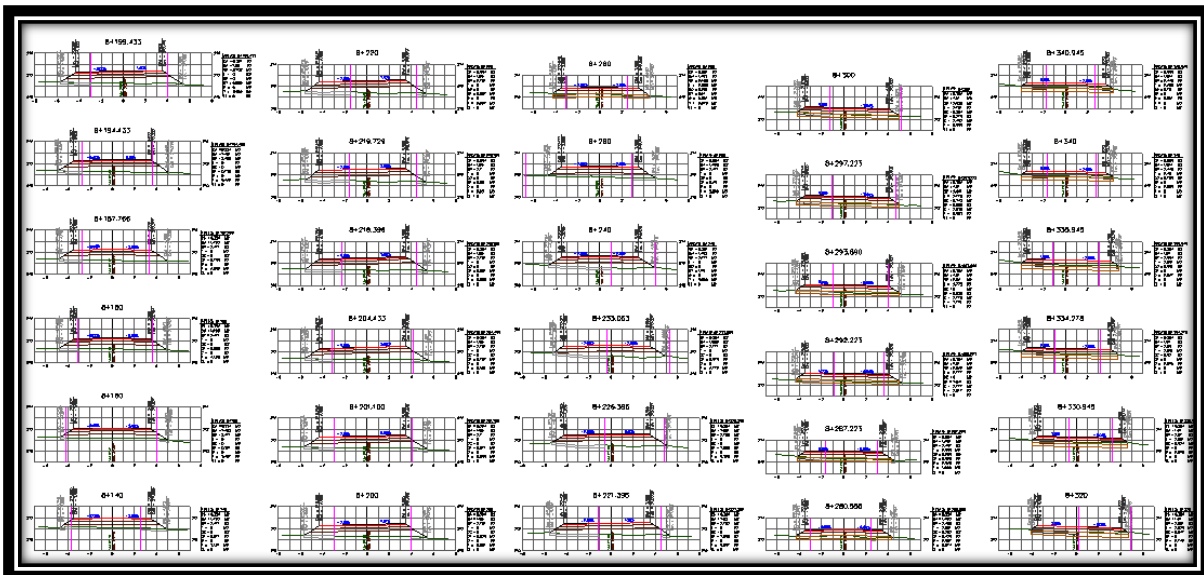


Figura 76.- Secciones de construcción del km 8+140.000 al km 8+340.945.

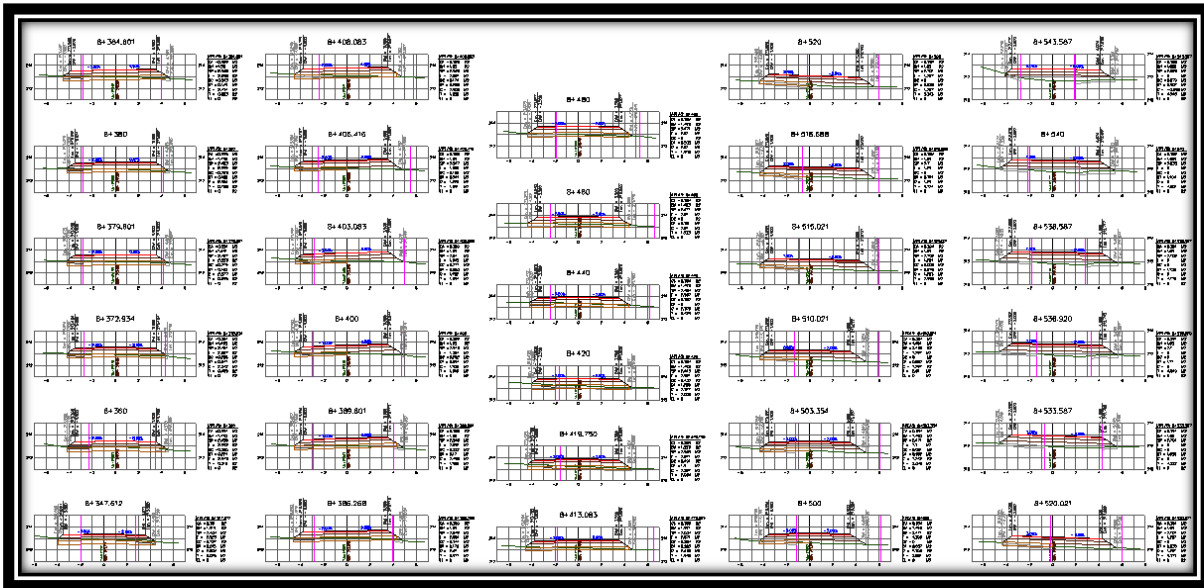


Figura 77.- Secciones de construcción del km 8+347.612 al km 8+543.587.

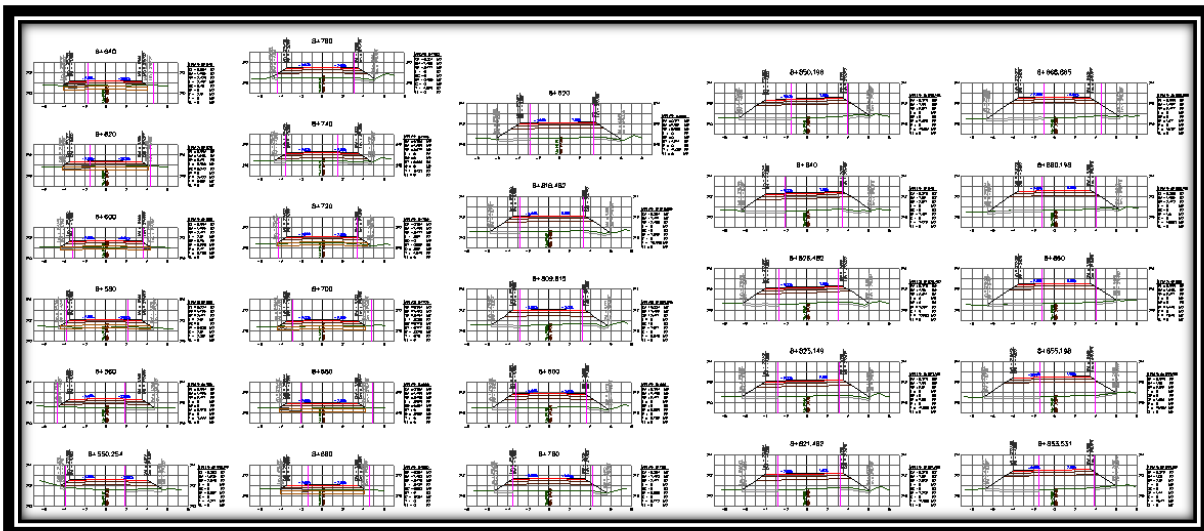


Figura 78.- Secciones de construcción del km 8+550.254 al km 8+866.865.

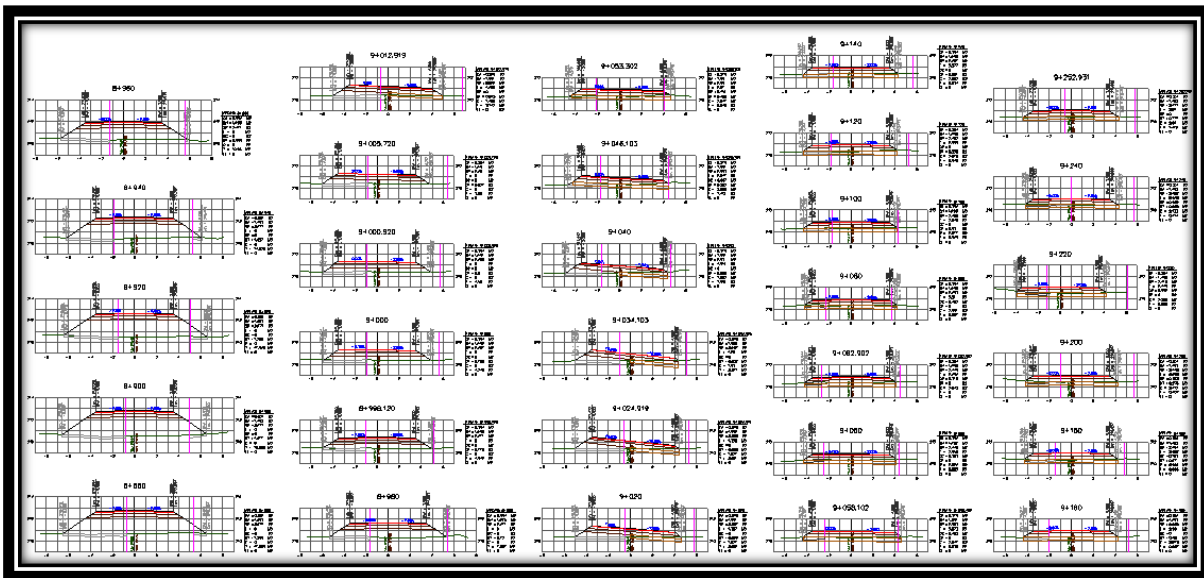


Figura 79.- Secciones de construcción del km 8+880.000 al km 9+252.931.

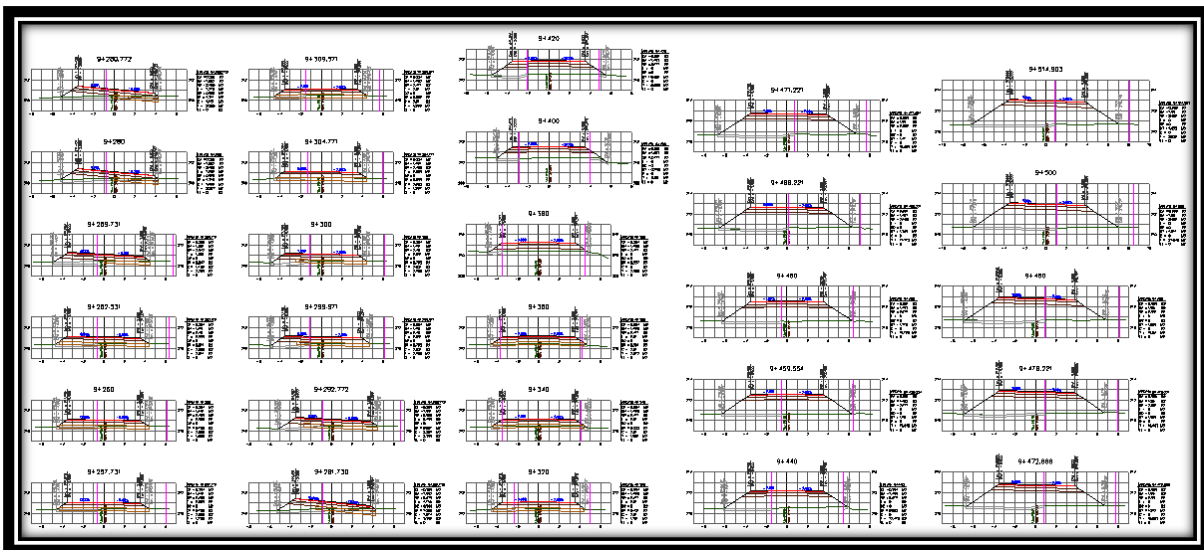


Figura 80.- Secciones de construcción del km 9+257.731 al km 9+514.903.

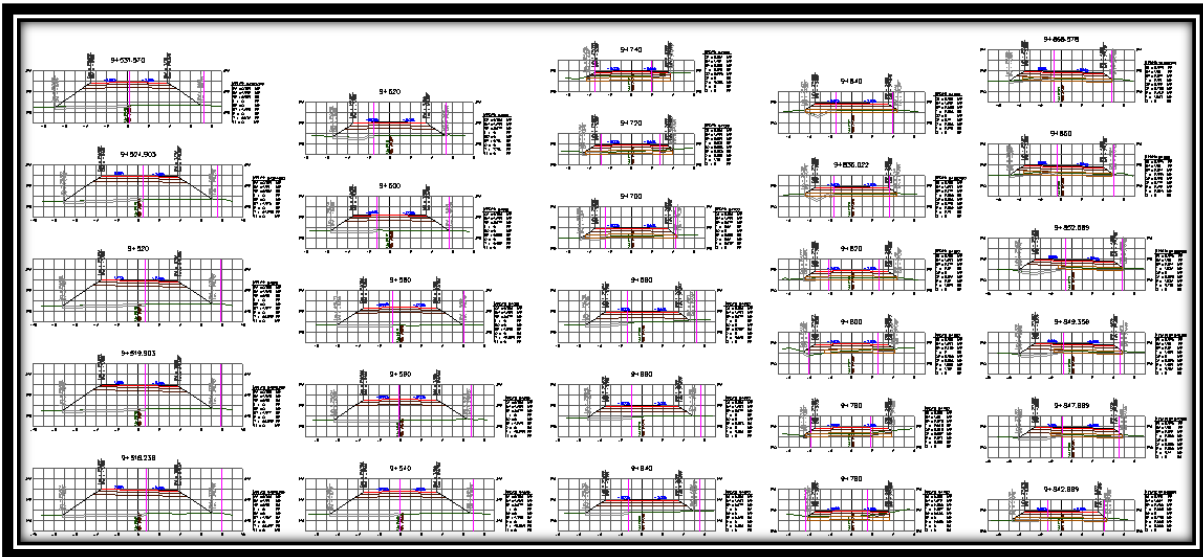


Figura 81.- Secciones de construcción del km 9+518.236 al km 9+868.578.

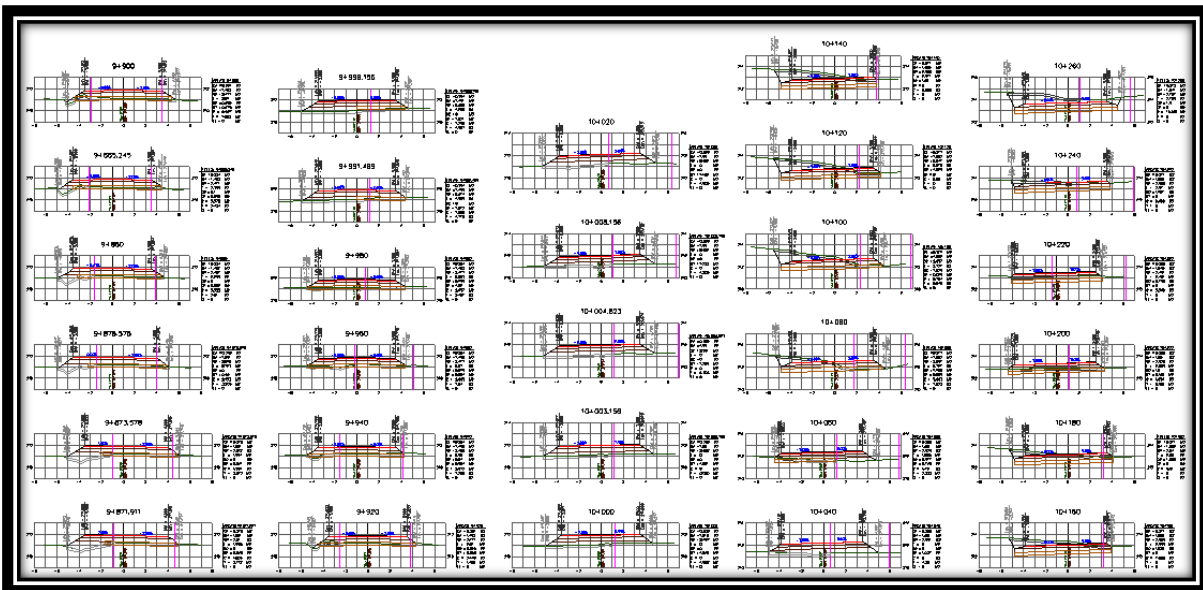


Figura 82.- Secciones de construcción del km 9+871.911 al km 10+260.000.

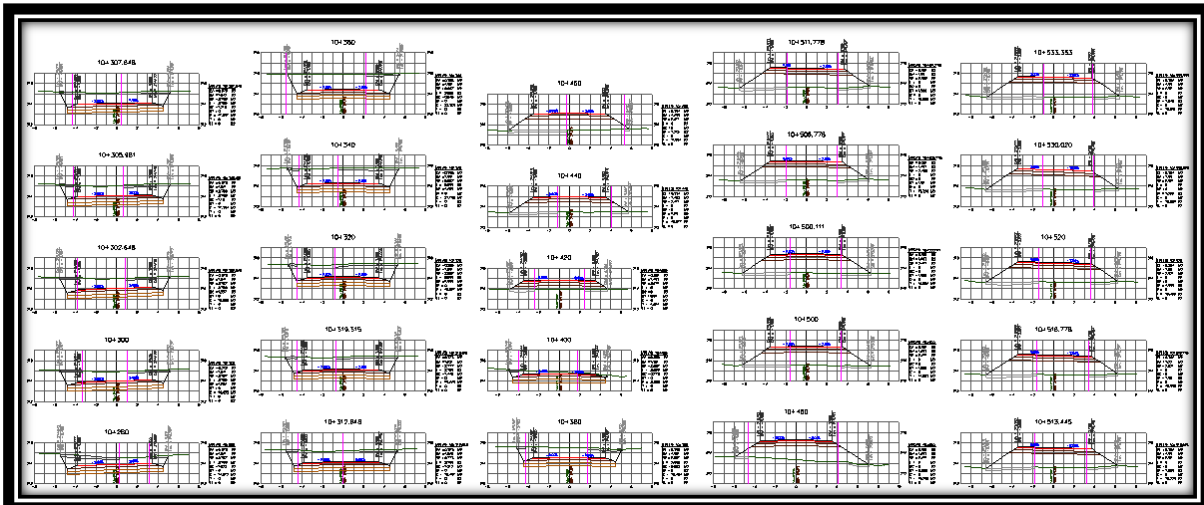


Figura 83.- Secciones de construcción del km 10+280.000 al km 10+533.353.

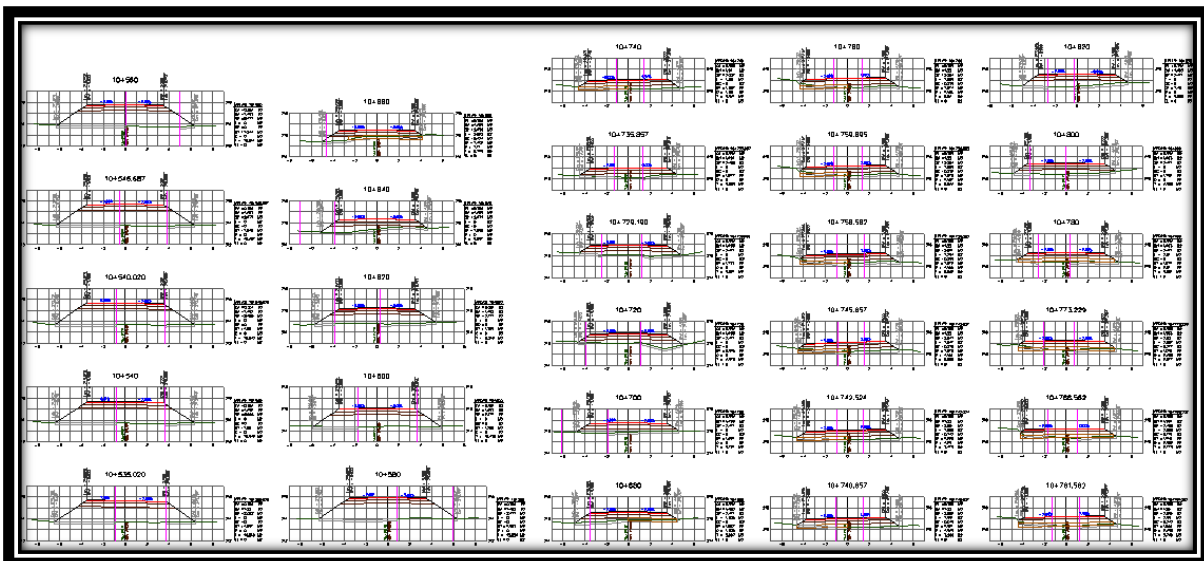


Figura 84.- Secciones de construcción del km 10+535.020 al km 10+820.000.

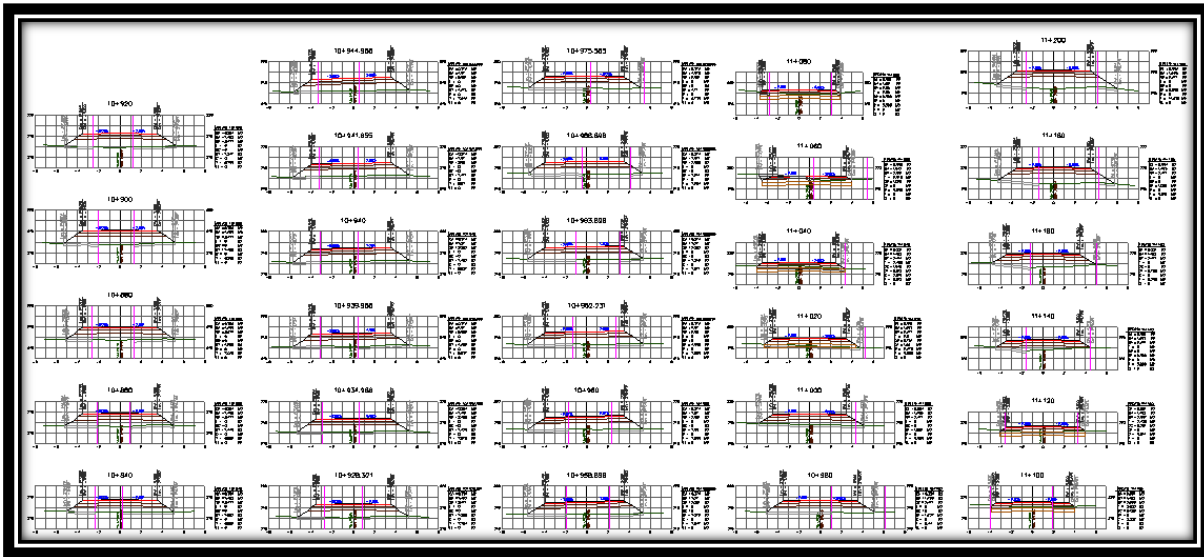


Figura 85.- Secciones de construcción del km 10+840.000 al km 11+200.000.

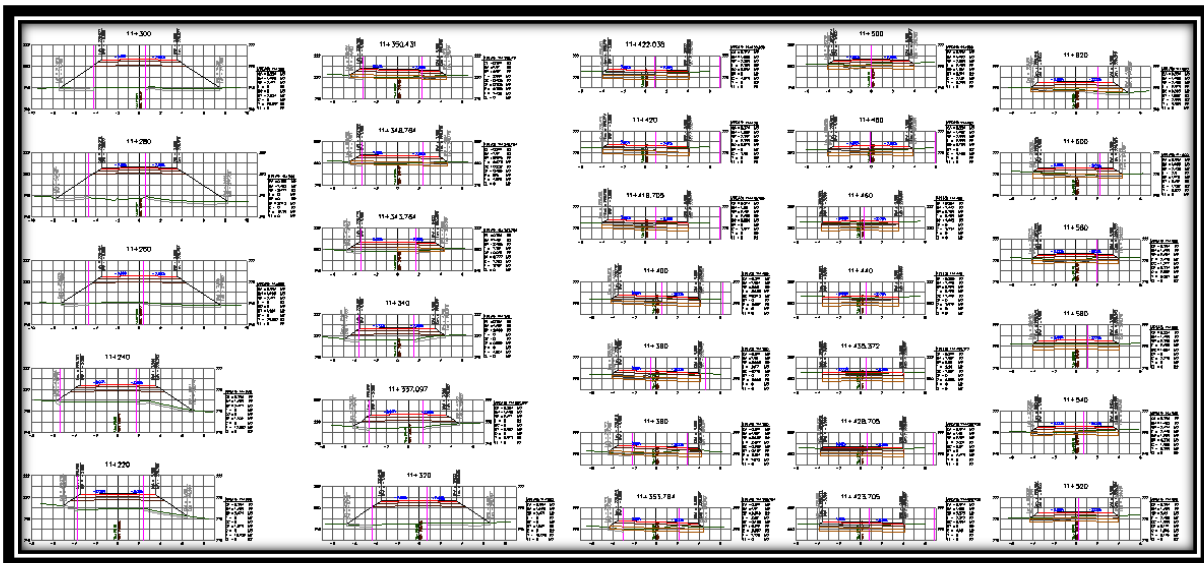


Figura 86.- Secciones de construcción del km 11+220.000 al km 11+620.000.

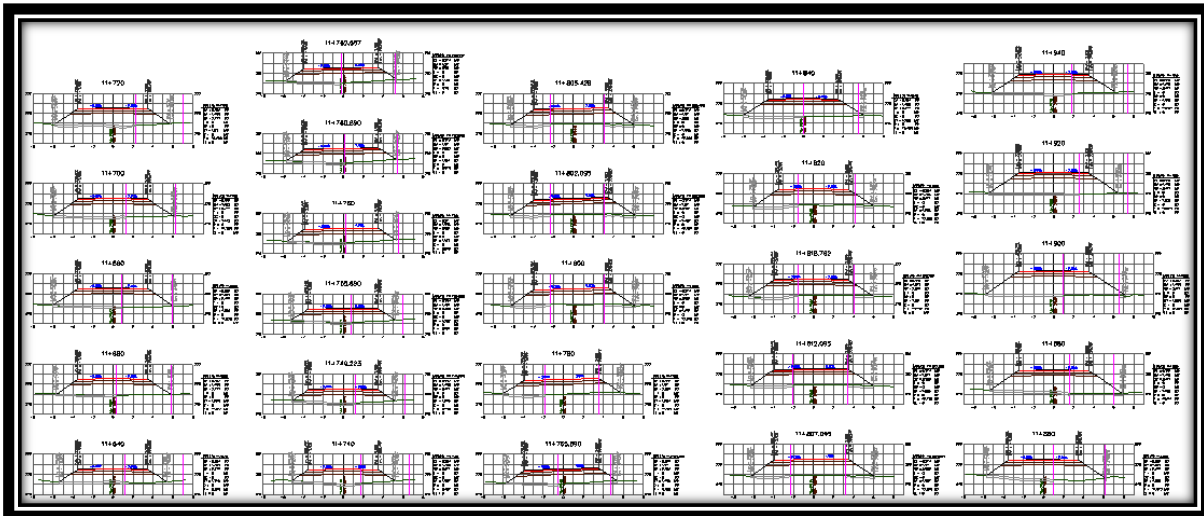


Figura 87.- Secciones de construcción del km 11+640.000 al km 11+940.000.

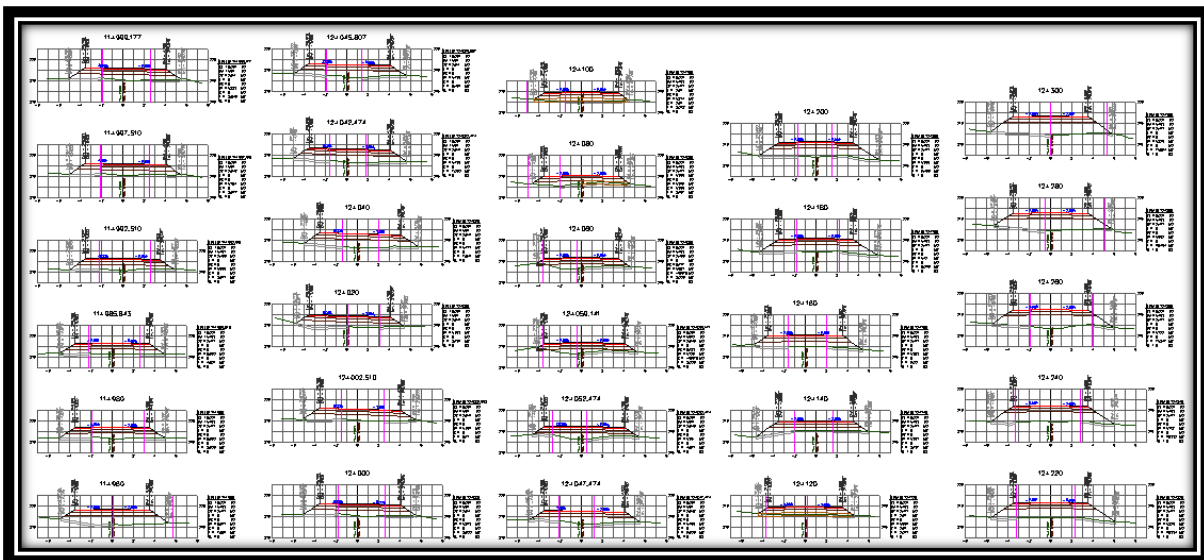


Figura 88.- Secciones de construcción del km 11+960.000 al km 12+300.000.

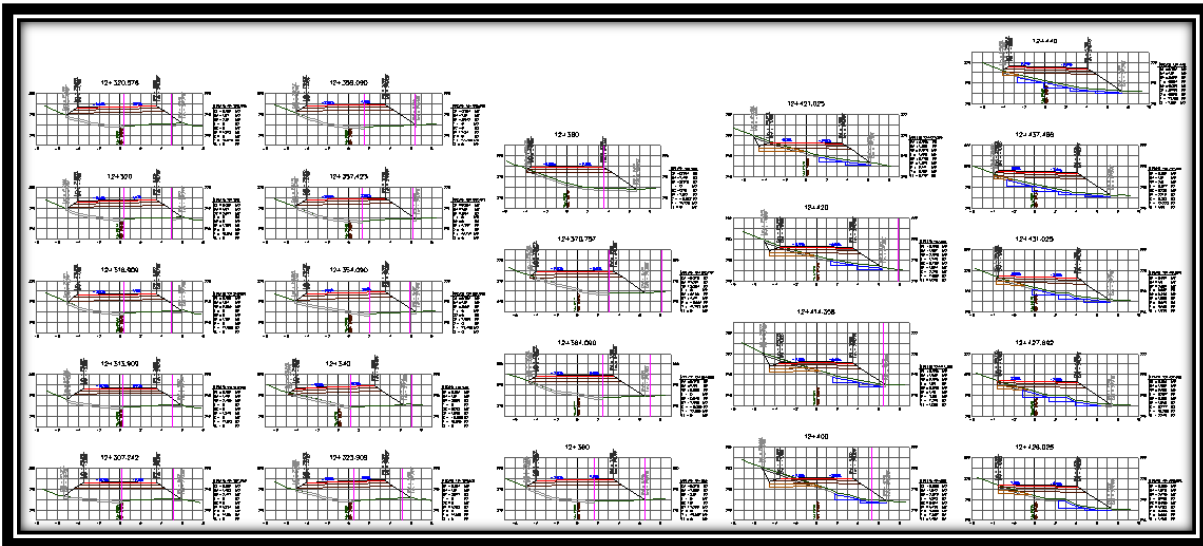


Figura 89.- Secciones de construcción del km 12+307.242 al km 12+440.000.

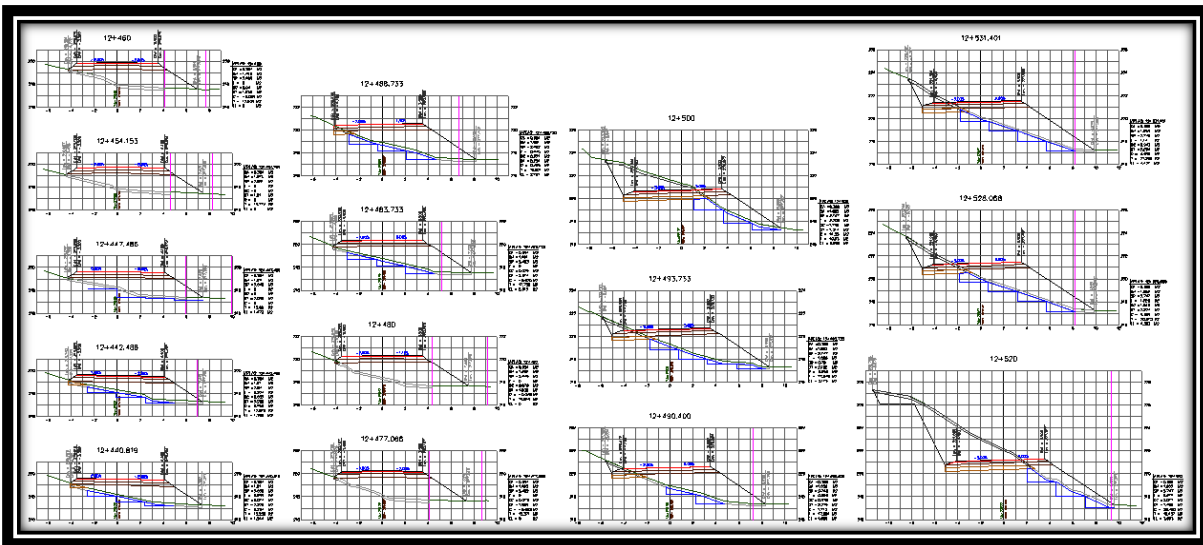


Figura 90.- Secciones de construcción del km 12+440.819 al km 12+531.401.

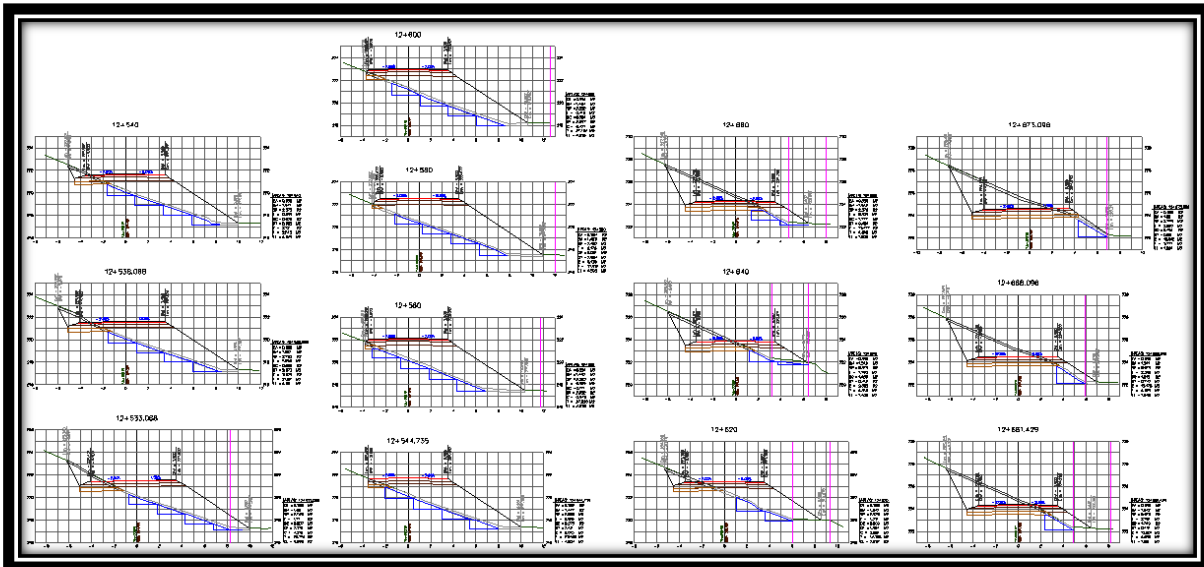


Figura 91.- Secciones de construcción del km 12+533.068 al km 12+673.096.

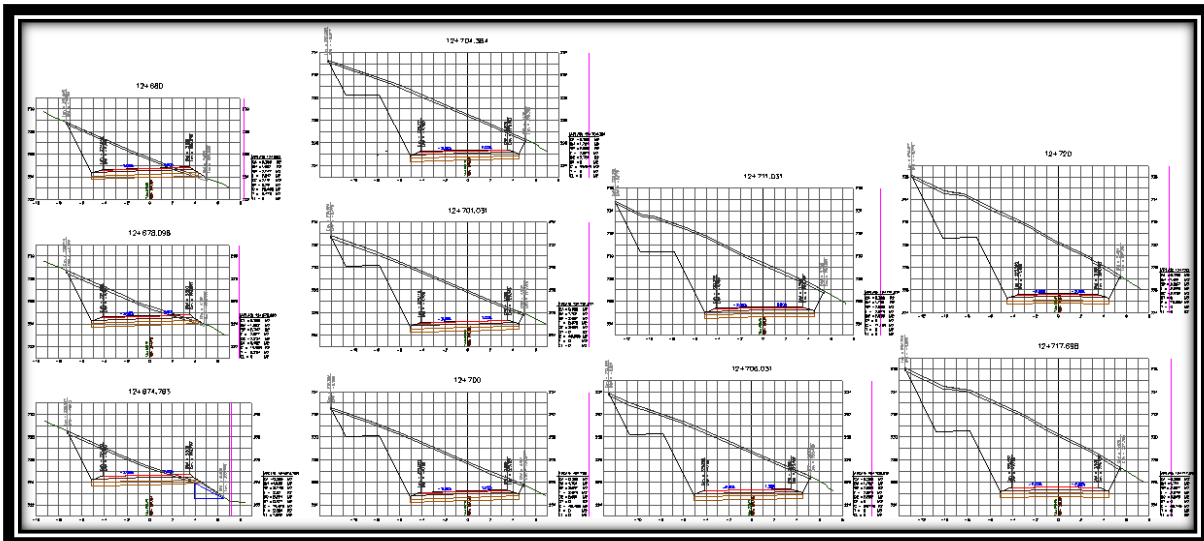


Figura 92.- Secciones de construcción del km 12+674.763 al km 12+720.000.

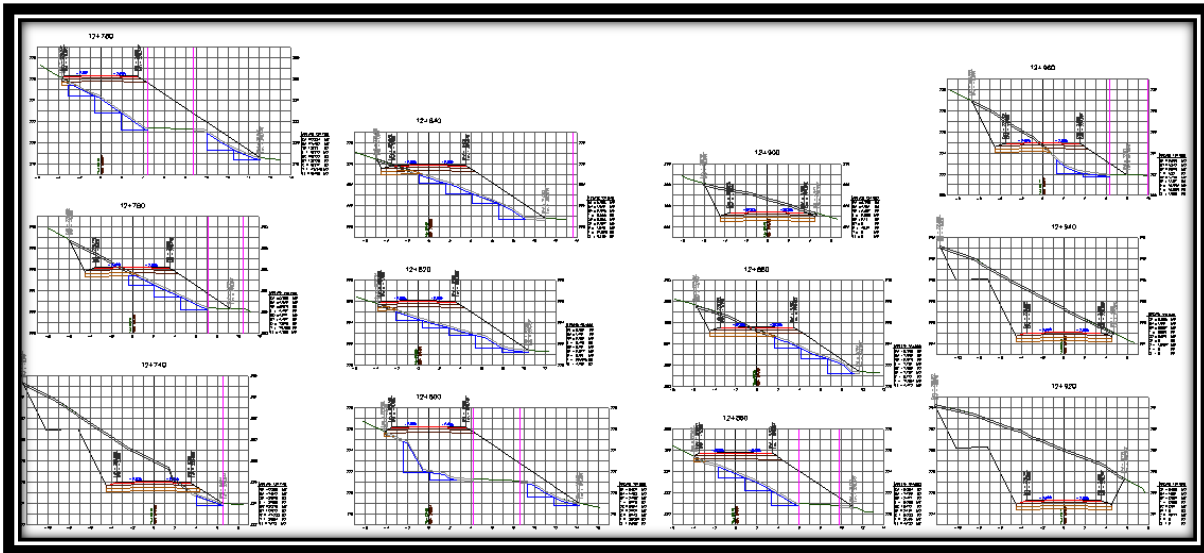


Figura 93.- Secciones de construcción del km 12+740.000 al km 12+960.000.

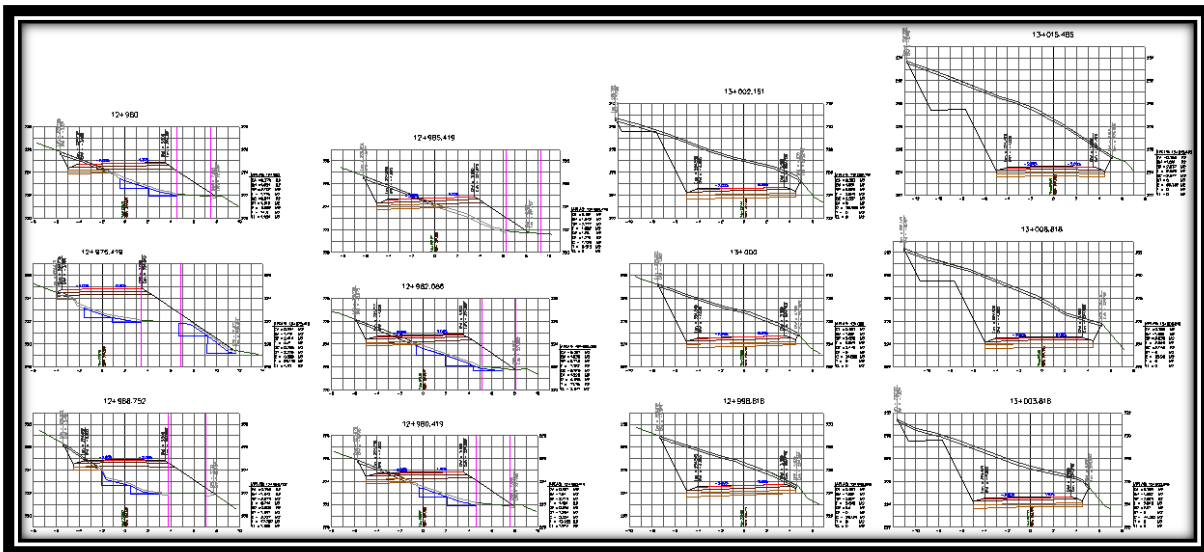


Figura 94.- Secciones de construcción del km 12+968.752 al km 13+015.485.

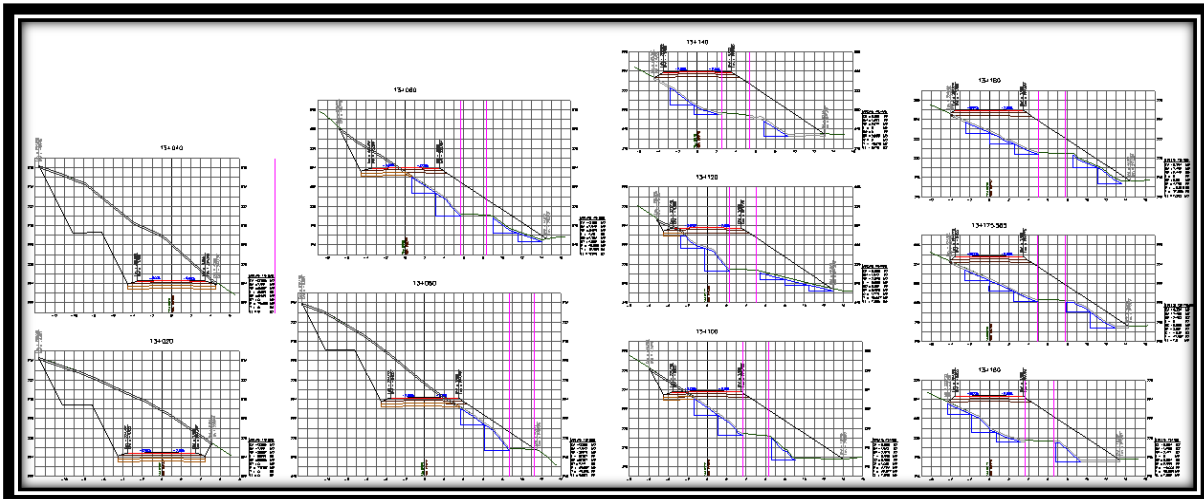


Figura 95.- Secciones de construcción del km 13+020.000 al km 13+180.000.

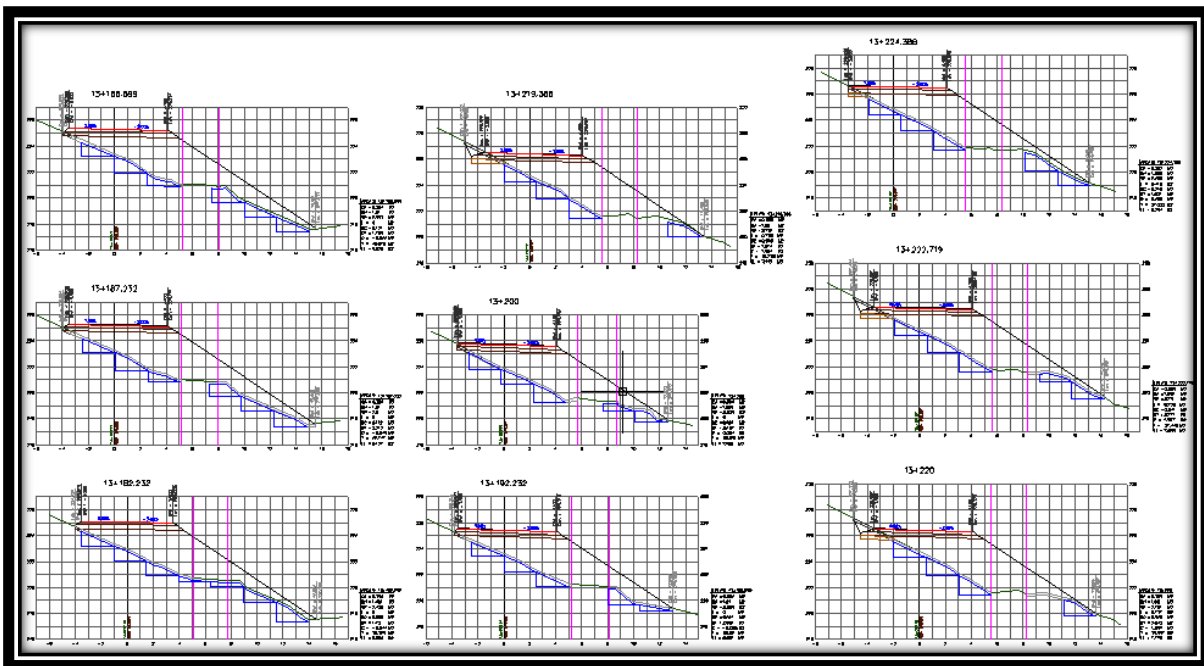


Figura 96.- Secciones de construcción del km 13+182.232 al km 13+224.386.

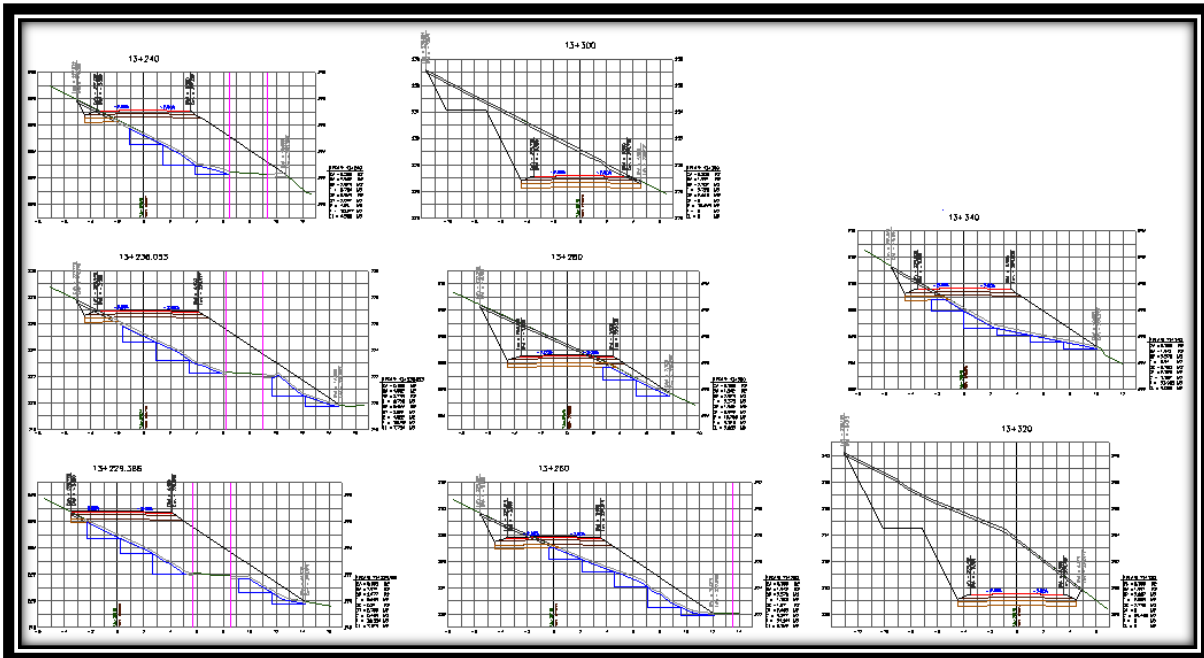


Figura 97.- Secciones de construcción del km 13+229.386 al km 13+340.000.

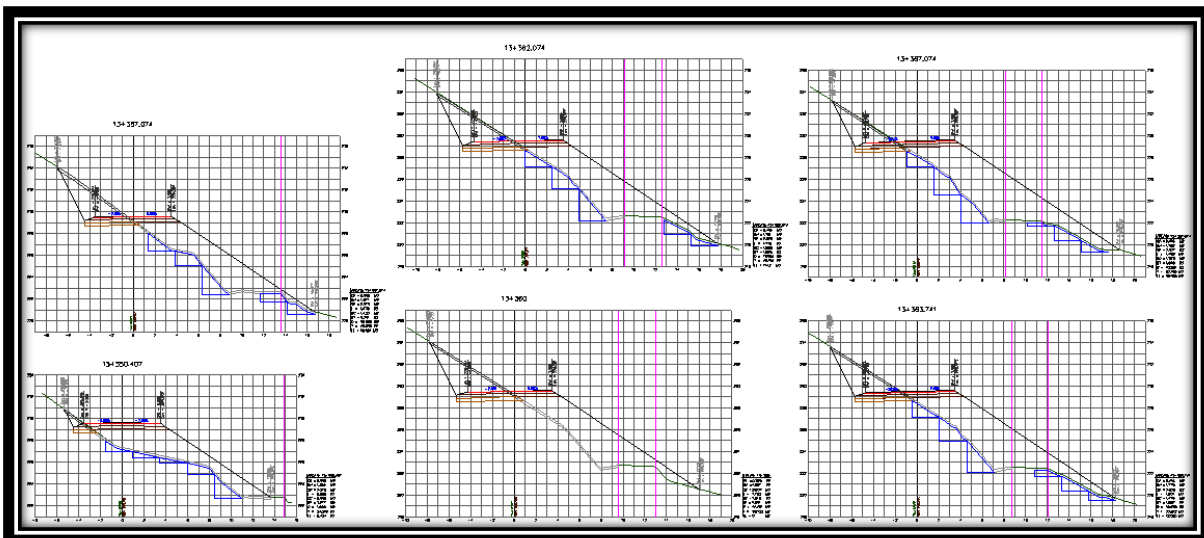


Figura 98.- Secciones de construcción del km 13+350.407 al km 13+367.074.

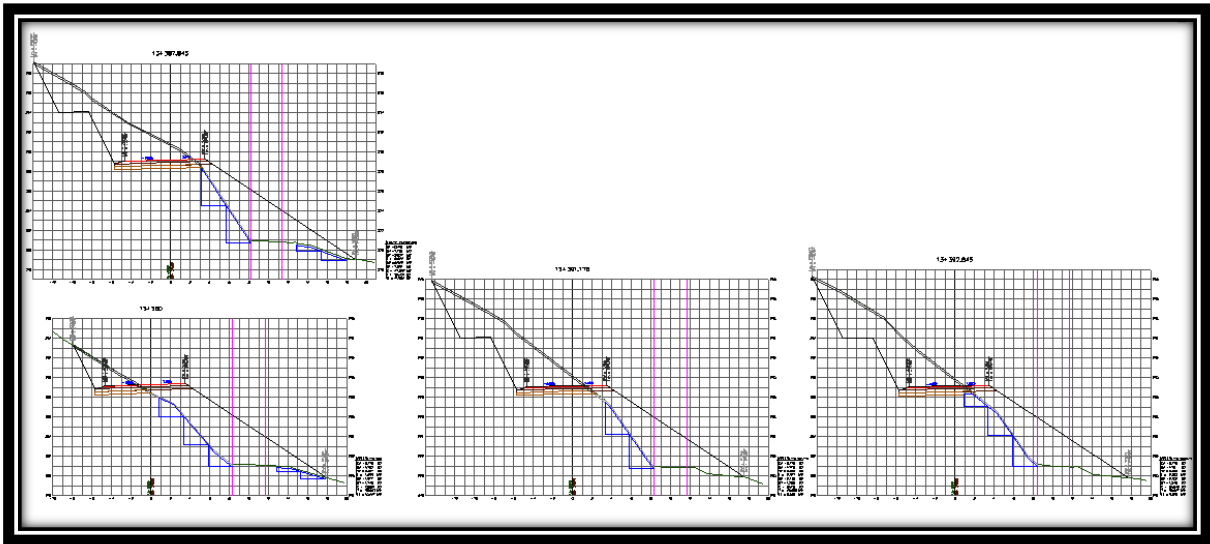


Figura 99.- Secciones de construcción del km 13+380.000 al km 13+392.845.

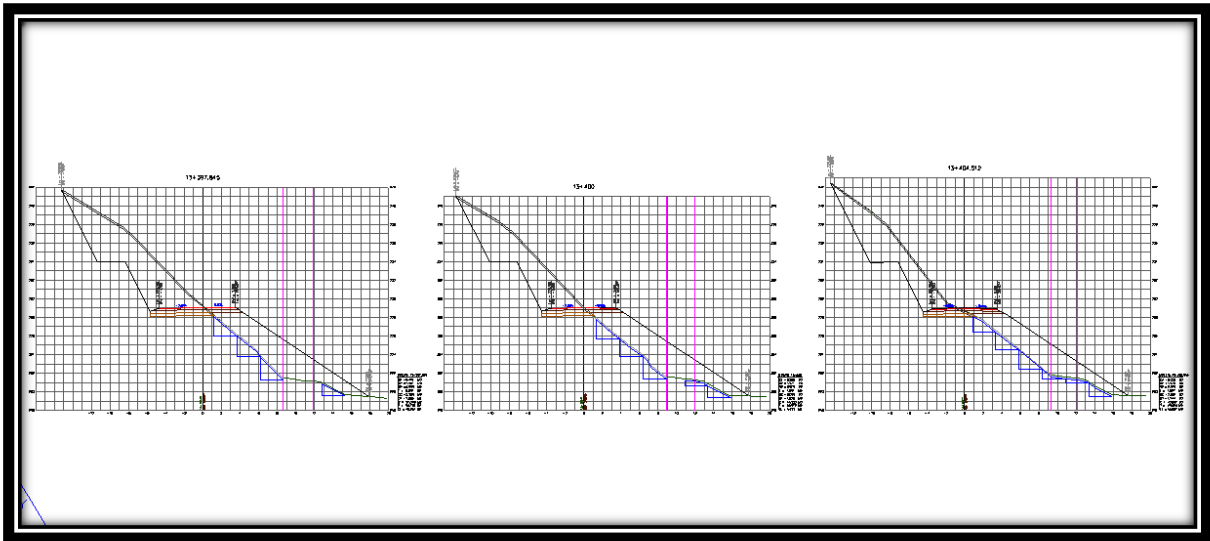


Figura 100.- Secciones de construcción del km 13+397.845 al km 13+404.512.

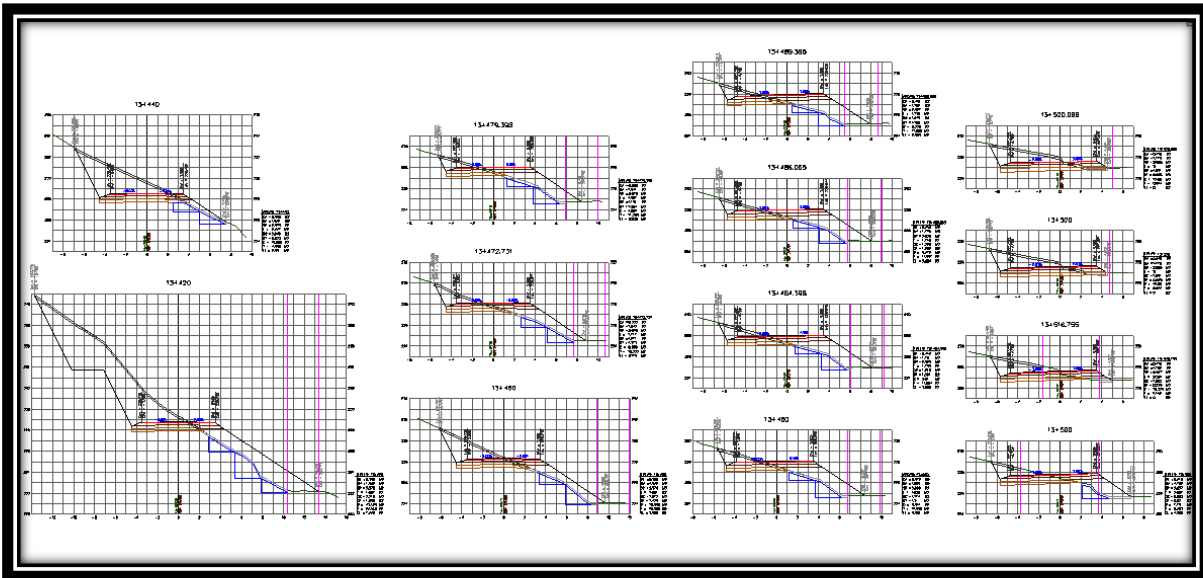


Figura 101.- Secciones de construcción del km 13+420.000 al km 13+520.088.

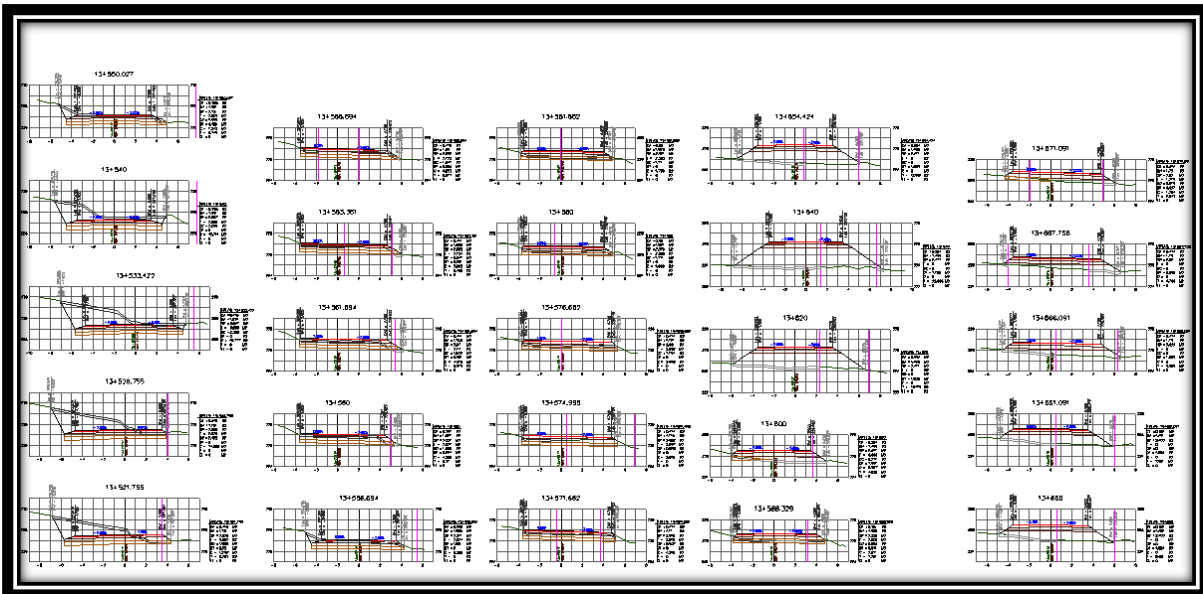


Figura 102.- Secciones de construcción del km 13+521.755 al km 13+671.091.

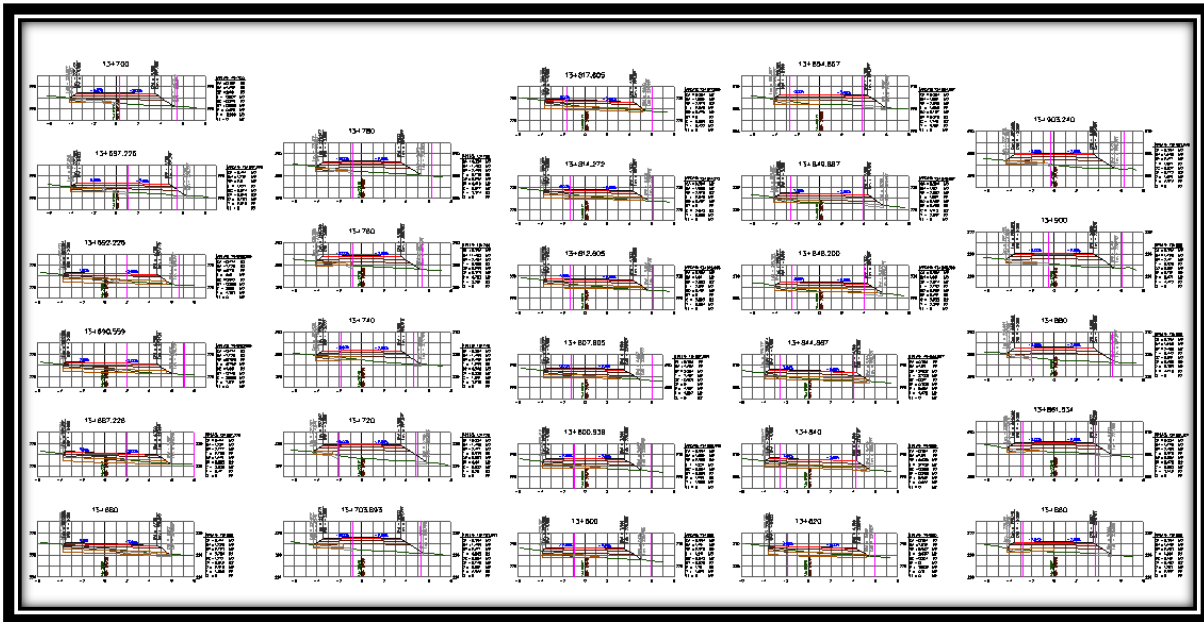


Figura 103.- Secciones de construcción del km 13+680.000 al km 13+903.240.

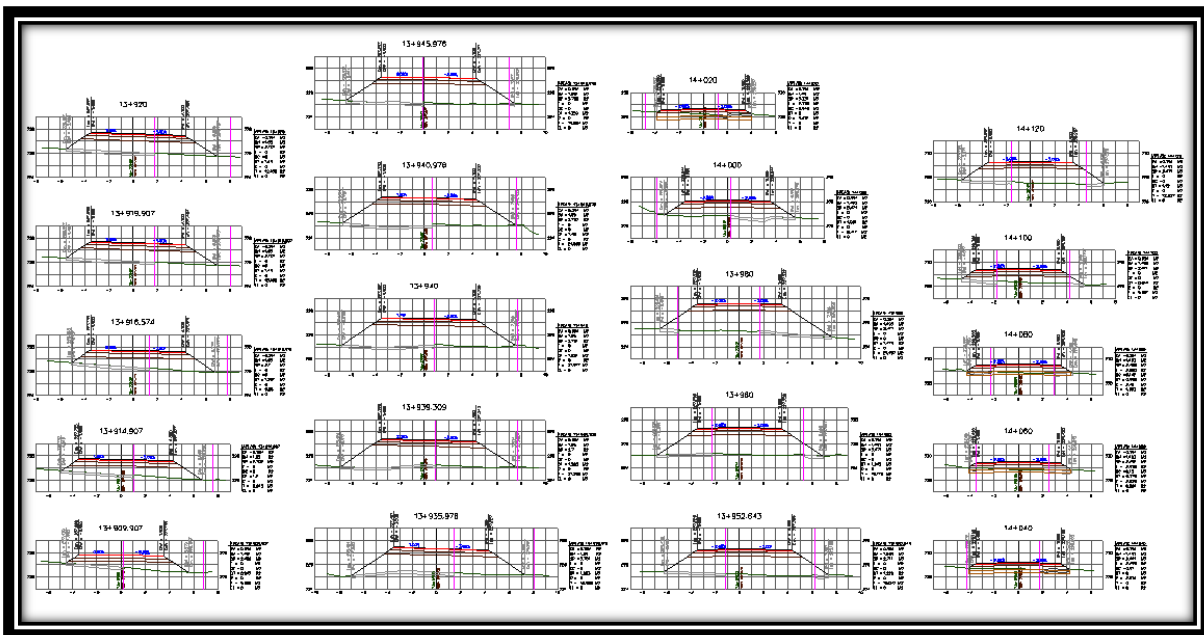


Figura 104.- Secciones de construcción del km 13+909.907 al km 14+120.000.

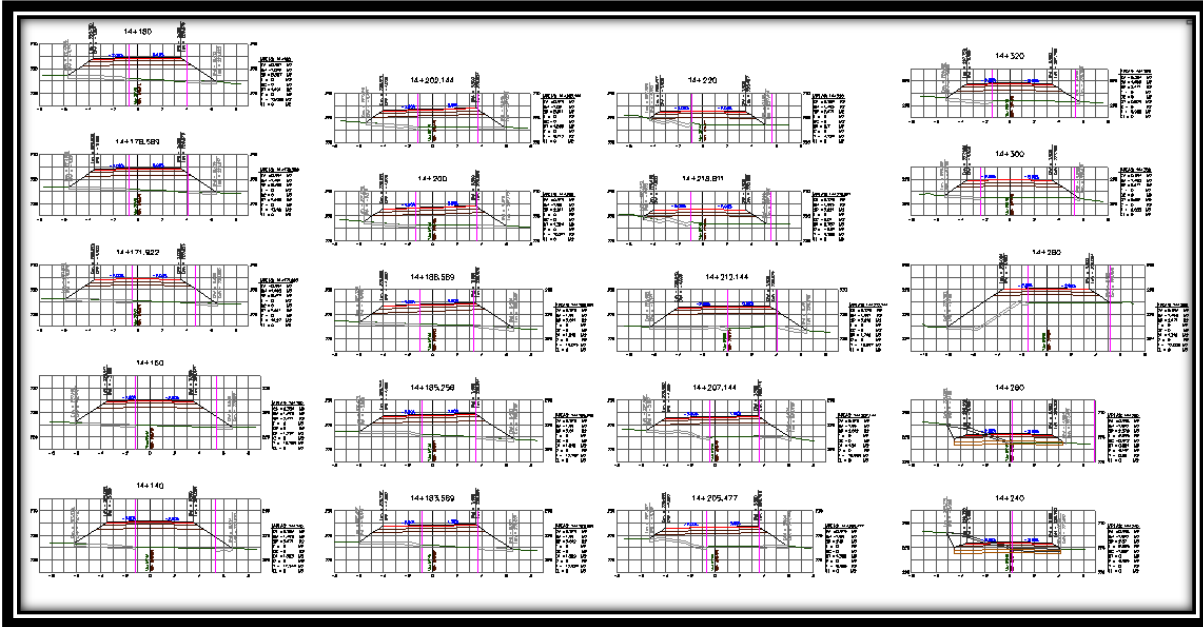


Figura 105.- Secciones de construcción del km 14+140.000 al km 14+320.000.

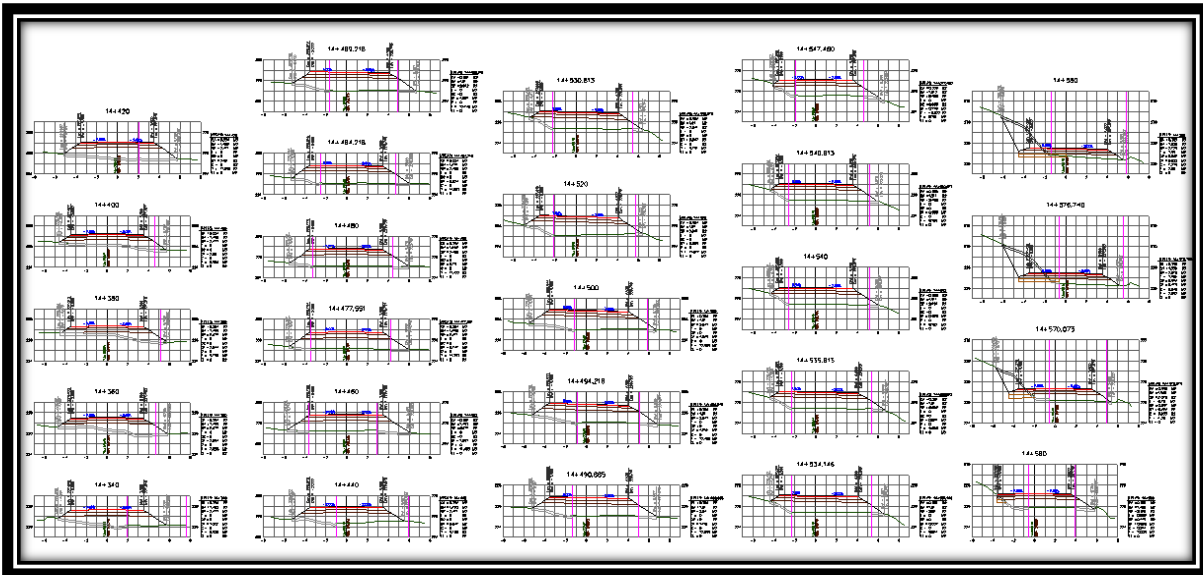


Figura 106.- Secciones de construcción del km 14+340.000 al km 14+580.000.

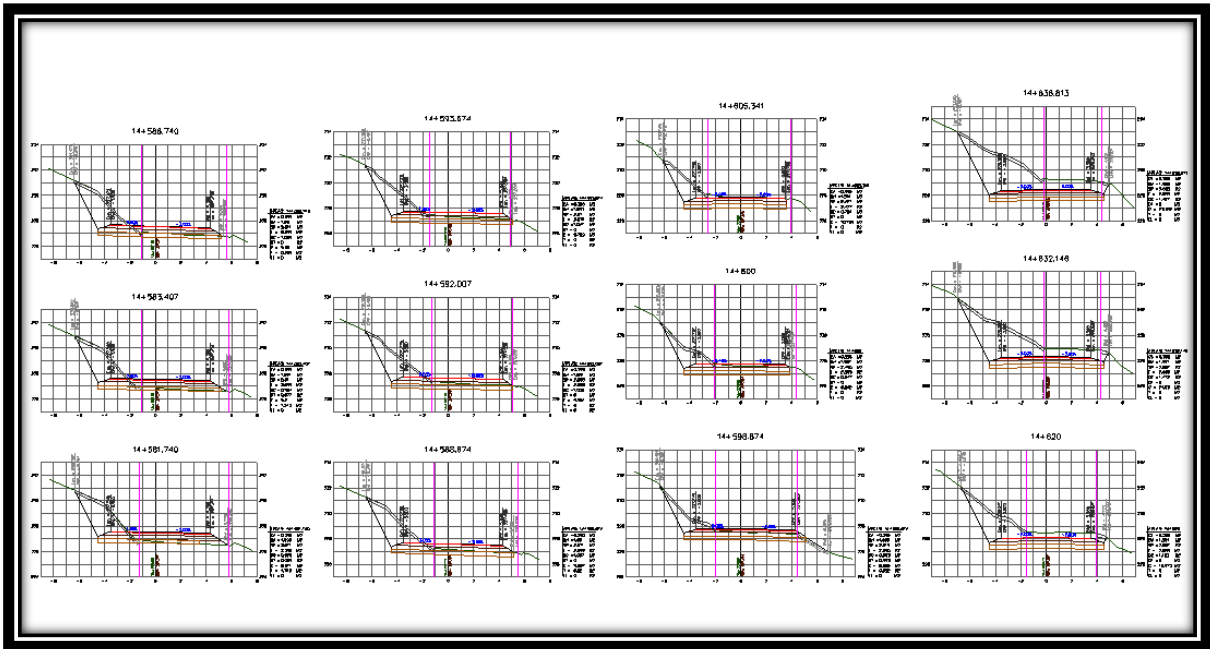


Figura 107.- Secciones de construcción del km 14+581.740 al km 14+613.813.

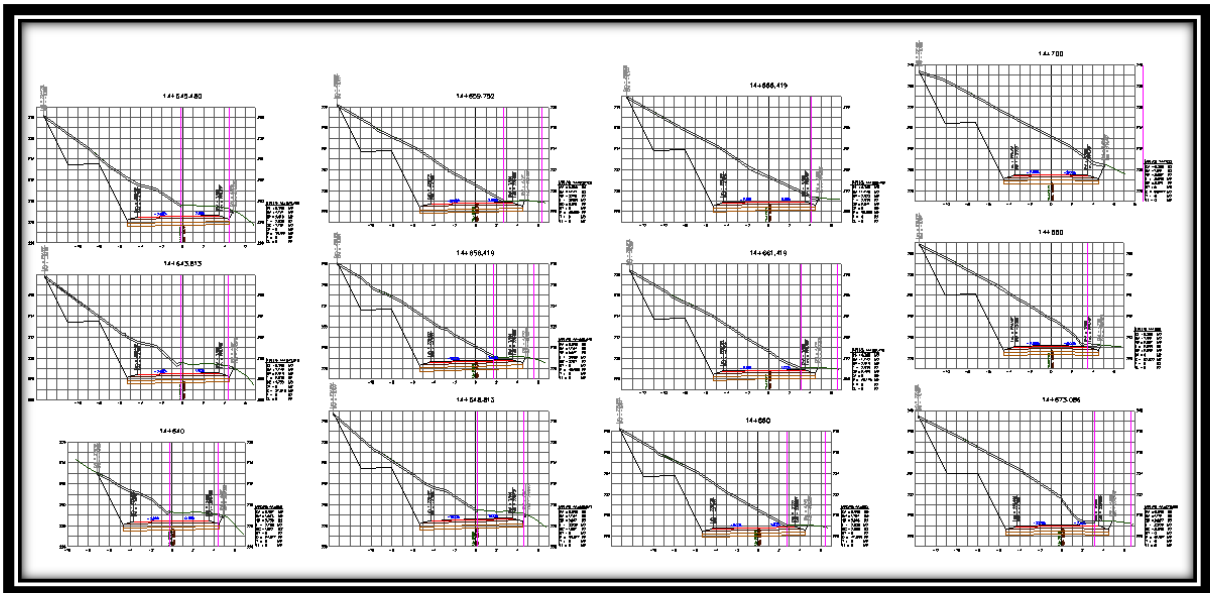


Figura 108.- Secciones de construcción del km 14+640.000 al km 14+700.000.

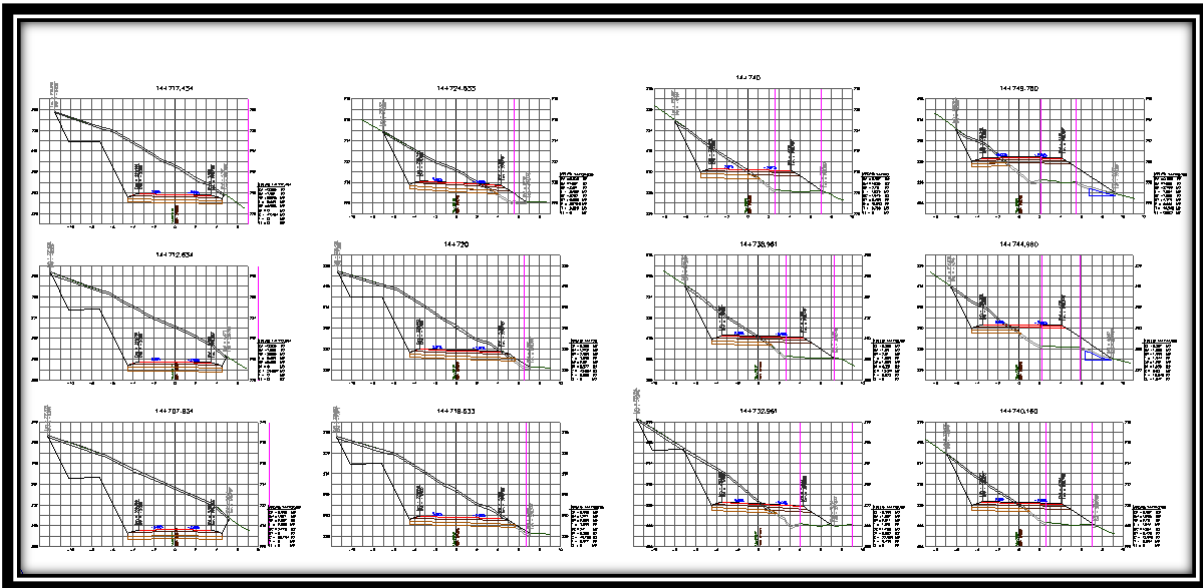


Figura 109.- Secciones de construcción del km 14+707.834 al km 14+749.760.

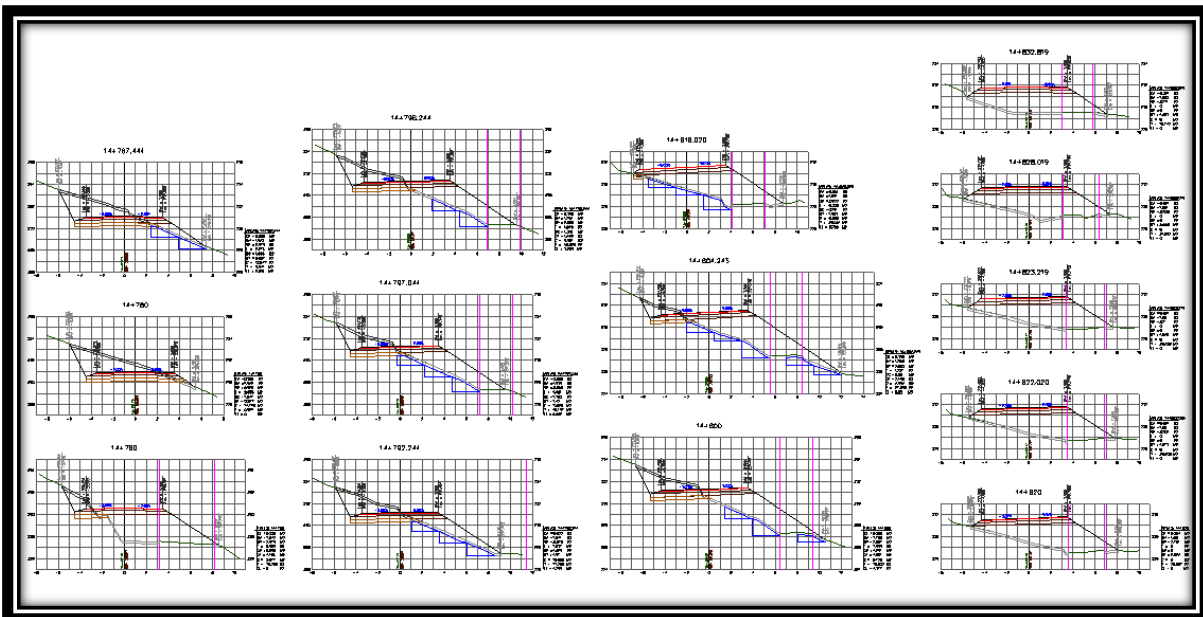


Figura 110.- Secciones de construcción del km 14+760.000 al km 14+832.819.

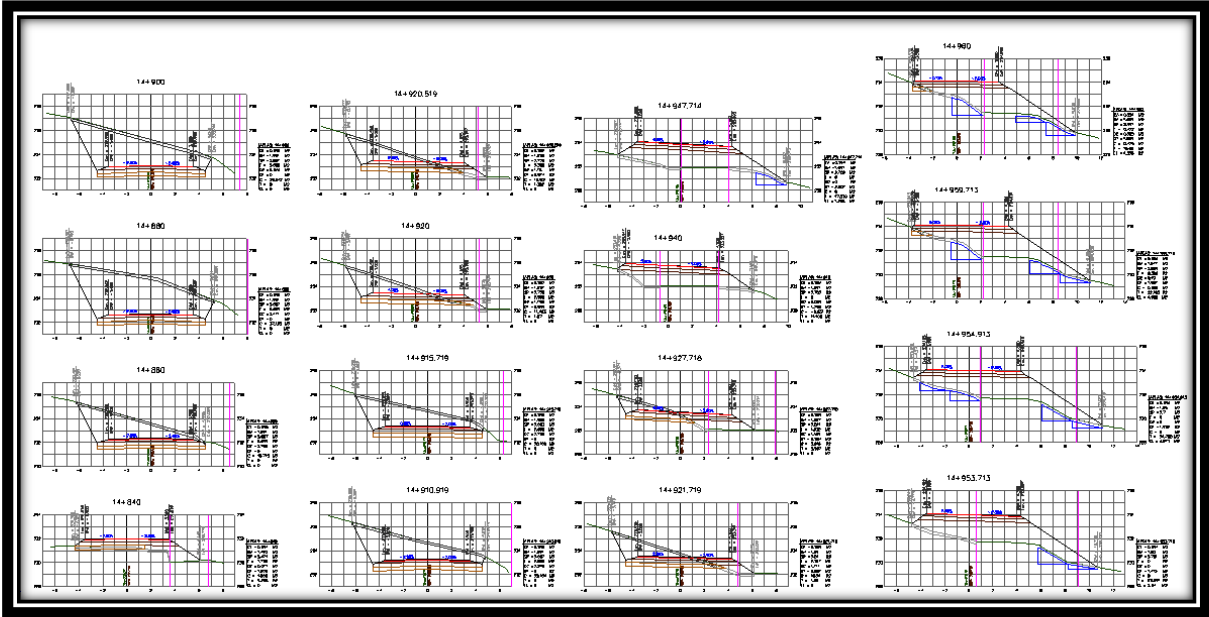


Figura 111.- Secciones de construcción del km 14+840.000 al km 14+960.000.

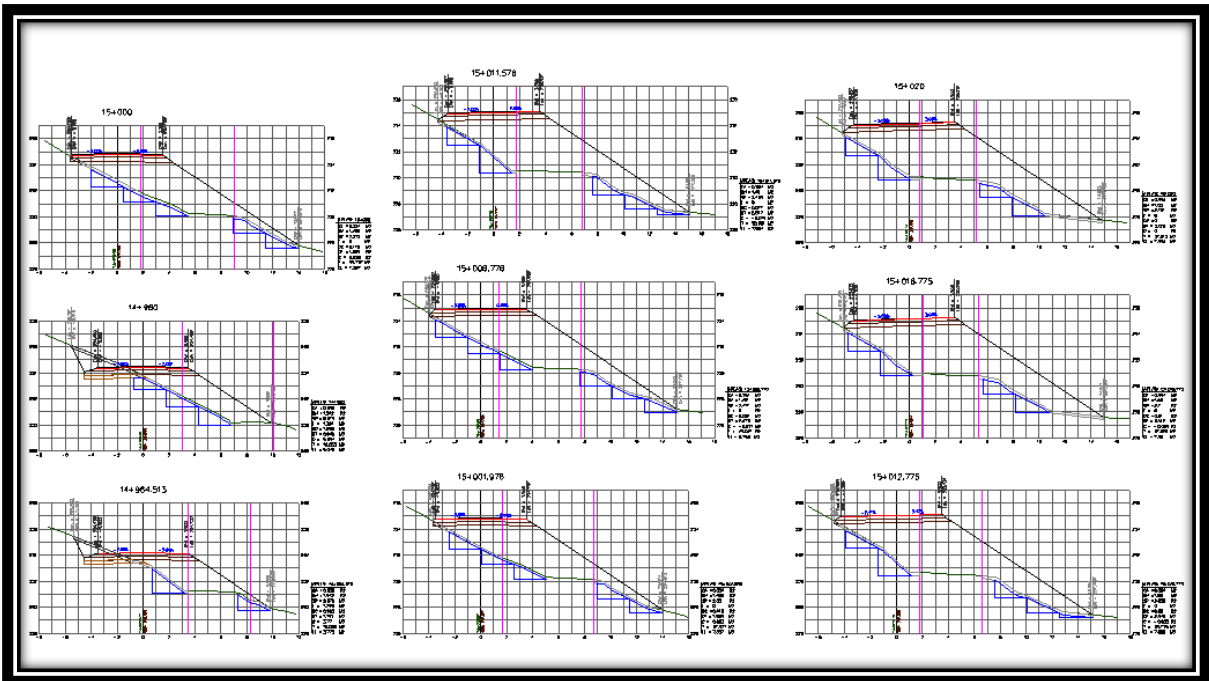


Figura 112.- Secciones de construcción del km 14+964.513 al km 15+020.000.

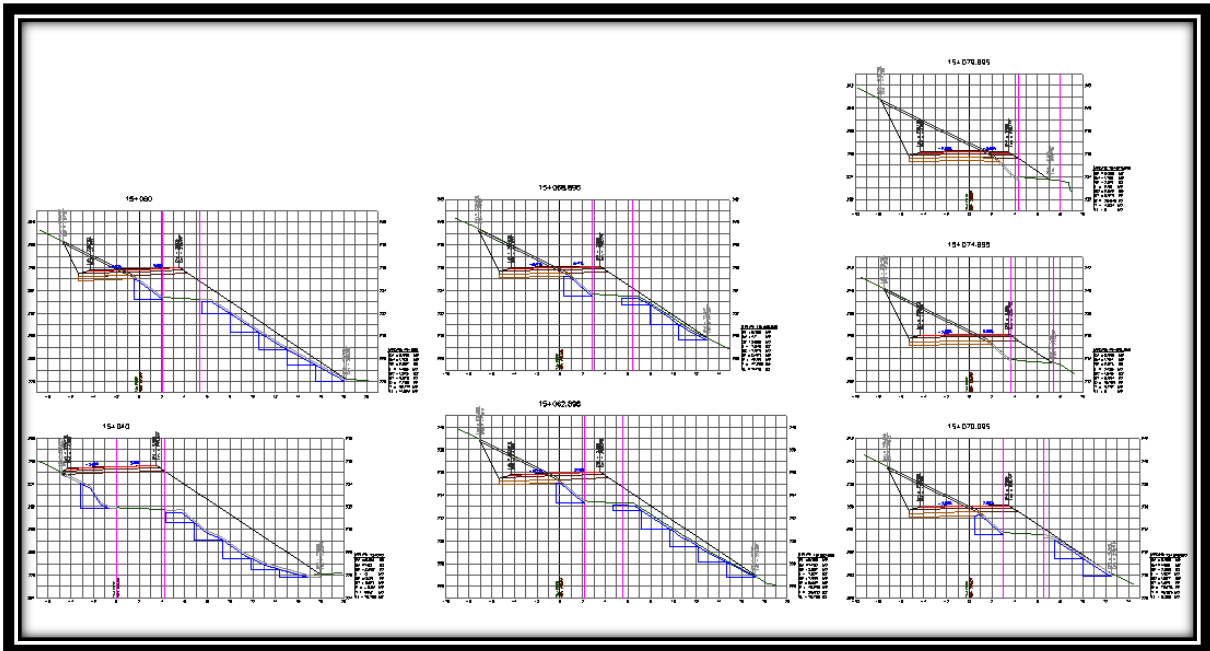


Figura 113.- Secciones de construcción del km 15+040.000 al km 15+079.695.

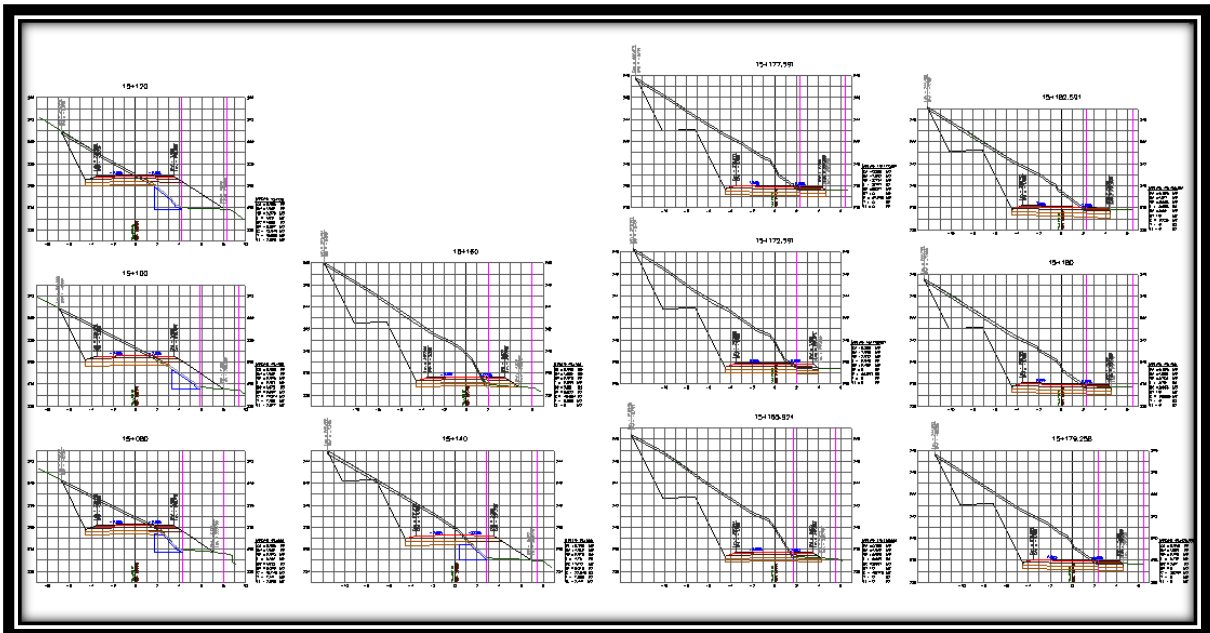


Figura 114.- Secciones de construcción del km 15+080.000 al km 15+182.591.

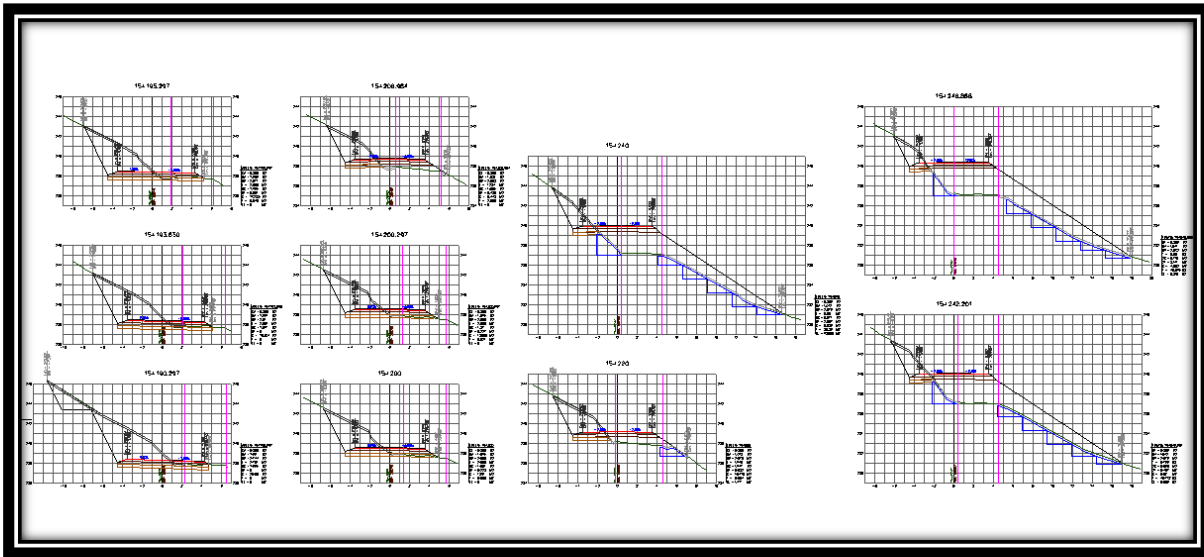


Figura 115.- Secciones de construcción del km 15+190.297 al km 15+248.868.

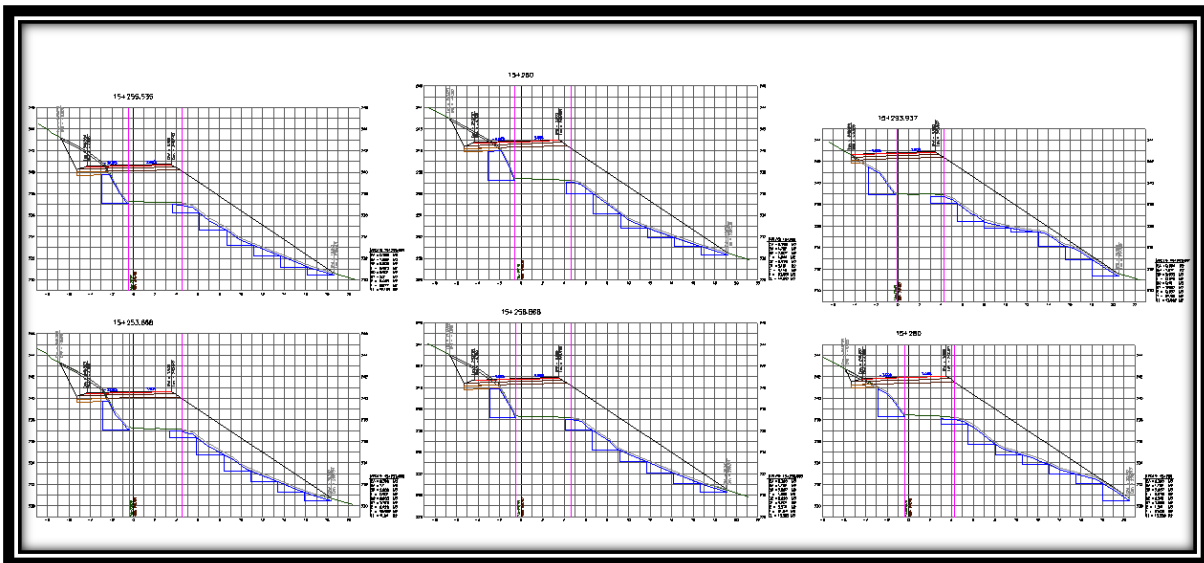


Figura 116.- Secciones de construcción del km 15+253.868 al km 15+293.937.

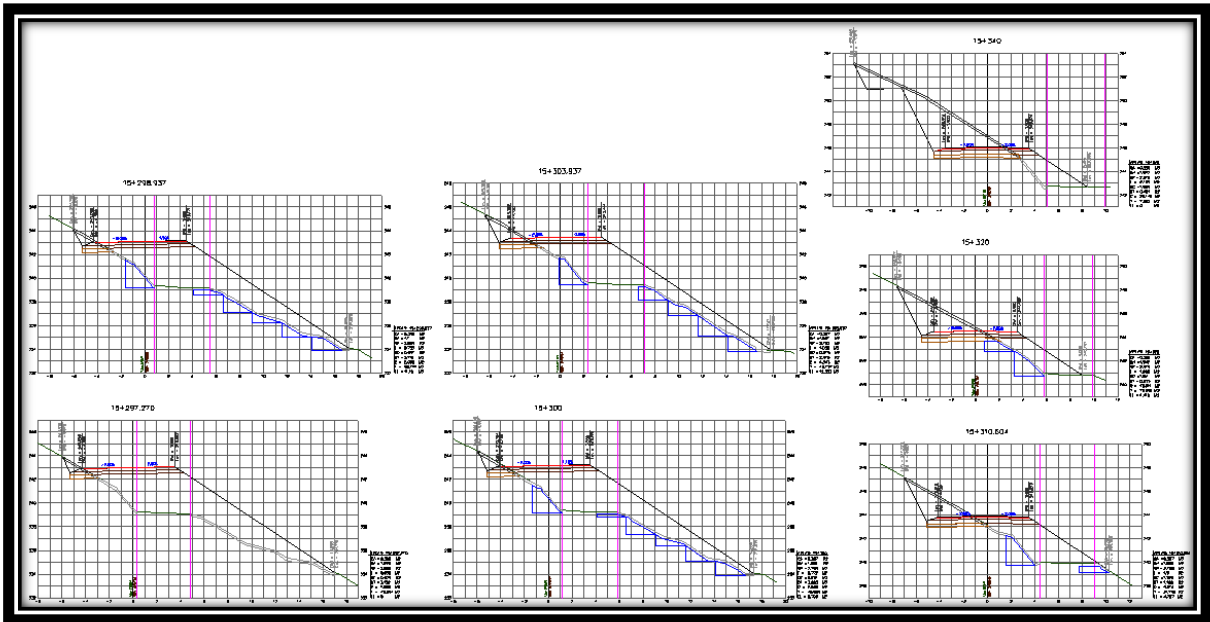


Figura 117.- Secciones de construcción del km 15+297.270 al km 15+340.000.

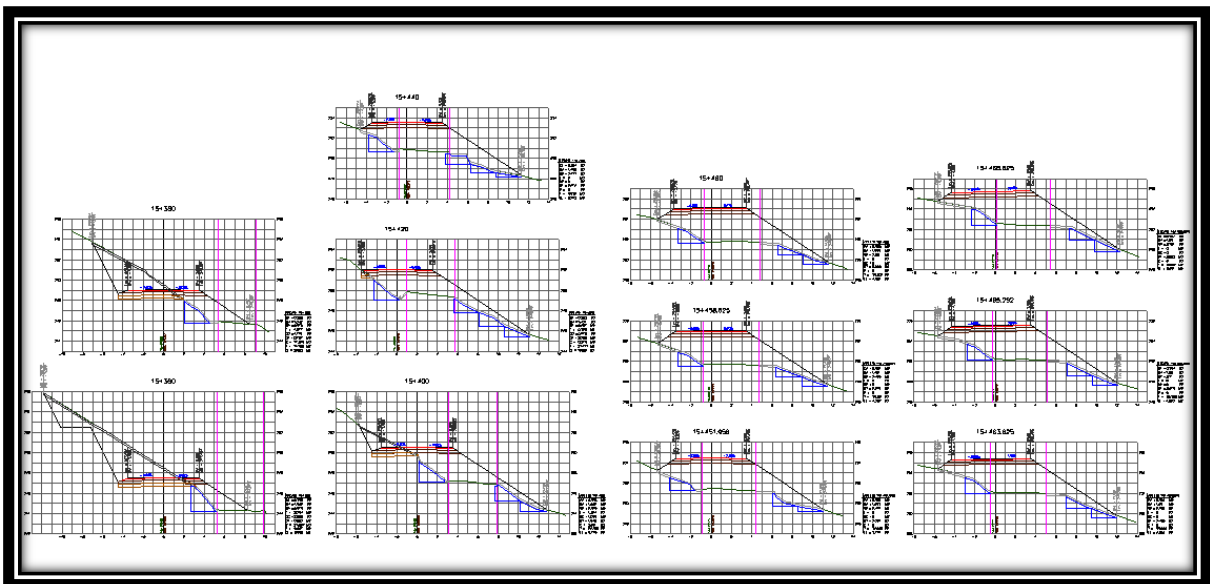


Figura 118.- Secciones de construcción del km 15+360.000 al km 15+468.625.

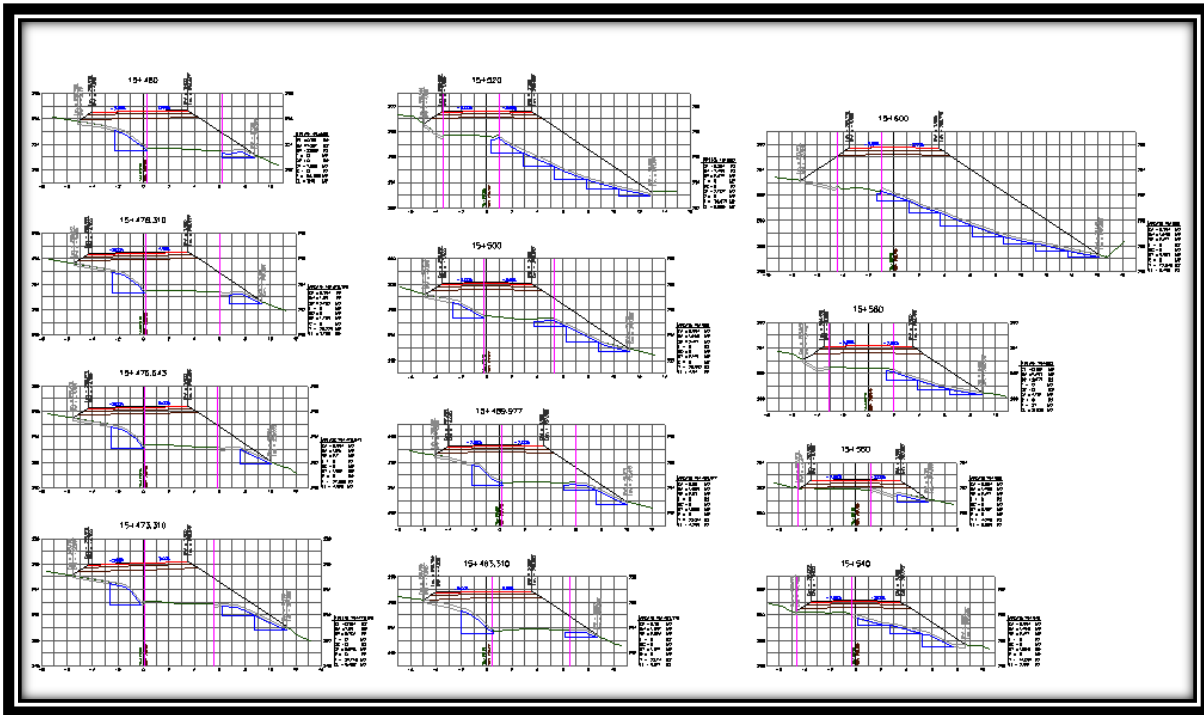


Figura 119.- Secciones de construcción del km 15+473.310 al km 15+600.000.

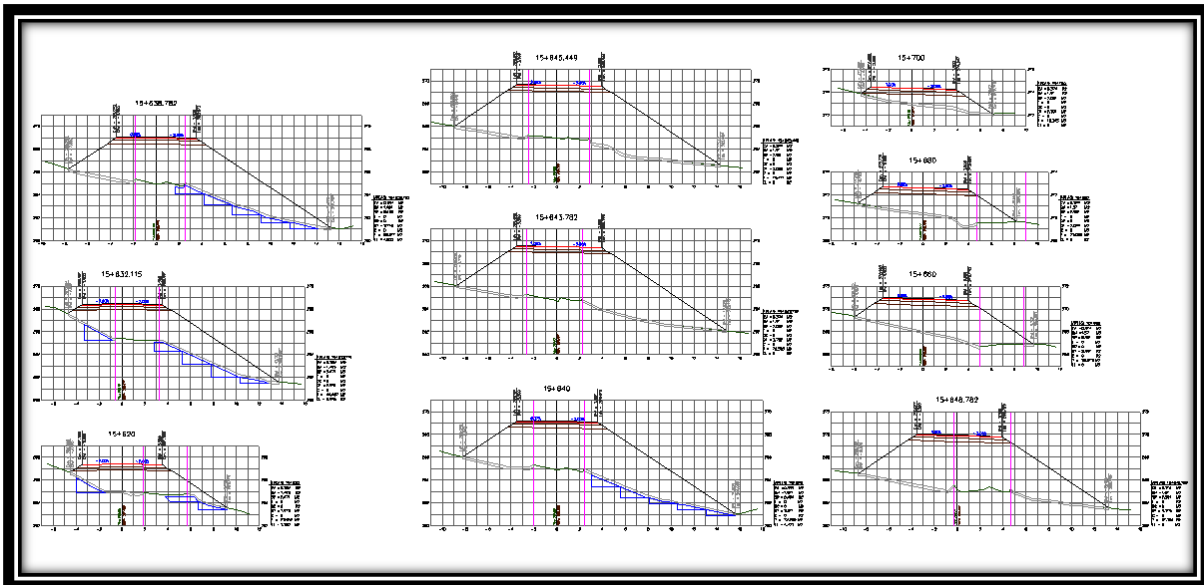


Figura 120.- Secciones de construcción del km 15+620.000 al km 15+700.000.

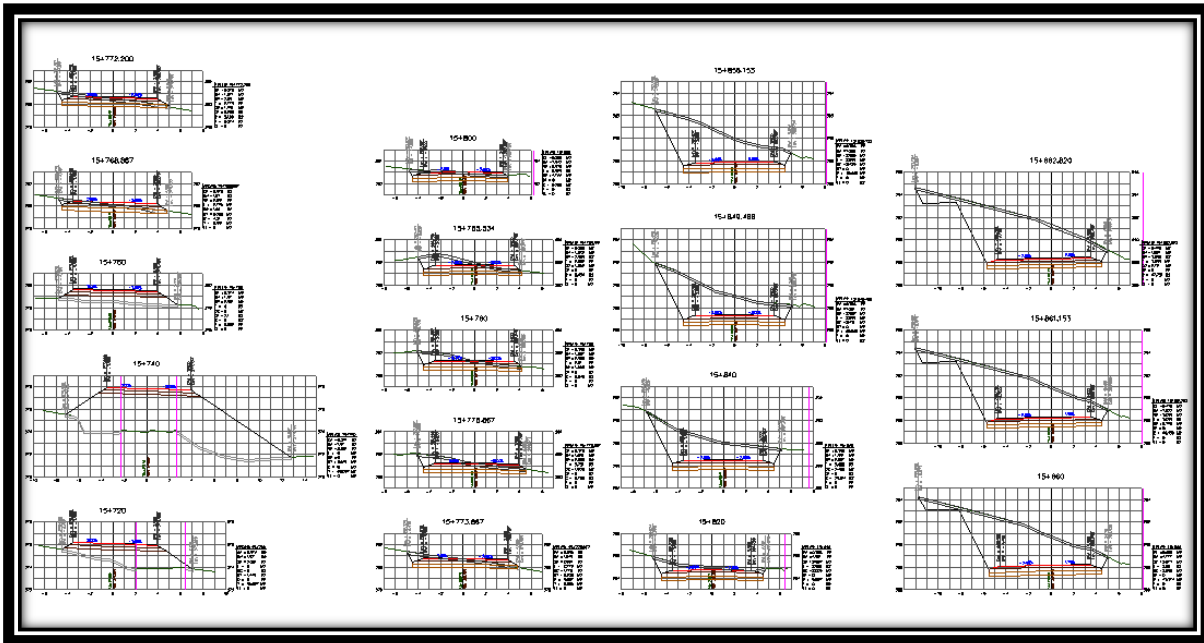


Figura 121.- Secciones de construcción del km 15+720.000 al km 15+862.820.

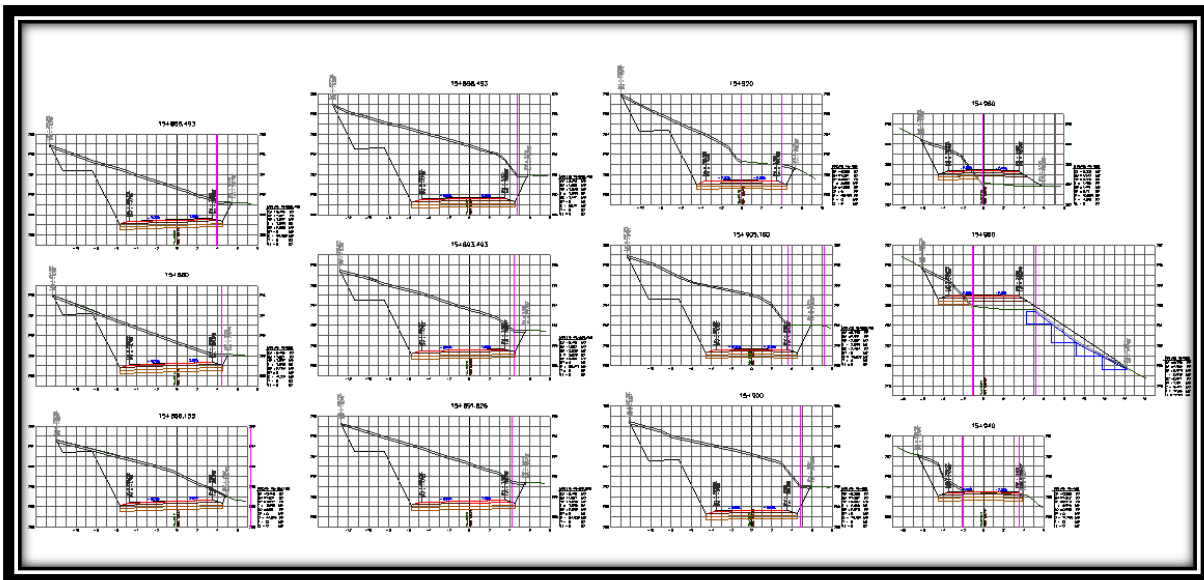


Figura 122.- Secciones de construcción del km 15+866.153 al km 15+980.000.

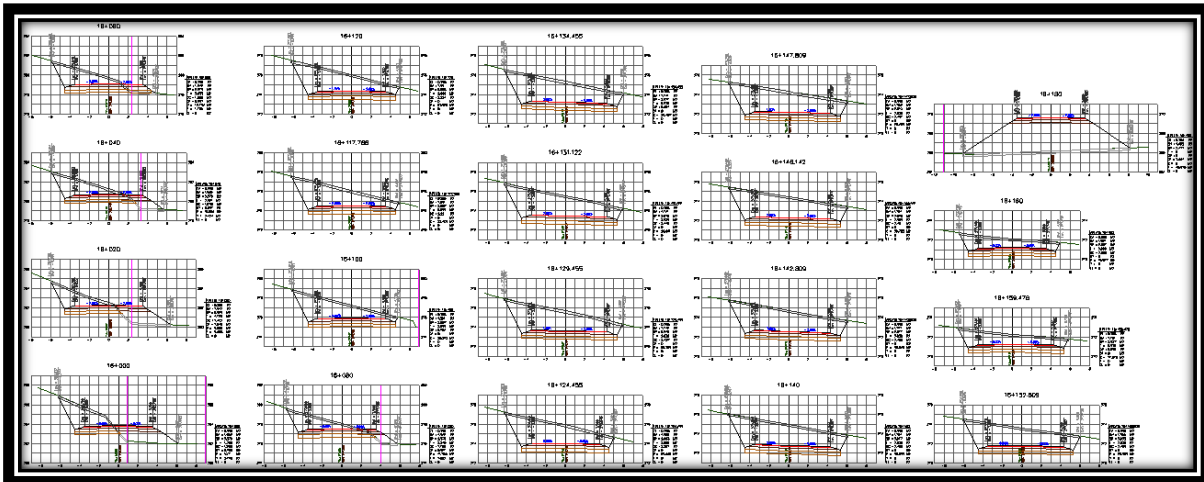


Figura 123.- Secciones de construcción del km 16+000.000 al km 16+180.000.

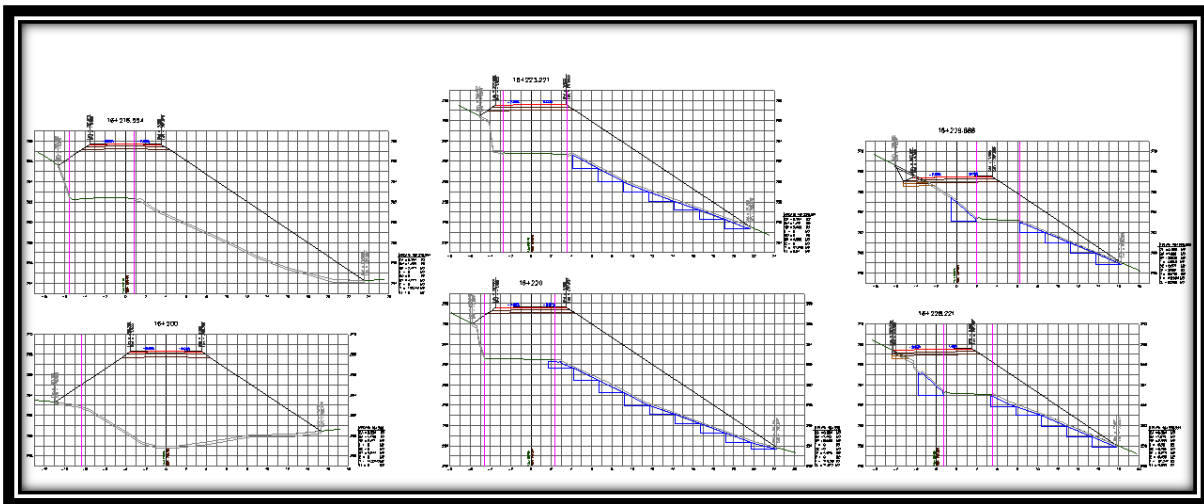


Figura 124.- Secciones de construcción del km 16+200.000 al km 16+229.888.

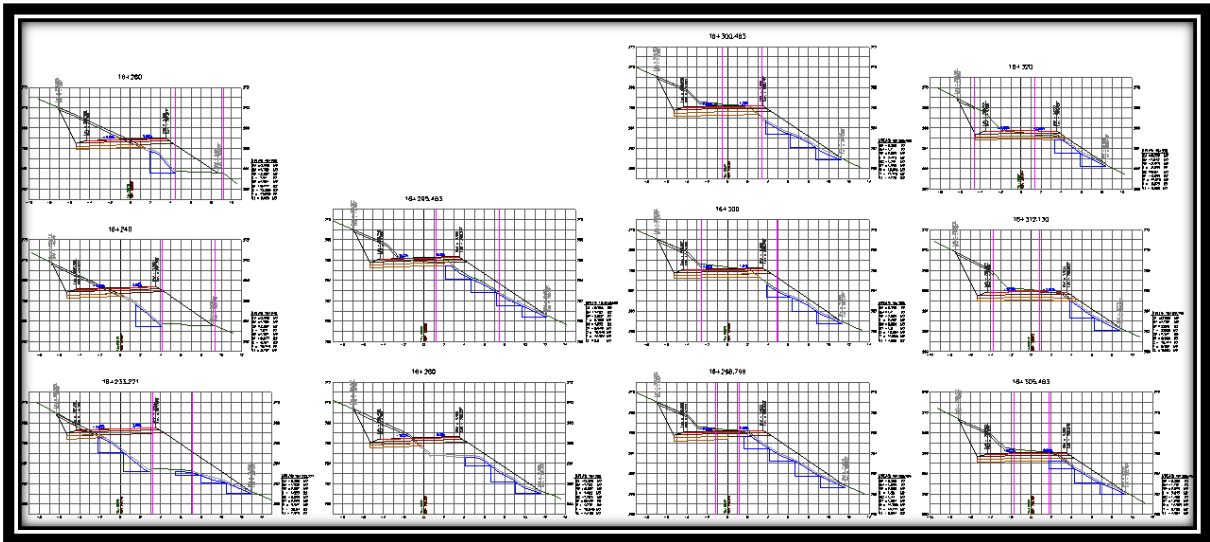


Figura 125.- Secciones de construcción del km 16+233.221 al km 16+320.000.

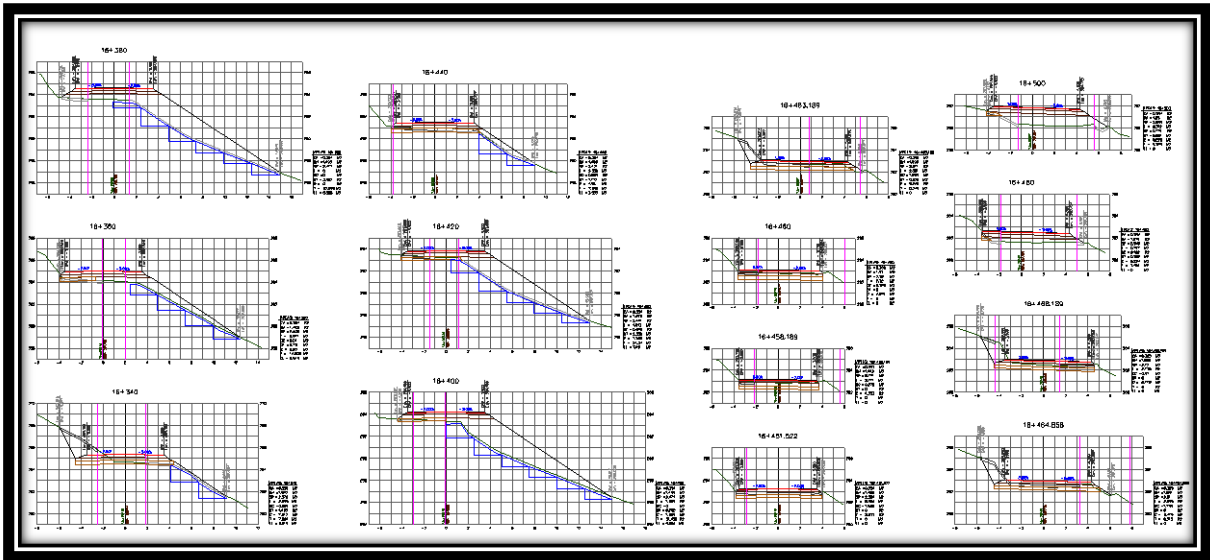


Figura 126.- Secciones de construcción del km 16+340.000 al km 16+500.000.

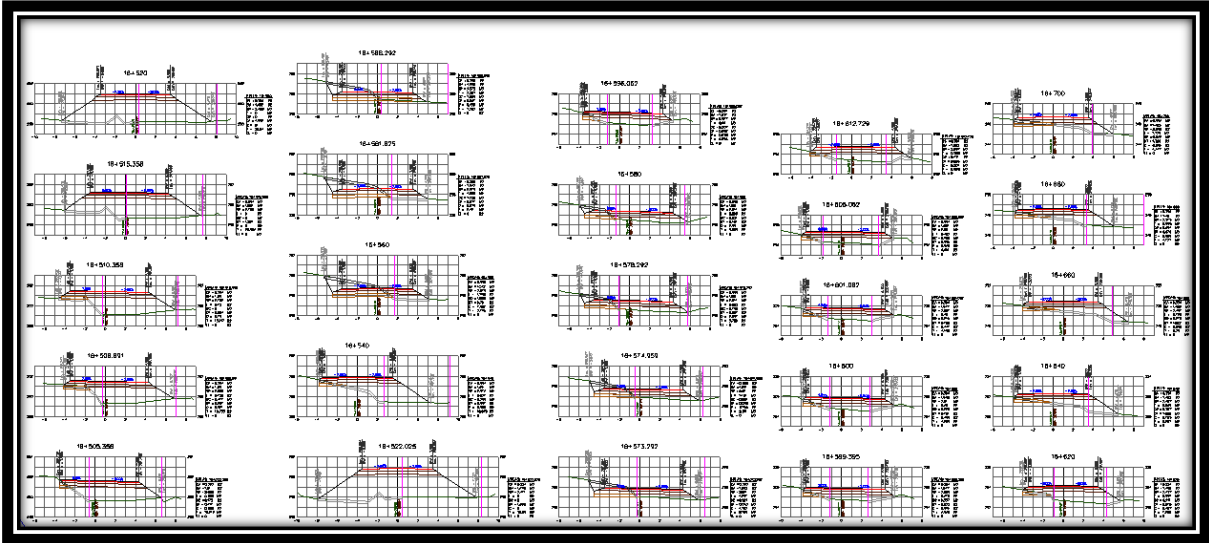


Figura 127.- Secciones de construcción del km 16+505.358 al km 16+700.000.

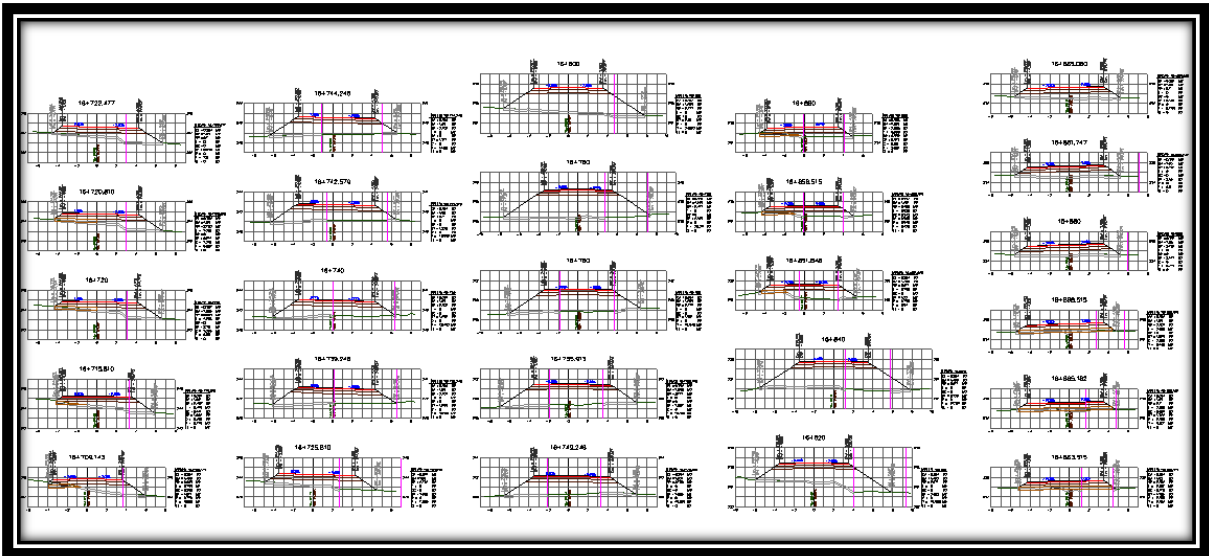


Figura 128.- Secciones de construcción del km 16+709.143 al km 16+885.080.

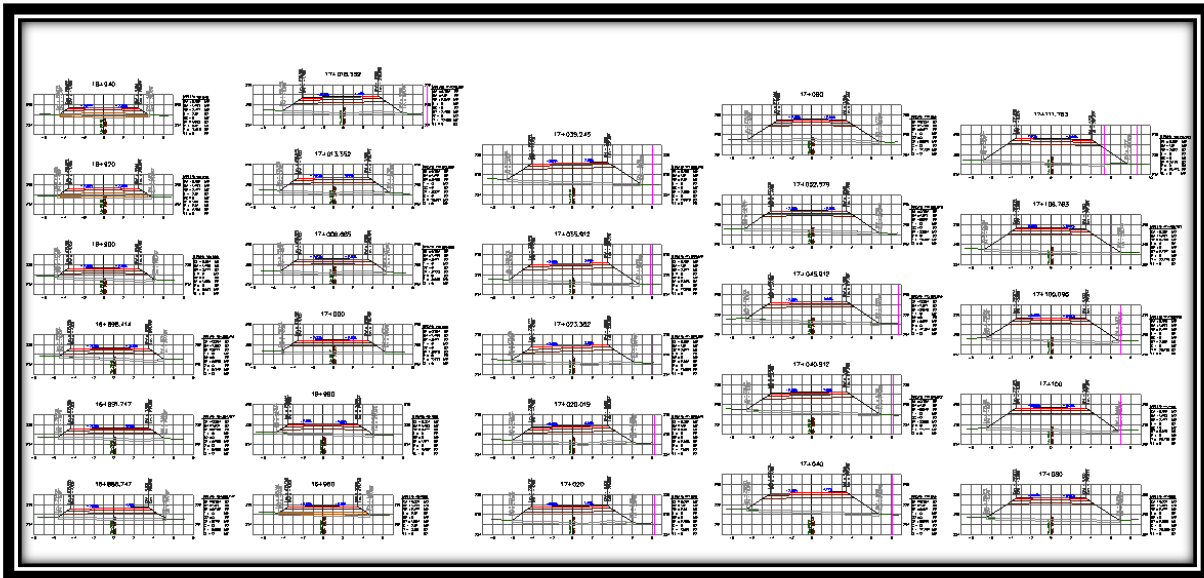


Figura 129.- Secciones de construcción del km 16+886.747 al km 17+111.763.

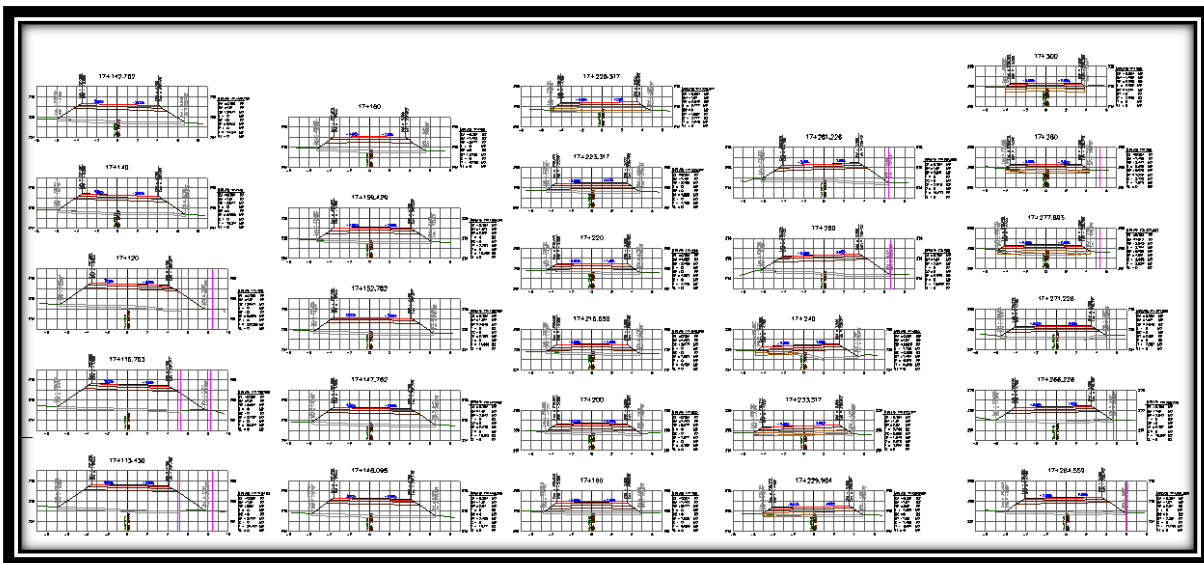


Figura 130.- Secciones de construcción del km 17+113.430 al km 17+300.000.

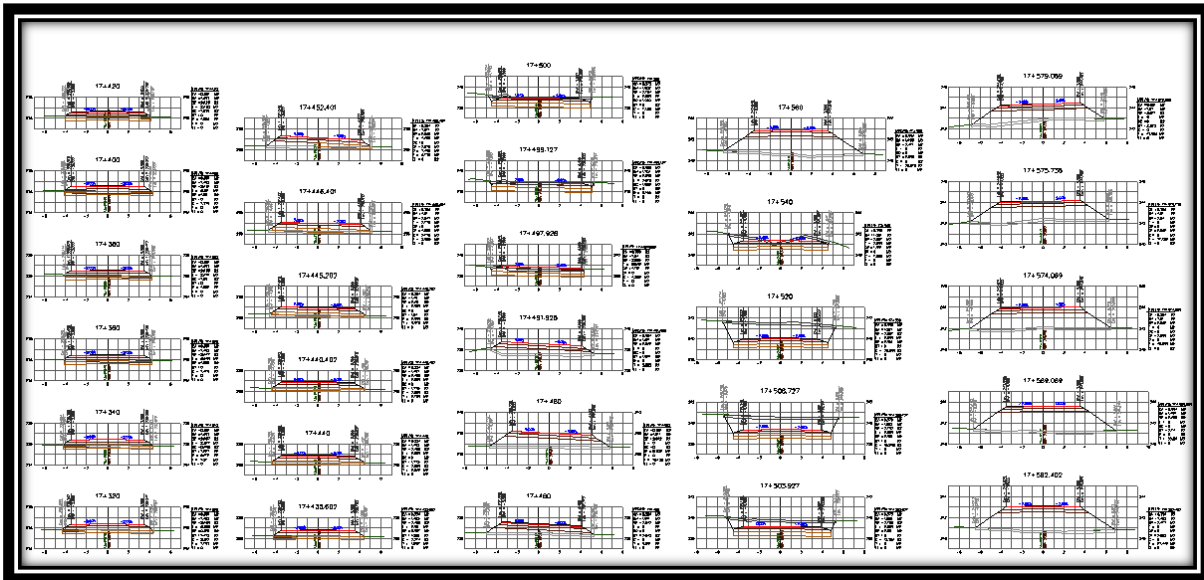


Figura 131.- Secciones de construcción del km 17+320.000 al km 17+579.069.

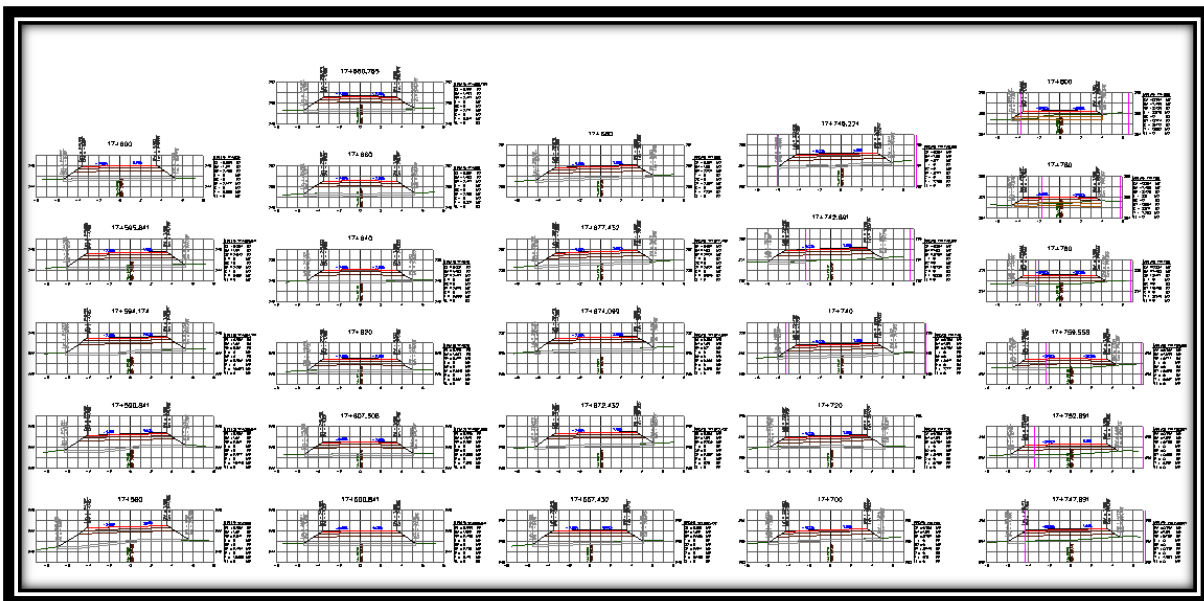


Figura 132.- Secciones de construcción del km 17+580.000 al km 17+800.000.

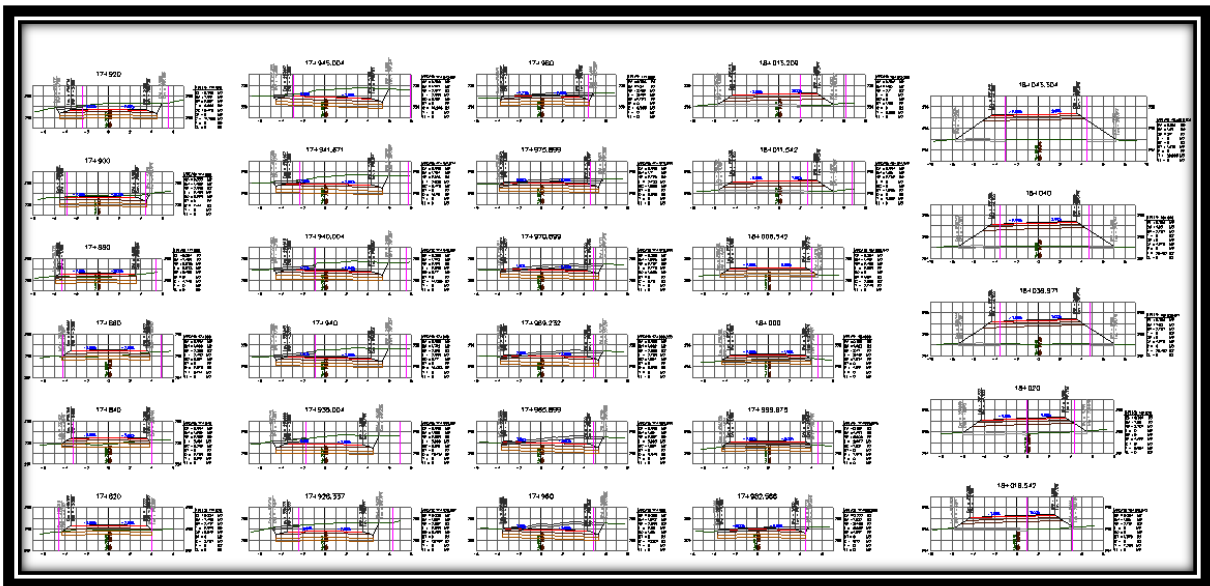


Figura 133.- Secciones de construcción del km 17+820.000 al km 18+043.304.

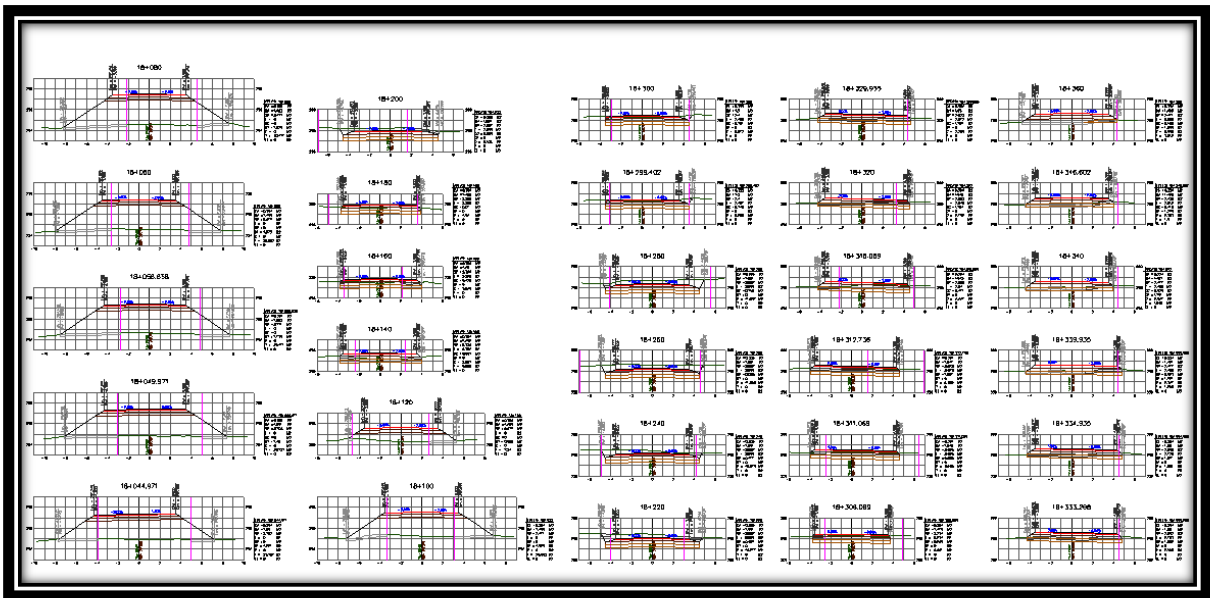


Figura 134.- Secciones de construcción del km 18+044.971 al km 18+360.000.

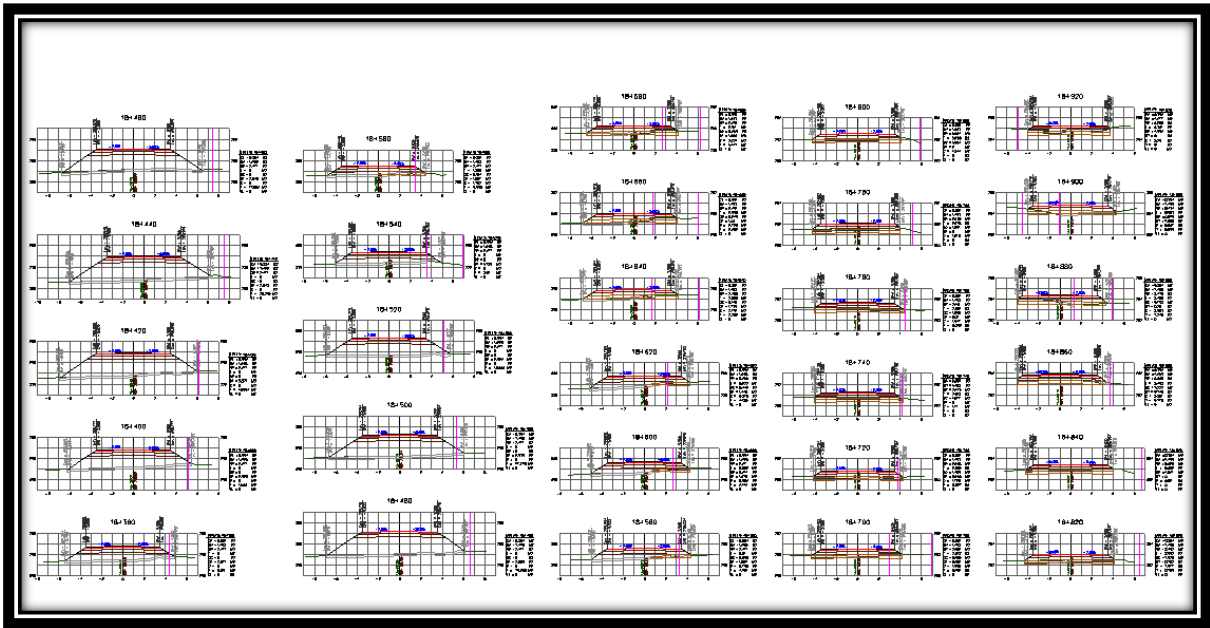


Figura 135.- Secciones de construcción del km 18+380.000 al km 18+920.000.

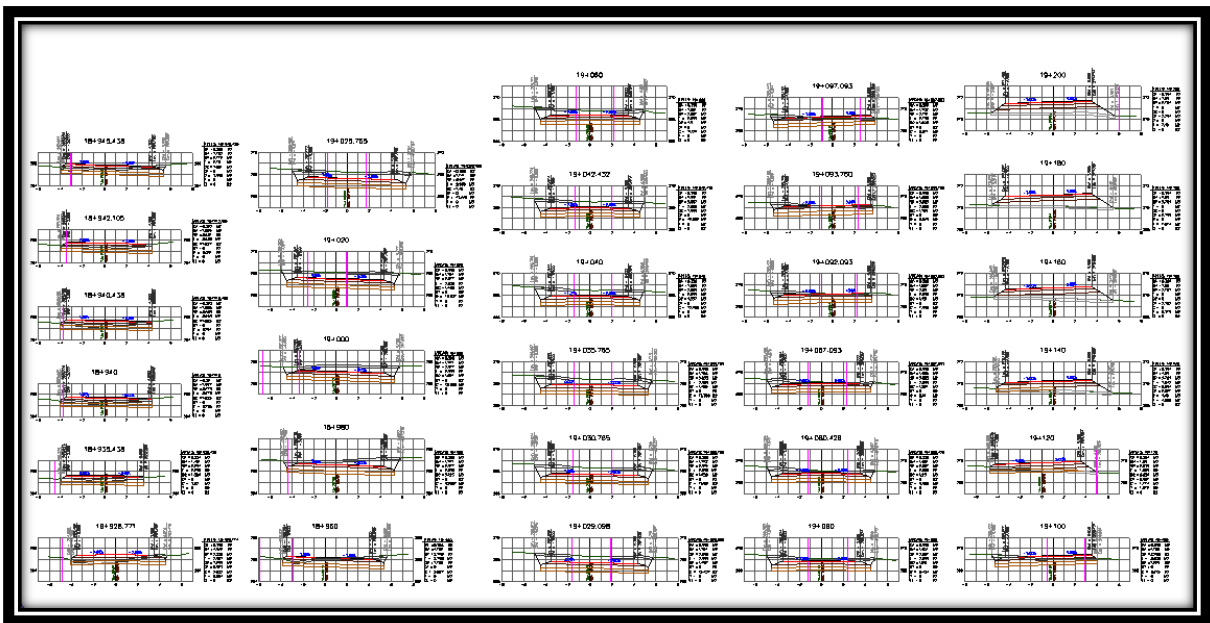


Figura 136.- Secciones de construcción del km 18+928.771 al km 19+200.000.

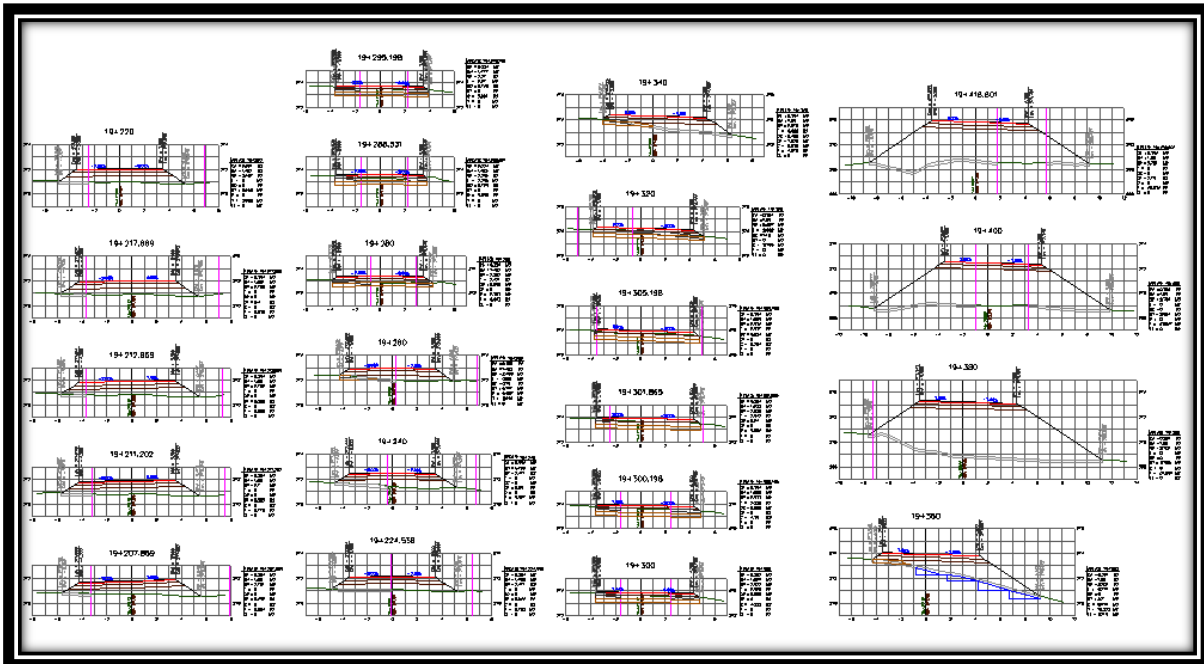


Figura 137.- Secciones de construcción del km 19+207.869 al km 19+416.601.

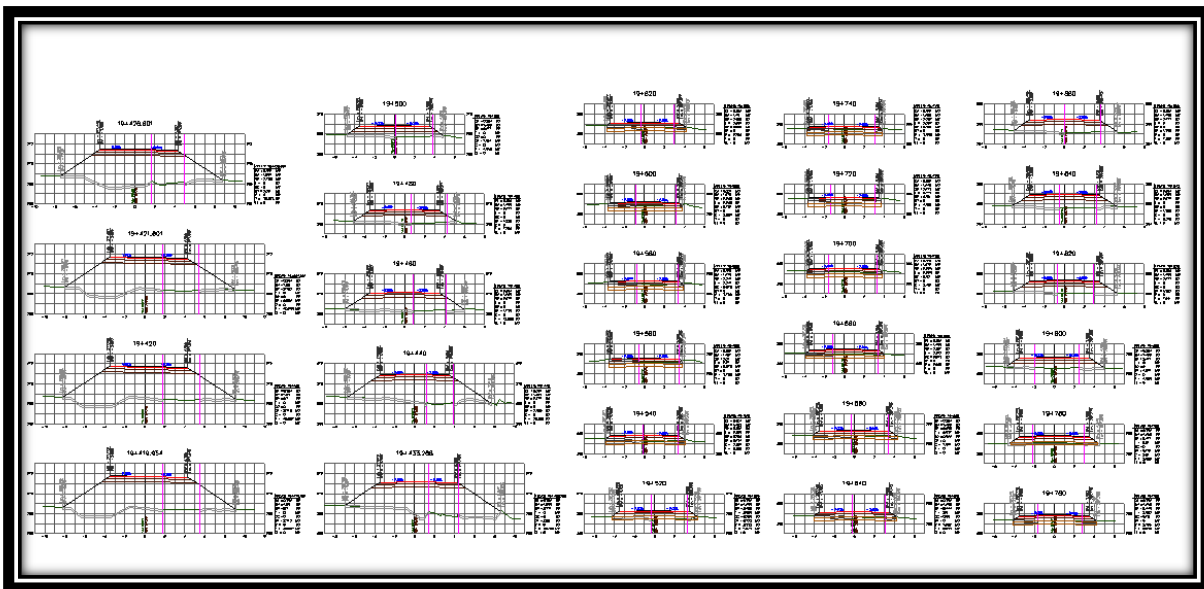


Figura 138.- Secciones de construcción del km 19+419.934 al km 19+860.000.

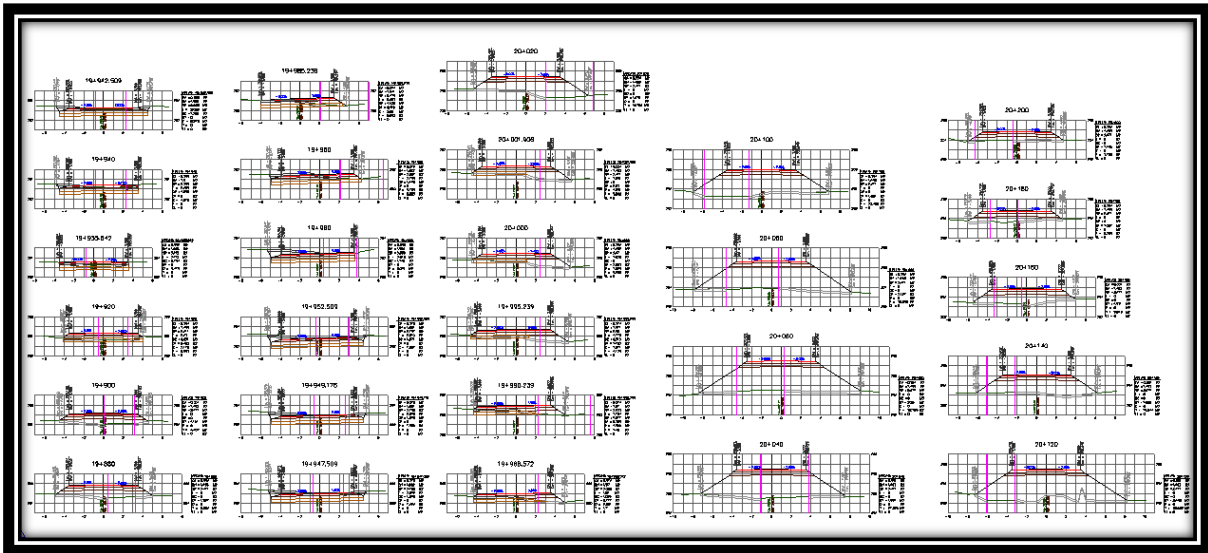


Figura 139.- Secciones de construcción del km 19+880.000 al km 20+200.000.

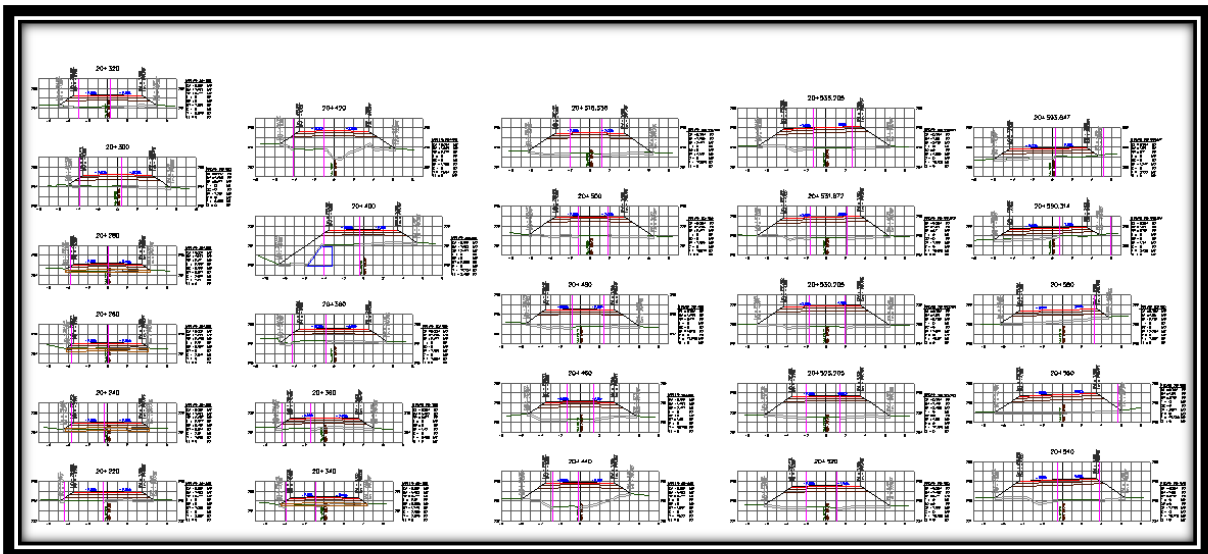


Figura 140.- Secciones de construcción del km 20+220.000 al km 20+593.647.

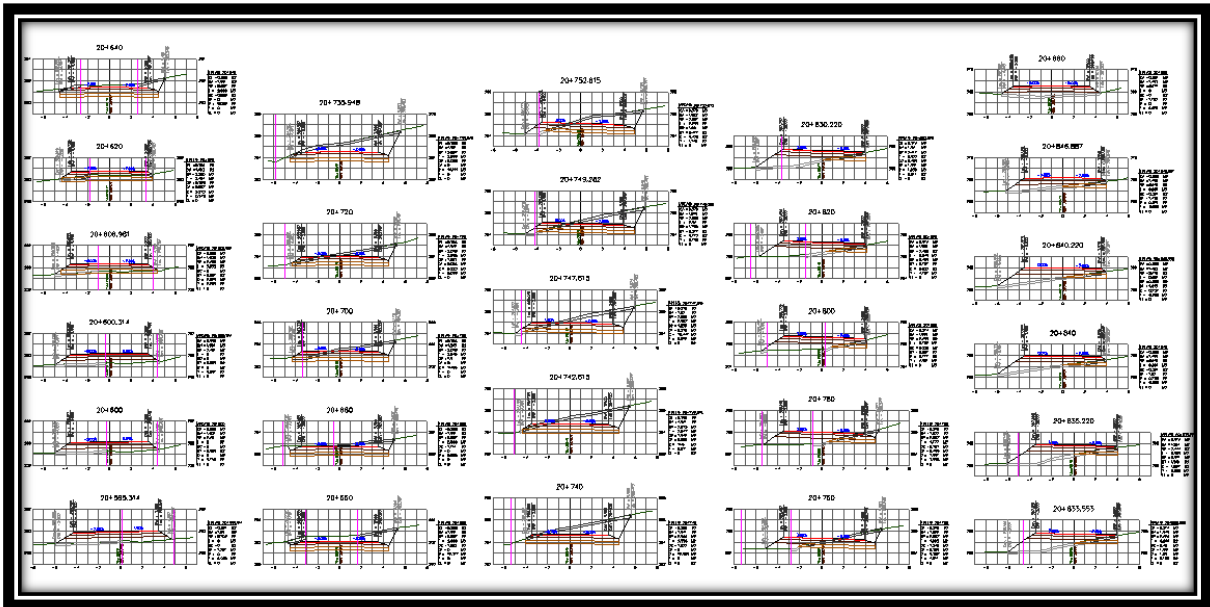


Figura 141.- Secciones de construcción del km 20+595.314 al km 20+860.000.

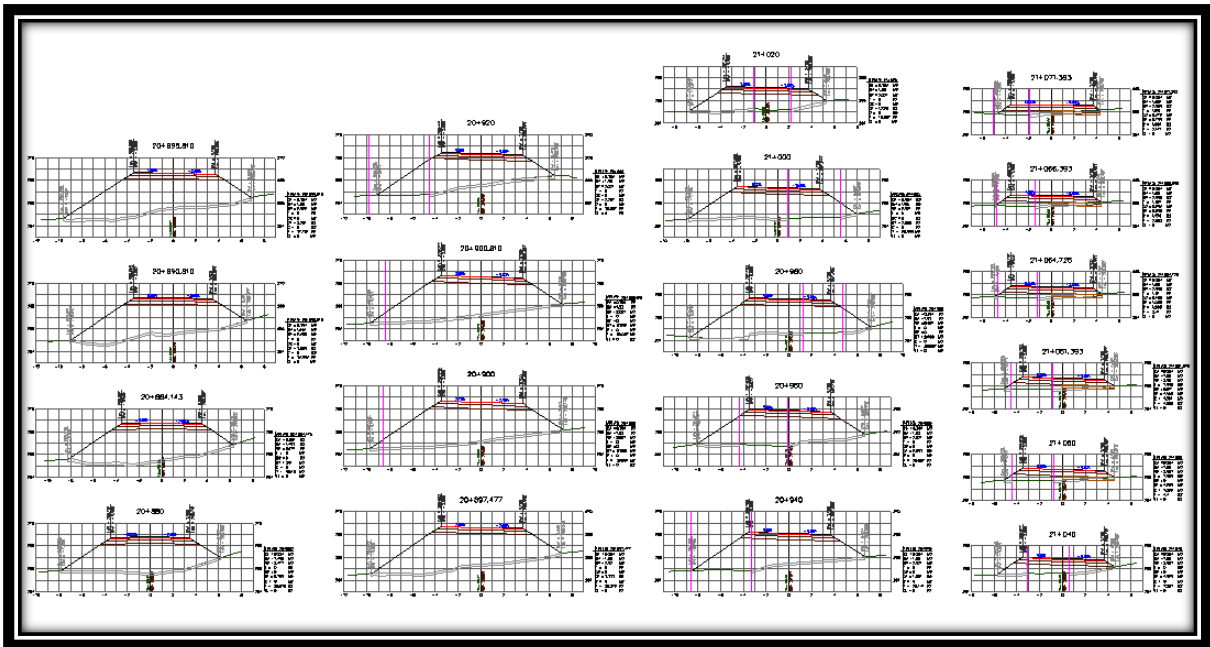


Figura 142.- Secciones de construcción del km 20+880.000 al km 21+071.393.

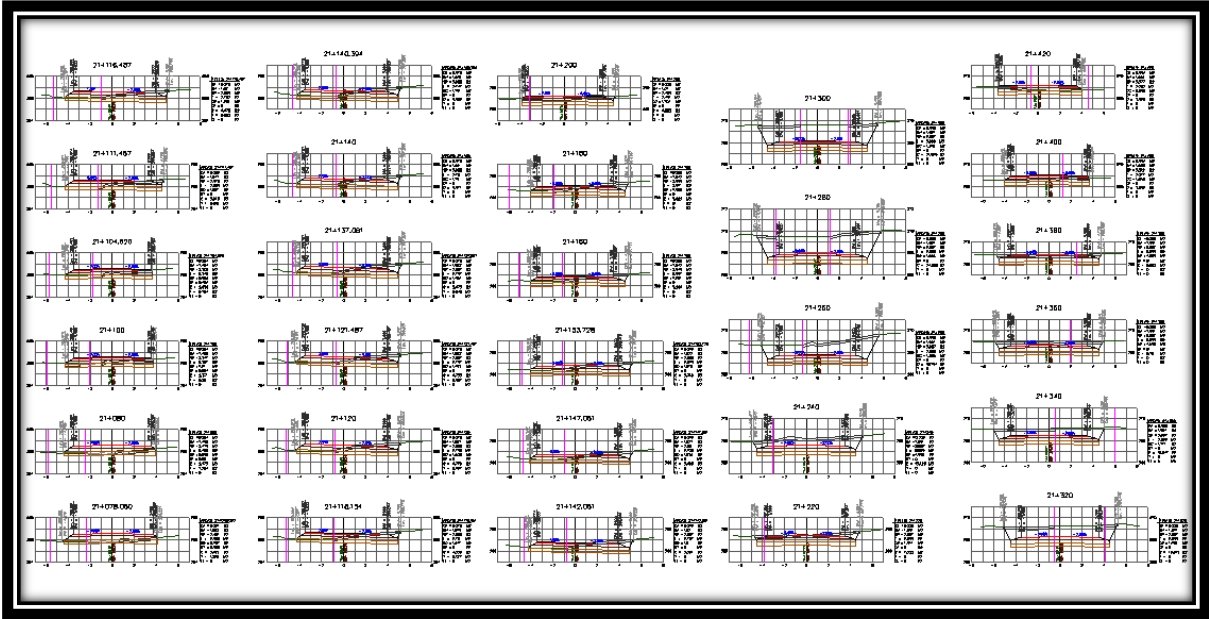


Figura 143.- Secciones de construcción del km 21+078.606 al km 21+420.000.

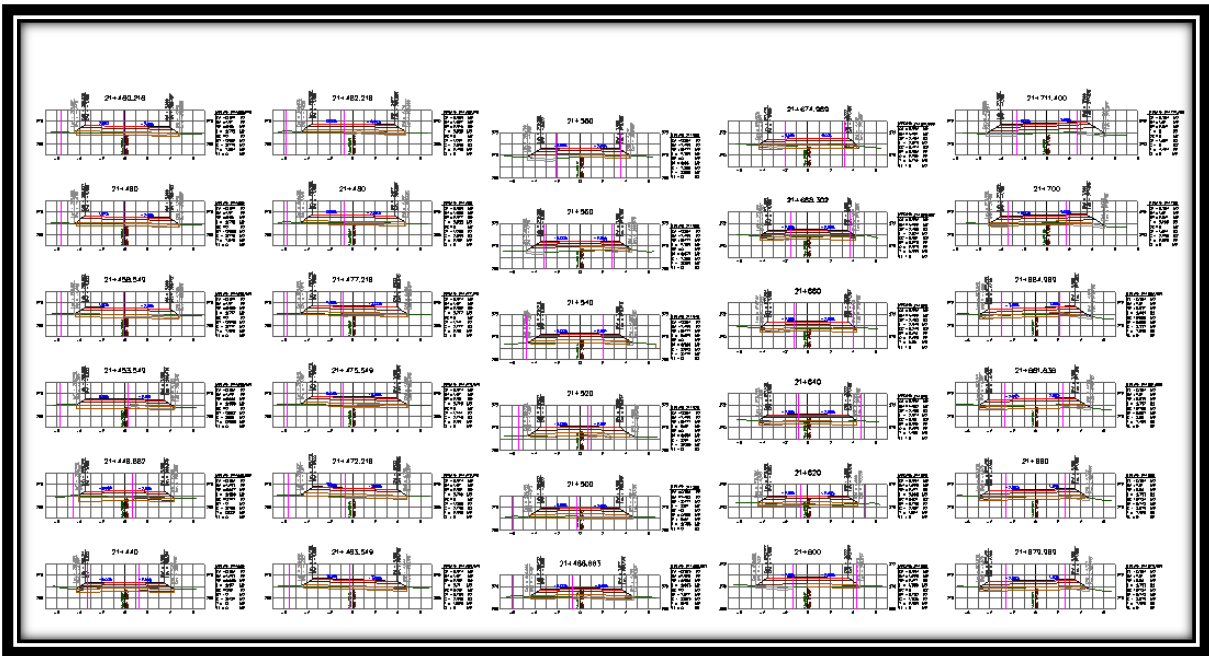


Figura 144.- Secciones de construcción del km 21+440.000 al km 21+711.400.

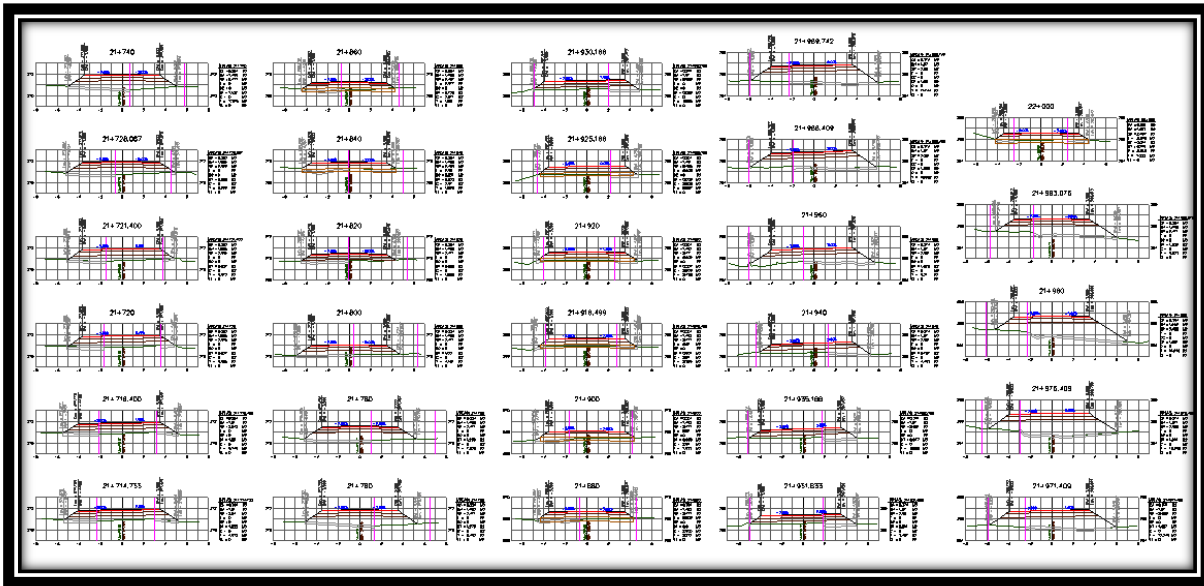


Figura 145.- Secciones de construcción del km 21+714.733 al km 22+000.000.

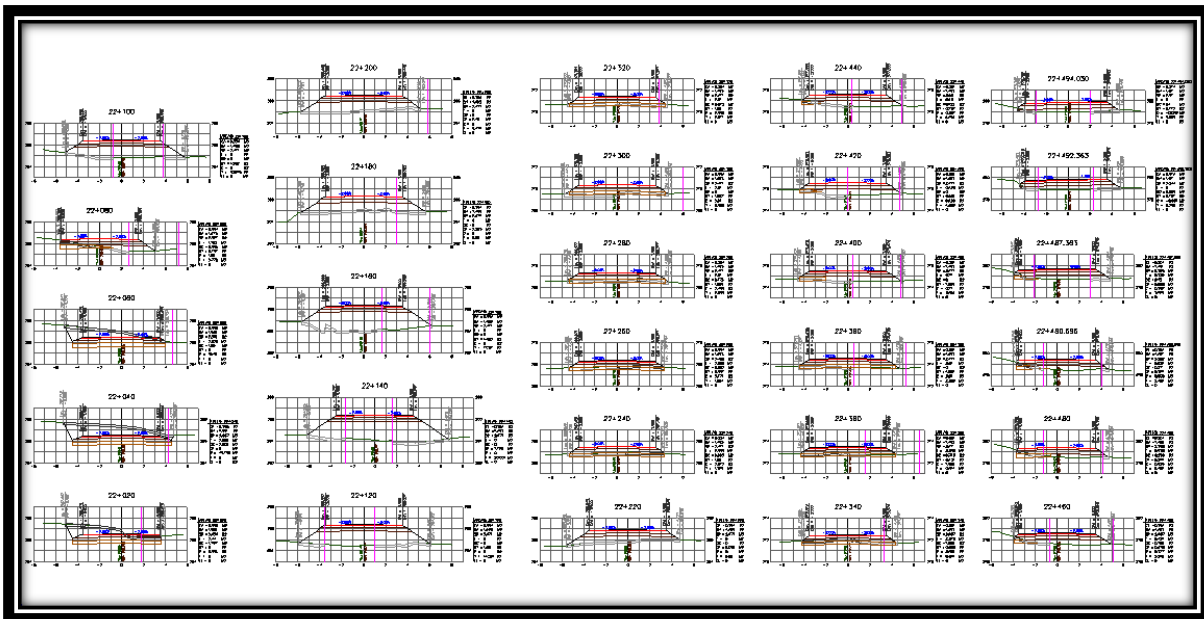


Figura 146.- Secciones de construcción del km 22+020.000 al km 22+494.030.

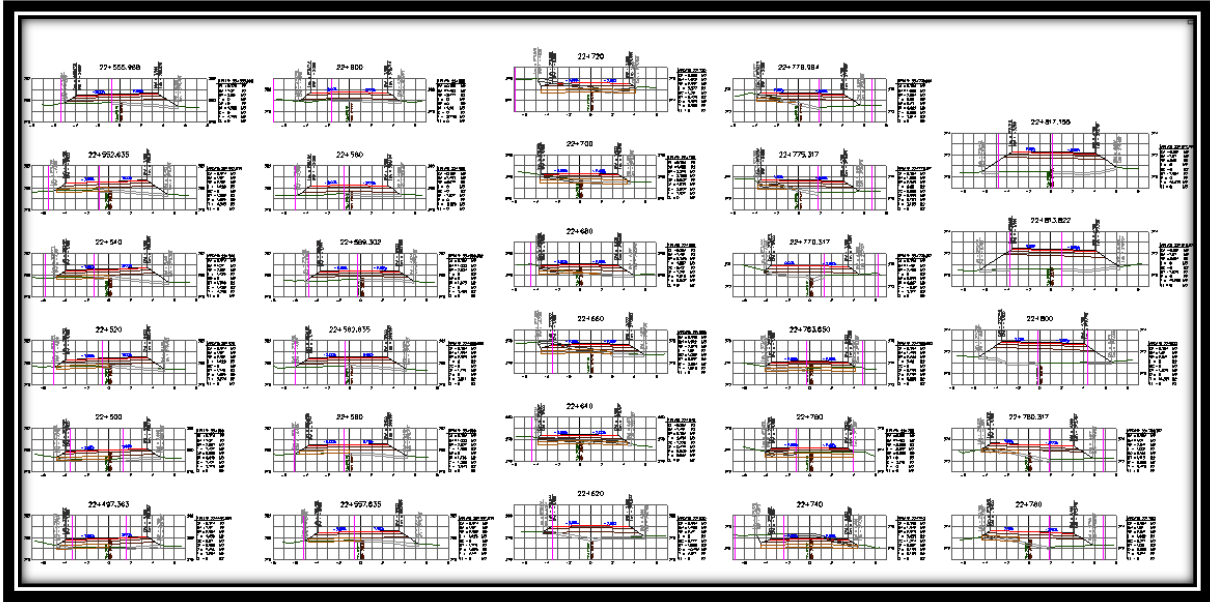


Figura 147.- Secciones de construcción del km 22+497.363 al km 22+817.155.

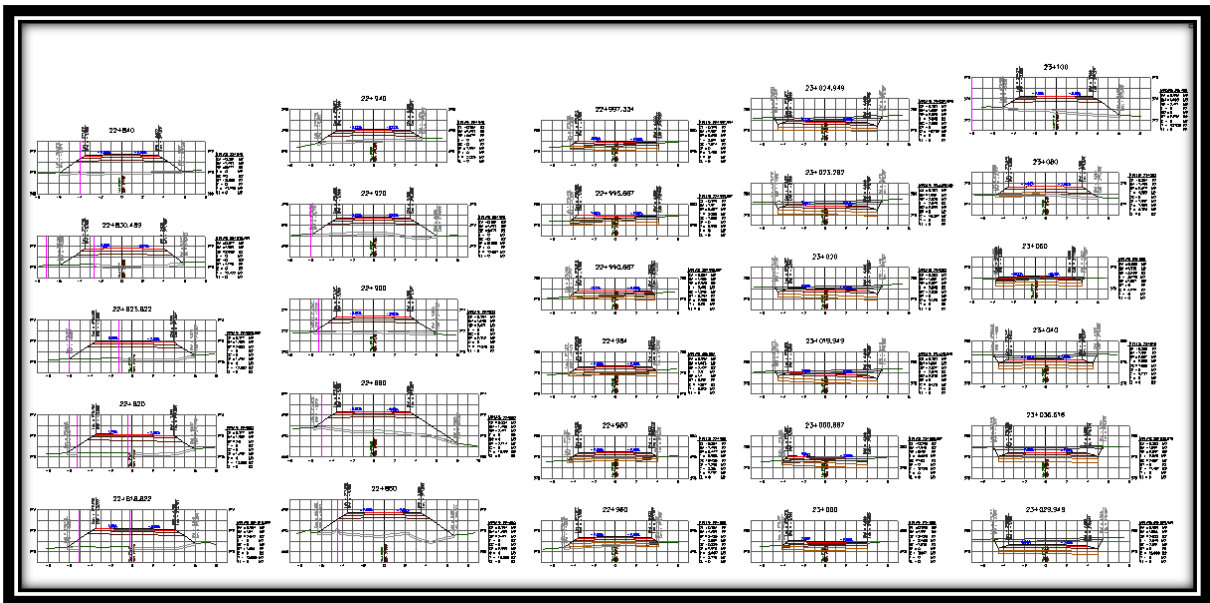


Figura 148.- Secciones de construcción del km 22+818.822 al km 23+100.000.

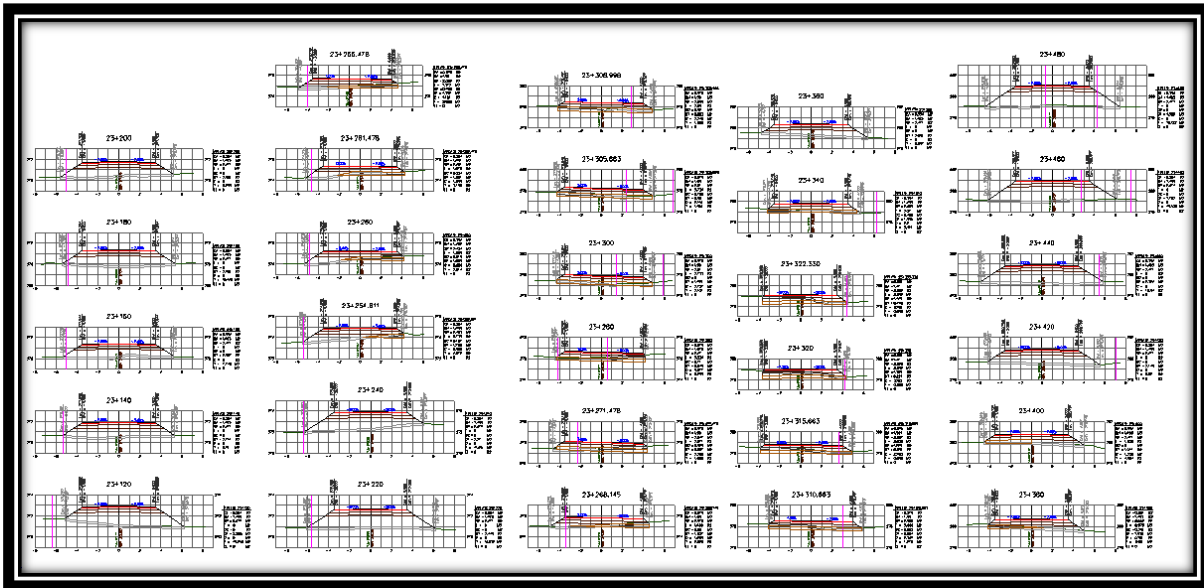


Figura 149.- Secciones de construcción del km 23+120.000 al km 23+480.000.

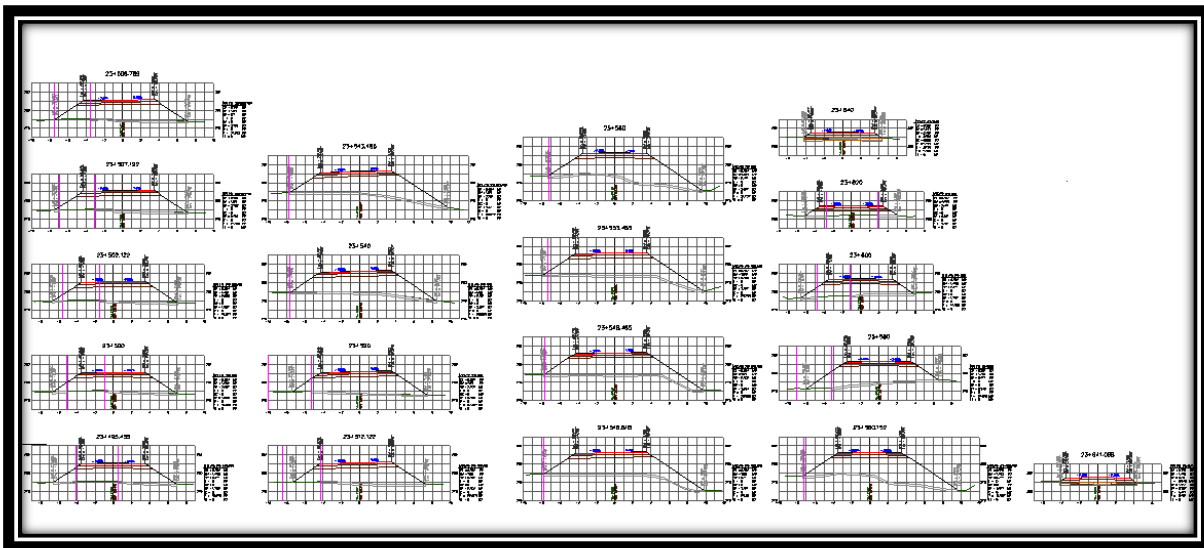


Figura 150.- Secciones de construcción del km 23+495.455 al km 23+641.068.

En la figura 67, figura 68, figura 69, figura 70, figura 71, figura 72, figura 73, figura 74, figura 75, figura 76, figura 77, figura 78, figura 79, figura 80, figura 81, figura 82, figura 83, figura 84, figura 85, figura 86, figura 87, figura 88, figura 89, figura 90, figura 91, figura 92, figura 93, figura 94, figura 95, figura 96, figura 97, figura 98, figura 99, figura 100, figura 101, figura 102, figura 103, figura 104, figura 105, figura 106, figura 107, figura 108, figura 109, figura 110, figura 111, figura 112, figura 113, figura 114, figura 115, figura 116, figura 117, figura 118, figura 119, figura 120,

“Proyecto Geométrico Del Camino Puente El Pitayo - Las Bateas - San José De Chila del km 4+219.68 al km 23+641.07 En El Municipio De Apatzingan, Michoacán”

figura 121, figura 122, figura 123, figura 124, figura 125, figura 126, figura 127, figura 128, figura 129, figura 130, figura 131, figura 132, figura 133, figura 134, figura 135, figura 136, figura 137, figura 138, figura 139, figura 140, figura 141, figura 142, figura 143, figura 144, figura 145, figura 146, figura 147, figura 148, figura 149 y figura 150 podemos observar las secciones de construcción.

Anexo 12.- Los planos de las secciones de construcción están en formato digital.

3.4.3 DETERMINACIÓN DE LOS VOLÚMENES DE TIERRA ENTRE ESTACIONES

Calculo de volúmenes.- Con el área de cada una de las secciones se integran los volúmenes por el método del promedio de áreas extremas sumando dos áreas de sección contiguas, promediándolas y multiplicándolas por la mitad de la distancia entre ambas.

Anexo 13.- Los reportes completos se encuentran en formato digital.

ÁREAS DE TERRACERIAS, DEPALME Y CAPAS DE PAVIMENTO :										
CADENAMIENTO	CORTE	TERRAPLEN	ESCALONES DE LIGA	DESPALME TOTAL	DESPALME EN CORTE	DESPALME EN TERRAPLEN	CARPETA ASFALTICA	BASE HIDRAULICA	SUBRASANTE	FILTRO
4+219.68	4.336	0	0	0.573	0.573	0	0.354	1.47	2.239	2.239
4+220.00	4.285	0	0	0.583	0.583	0	0.354	1.473	2.248	2.248
4+240.00	2.834	0	0	0.763	0.763	0	0.427	1.781	2.866	2.907
4+243.68	4.524	0	0	0.852	0.852	0	0.459	1.908	2.969	2.976
4+250.00	6.812	0	0	1.248	1.248	0	0.46	1.944	3.119	3.150
4+260.00	6.382	0	0	0.888	0.888	0	0.457	1.846	2.77	2.770
4+270.00	6.948	0	0	2.082	2.082	0	0.46	1.916	3.033	3.060
4+273.65	7.015	0	0	2.088	2.088	0	0.46	1.92	3.04	3.063
4+280.00	6.389	0	0	1.849	1.849	0	0.403	1.683	2.682	2.698
4+300.00	3.254	0	0	1.487	1.487	0	0.354	1.462	2.231	2.231
4+320.00	1.66	0	0	1.619	1.619	0	0.354	1.493	2.407	2.429
4+340.00	2.292	1.768	0	1.711	0.343	1.368	0.354	1.493	2.456	2.545
4+360.00	2.552	2.655	0	1.777	0.052	1.725	0.354	1.493	2.471	2.604
4+380.00	0.957	0.01	0	1.734	1.734	0	0.354	1.493	2.47	2.591
4+400.00	2.033	0	0	1.646	1.646	0	0.354	1.493	2.434	2.469
4+420.00	2.314	0	0	1.607	1.607	0	0.354	1.493	2.4	2.411
4+440.00	2.93	0.534	0	2.001	1.587	0.414	0.437	1.823	2.884	2.947
4+442.48	3.238	0.82	0	2.087	1.527	0.56	0.459	1.906	2.982	3.045
4+450.00	4.772	1.072	0	0.429	0.017	0.412	0.459	1.873	2.909	2.969
4+460.00	3.951	1.227	0	0.739	0.502	0.237	0.459	1.871	2.904	2.963
4+470.00	4.191	0.677	0	0.240	0.123	0.117	0.459	1.91	3.002	3.064
4+472.42	4.219	0.668	0	0.228	0.000	0.228	0.459	1.91	3.026	3.089
4+480.00	3.301	0.487	0	0.417	0.000	0.417	0.392	1.645	2.676	2.761
4+500.00	3.258	0	0	0.423	0.423	0	0.354	1.493	2.4	2.411
4+520.00	3.901	0	0	0.454	0.454	0	0.354	1.492	2.315	2.315
4+540.00	4.653	0	0	0.484	0.484	0	0.354	1.437	2.157	2.157
4+560.00	5.29	0	0	0.193	0.193	0	0.354	1.457	2.193	2.193
4+580.00	5.277	0	0	0.038	0.038	0	0.354	1.458	2.195	2.195

Tabla 18.- Áreas de terracerías, despalme y capas de pavimento.

CALCULO DE VOLUMEN DE ESCALONES DE LIGA

CADENAMIENTO	D/2	ESCALONES DE LIGA	SUMA DE AREAS (A1+A2)	VOLUMENES
			ESCALONES L.	ESCALONES L.
12+711.03	0.000	0.000	0.000	0.000
12+711.03	0.000	0.000	0.000	0.000
12+711.03	0.000	0.000	0.000	0.000
12+717.70	3.333	0.000	0.000	0.000
12+717.70	0.000	0.000	0.000	0.000
12+717.70	0.001	0.000	0.000	0.000
12+720.00	1.150	0.000	0.000	0.000
12+720.00	0.000	0.000	0.000	0.000
12+720.00	0.000	0.000	0.000	0.000
12+740.00	10.000	0.000	0.000	0.000
12+740.00	0.000	0.000	0.000	0.000
12+740.00	0.000	1.113	1.113	0.000
12+760.00	10.000	4.306	5.419	54.190
12+780.00	10.000	8.488	12.794	127.940
12+800.00	10.000	6.832	15.320	153.200
12+820.00	10.000	4.764	11.596	115.960
12+840.00	10.000	5.452	10.216	102.160
12+860.00	10.000	4.733	10.185	101.850
12+880.00	10.000	4.472	9.205	92.050
12+900.00	10.000	0.000	4.472	44.720
12+920.00	10.000	0.000	0.000	0.000
12+920.00	0.000	0.000	0.000	0.000
12+920.00	0.000	0.000	0.000	0.000
12+940.00	10.000	0.000	0.000	0.000
12+940.00	0.000	0.000	0.000	0.000
12+940.00	0.000	0.000	0.000	0.000
12+960.00	10.000	1.592	1.592	15.920
12+968.75	4.375	1.586	3.178	13.904
12+975.42	3.335	4.930	6.516	21.731
12+980.00	2.290	1.934	6.864	15.719
12+980.42	0.210	1.974	3.908	0.821
12+982.09	0.835	2.541	4.515	3.770
12+985.42	1.665	0.000	2.541	4.231
12+998.82	6.700	0.000	0.000	0.000

Tabla 19.- Escalones de liga.

CALCULO DE VOLUMEN DE DESPALME

CADENAMIENTO	D/2	DESPALME EN CORTE	DESPALME EN TERRAPLEN	SUMA DE AREAS (A1+A2)		VOLUMENES	
				D. EN CORTE	D. TERRAPLEN	D. EN CORTE	D. TERRAPLEN
4+219.68		0.573	0.000				
4+220.00	0.160	0.583	0.000	1.156	0.000	0.185	0.000
4+240.00	10.000	0.763	0.000	1.346	0.000	13.460	0.000
4+243.68	1.840	0.852	0.000	1.615	0.000	2.972	0.000
4+250.00	3.160	1.248	0.000	2.100	0.000	6.636	0.000
4+260.00	5.000	0.888	0.000	2.136	0.000	10.680	0.000
4+270.00	5.000	2.082	0.000	2.970	0.000	14.850	0.000
4+273.65	1.825	2.088	0.000	4.170	0.000	7.610	0.000
4+280.00	3.175	1.849	0.000	3.937	0.000	12.500	0.000
4+300.00	10.000	1.487	0.000	3.336	0.000	33.360	0.000
4+320.00	10.000	1.619	0.000	3.106	0.000	31.060	0.000
4+340.00	10.000	0.343	1.368	1.962	1.368	19.620	13.680
4+360.00	10.000	0.052	1.725	0.395	3.093	3.950	30.930
4+380.00	10.000	1.734	0.000	1.786	1.725	17.860	17.250
4+400.00	10.000	1.646	0.000	3.380	0.000	33.800	0.000
4+420.00	10.000	1.607	0.000	3.253	0.000	32.530	0.000
4+440.00	10.000	1.587	0.414	3.194	0.414	31.940	4.140
4+442.48	1.240	1.527	0.560	3.114	0.974	3.861	1.208
4+450.00	3.760	0.017	0.412	1.544	0.972	5.805	3.655
4+460.00	5.000	0.502	0.237	0.519	0.649	2.595	3.245
4+470.00	5.000	0.123	0.117	0.625	0.354	3.125	1.770
4+472.42	1.210	0.000	0.228	0.123	0.345	0.149	0.417
4+480.00	3.790	0.000	0.417	0.000	0.645	0.000	2.445
4+500.00	10.000	0.423	0.000	0.423	0.417	4.230	4.170
4+520.00	10.000	0.454	0.000	0.877	0.000	8.770	0.000
4+540.00	10.000	0.484	0.000	0.938	0.000	9.380	0.000
4+560.00	10.000	0.193	0.000	0.677	0.000	6.770	0.000
4+580.00	10.000	0.038	0.000	0.231	0.000	2.310	0.000
4+600.00	10.000	0.184	0.000	0.222	0.000	2.220	0.000
4+620.00	10.000	0.253	0.000	0.437	0.000	4.370	0.000
4+640.00	10.000	0.201	0.000	0.454	0.000	4.540	0.000
4+660.00	10.000	0.098	0.000	0.299	0.000	2.990	0.000
4+680.00	10.000	0.000	0.000	0.098	0.000	0.980	0.000
4+700.00	10.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4+720.00	10.000	0.415	0.000	0.415	0.000	4.150	0.000
4+740.00	10.000	0.695	0.000	1.110	0.000	11.100	0.000
4+760.00	10.000	0.577	0.000	1.272	0.000	12.720	0.000
4+780.00	10.000	0.260	0.000	0.837	0.000	8.370	0.000
4+800.00	10.000	0.314	0.000	0.574	0.000	5.740	0.000
4+820.00	10.000	0.321	0.000	0.635	0.000	6.350	0.000

Tabla 20.- Despalme en corte y terraplén.

CALCULO DE VOLUMENES DE TERRACERIAS

ESTACION	AREAS		SUMA DE AREAS A1 + A2		D/2	VOLUMENES		VOLUMENES ACUMULADOS		Ordenada
	CORTE	TERRAPLEN	CORTE	TERRAPLEN		CORTE	TERRAPLEN	CORTE	TERRAPLEN	Curva Masa
4+219.68	4.336	0								
4+220.00	4.285	0	8.621	0.000	0.160	1.380	0.000	1.380	0.000	1.380
4+240.00	2.834	0	7.119	0.000	10.000	71.190	0.000	72.570	0.000	72.570
4+243.68	4.524	0	7.358	0.000	1.840	13.540	0.000	86.110	0.000	86.110
4+250.00	6.812	0	11.336	0.000	3.160	35.820	0.000	121.930	0.000	121.930
4+260.00	6.382	0	13.194	0.000	5.000	65.970	0.000	187.900	0.000	187.900
4+270.00	6.948	0	13.330	0.000	5.000	66.650	0.000	254.550	0.000	254.550
4+273.65	7.015	0	13.963	0.000	1.825	25.480	0.000	280.030	0.000	280.030
4+280.00	6.389	0	13.404	0.000	3.175	42.560	0.000	322.590	0.000	322.590
4+300.00	3.254	0	9.643	0.000	10.000	96.430	0.000	419.020	0.000	419.020
4+320.00	1.660	0	4.914	0.000	10.000	49.140	0.000	468.160	0.000	468.160
4+340.00	2.292	1.768	3.952	1.768	10.000	39.520	17.680	507.680	17.680	490.000
4+360.00	2.552	2.655	4.844	4.423	10.000	48.440	44.230	556.120	61.910	494.210
4+380.00	0.957	0.01	3.509	2.665	10.000	35.090	26.650	591.210	88.560	502.650
4+400.00	2.033	0	2.990	0.010	10.000	29.900	0.100	621.110	88.660	532.450
4+420.00	2.314	0	4.347	0.000	10.000	43.470	0.000	664.580	88.660	575.920
4+440.00	2.930	0.534	5.244	0.534	10.000	52.440	5.340	717.020	94.000	623.020
4+442.48	3.238	0.82	6.168	1.354	1.240	7.650	1.680	724.670	95.680	628.990
4+450.00	4.772	1.072	8.010	1.892	3.760	30.120	7.110	754.790	102.790	652.000
4+460.00	3.951	1.227	8.723	2.299	5.000	43.620	11.500	798.410	114.290	684.120
4+470.00	4.191	0.677	8.142	1.904	5.000	40.710	9.520	839.120	123.810	715.310
4+472.42	4.219	0.668	8.410	1.345	1.210	10.180	1.630	849.300	125.440	723.860
4+480.00	3.301	0.487	7.520	1.155	3.790	28.500	4.380	877.800	129.820	747.980
4+500.00	3.258	0	6.559	0.487	10.000	65.590	4.870	943.390	134.690	808.700
4+520.00	3.901	0	7.159	0.000	10.000	71.590	0.000	1,014.980	134.690	880.290
4+540.00	4.653	0	8.554	0.000	10.000	85.540	0.000	1,100.520	134.690	965.830
4+560.00	5.290	0	9.943	0.000	10.000	99.430	0.000	1,199.950	134.690	1,065.260
4+580.00	5.277	0	10.567	0.000	10.000	105.670	0.000	1,305.620	134.690	1,170.930
4+600.00	4.712	0	9.989	0.000	10.000	99.890	0.000	1,405.510	134.690	1,270.820
4+620.00	4.677	0	9.389	0.000	10.000	93.890	0.000	1,499.400	134.690	1,364.710
4+640.00	4.650	0	9.327	0.000	10.000	93.270	0.000	1,592.670	134.690	1,457.980
4+660.00	4.746	0	9.396	0.000	10.000	93.960	0.000	1,686.630	134.690	1,551.940
4+680.00	5.081	0	9.827	0.000	10.000	98.270	0.000	1,784.900	134.690	1,650.210
4+700.00	4.942	0	10.023	0.000	10.000	100.230	0.000	1,885.130	134.690	1,750.440
4+720.00	6.673	0	11.615	0.000	10.000	116.150	0.000	2,001.280	134.690	1,866.590
4+740.00	6.741	0	13.414	0.000	10.000	134.140	0.000	2,135.420	134.690	2,000.730
4+760.00	4.582	0	11.323	0.000	10.000	113.230	0.000	2,248.650	134.690	2,113.960
4+780.00	3.330	0	7.912	0.000	10.000	79.120	0.000	2,327.770	134.690	2,193.080
4+800.00	3.604	0	6.934	0.000	10.000	69.340	0.000	2,397.110	134.690	2,262.420
4+820.00	3.869	0	7.473	0.000	10.000	74.730	0.000	2,471.840	134.690	2,337.150
4+840.00	3.506	0	7.375	0.000	10.000	73.750	0.000	2,545.590	134.690	2,410.900
4+860.00	2.719	0	6.225	0.000	10.000	62.250	0.000	2,607.840	134.690	2,473.150
4+880.00	2.402	0	5.121	0.000	10.000	51.210	0.000	2,659.050	134.690	2,524.360
4+900.00	2.944	0	5.346	0.000	10.000	53.460	0.000	2,712.510	134.690	2,577.820

Tabla 21.- Terracerías.

CALCULO DE VOLUMENES DE PAVIMENTOS

ESTACION	D/2	AREAS				SUMA DE AREAS A1 + A2				VOLUMENES			
		CARPETA	BASE	SUBRASANTE	FILTRO	CARPETA	BASE	SUBRASANTE	FILTRO	CARPETA	BASE	SUBRASANTE	FILTRO
4+219.68		0.354	1.47	2.239	2.239								
4+220.00	0.160	0.354	1.473	2.248	2.248	0.708	2.943	4.487	4.487	0.110	0.470	0.720	0.720
4+240.00	10.000	0.427	1.781	2.866	2.907	0.781	3.254	5.114	5.155	7.810	32.540	51.140	51.550
4+243.68	1.840	0.459	1.908	2.969	2.976	0.886	3.689	5.835	5.883	1.630	6.790	10.740	10.820
4+250.00	3.160	0.46	1.944	3.119	3.150	0.919	3.852	6.088	6.126	2.900	12.170	19.240	19.360
4+260.00	5.000	0.457	1.846	2.77	2.770	0.917	3.790	5.889	5.920	4.590	18.950	29.450	29.600
4+270.00	5.000	0.46	1.916	3.033	3.060	0.917	3.762	5.803	5.830	4.590	18.810	29.020	29.150
4+273.65	1.825	0.46	1.92	3.04	3.063	0.920	3.836	6.073	6.123	1.680	7.000	11.080	11.170
4+280.00	3.175	0.403	1.683	2.682	2.698	0.863	3.603	5.722	5.761	2.740	11.440	18.170	18.290
4+300.00	10.000	0.354	1.462	2.231	2.231	0.757	3.145	4.913	4.929	7.570	31.450	49.130	49.290
4+320.00	10.000	0.354	1.493	2.407	2.429	0.708	2.955	4.638	4.660	7.080	29.550	46.380	46.600
4+340.00	10.000	0.354	1.493	2.456	2.545	0.708	2.986	4.863	4.974	7.080	29.860	48.630	49.740
4+360.00	10.000	0.354	1.493	2.471	2.604	0.708	2.986	4.927	5.149	7.080	29.860	49.270	51.490
4+380.00	10.000	0.354	1.493	2.47	2.591	0.708	2.986	4.941	5.195	7.080	29.860	49.410	51.950
4+400.00	10.000	0.354	1.493	2.434	2.469	0.708	2.986	4.904	5.060	7.080	29.860	49.040	50.600
4+420.00	10.000	0.354	1.493	2.4	2.411	0.708	2.986	4.834	4.880	7.080	29.860	48.340	48.800
4+440.00	10.000	0.437	1.823	2.884	2.947	0.791	3.316	5.284	5.358	7.910	33.160	52.840	53.580
4+442.48	1.240	0.459	1.906	2.982	3.045	0.896	3.729	5.866	5.992	1.110	4.620	7.270	7.430
4+450.00	3.760	0.459	1.873	2.909	2.969	0.918	3.779	5.891	6.014	3.450	14.210	22.150	22.610
4+460.00	5.000	0.459	1.871	2.904	2.963	0.918	3.744	5.813	5.932	4.590	18.720	29.070	29.660
4+470.00	5.000	0.459	1.91	3.002	3.064	0.918	3.781	5.906	6.027	4.590	18.910	29.530	30.140
4+472.42	1.210	0.459	1.91	3.026	3.089	0.918	3.820	6.028	6.153	1.110	4.620	7.290	7.450
4+480.00	3.790	0.392	1.645	2.676	2.761	0.851	3.555	5.702	5.850	3.230	13.470	21.610	22.170
4+500.00	10.000	0.354	1.493	2.4	2.411	0.746	3.138	5.076	5.172	7.460	31.380	50.760	51.720
4+520.00	10.000	0.354	1.492	2.315	2.315	0.708	2.985	4.715	4.726	7.080	29.850	47.150	47.260
4+540.00	10.000	0.354	1.437	2.157	2.157	0.708	2.929	4.472	4.472	7.080	29.290	44.720	44.720
4+560.00	10.000	0.354	1.457	2.193	2.193	0.708	2.894	4.350	4.350	7.080	28.940	43.500	43.500
4+580.00	10.000	0.354	1.458	2.195	2.195	0.708	2.915	4.388	4.388	7.080	29.150	43.880	43.880
4+600.00	10.000	0.354	1.482	2.256	2.256	0.708	2.940	4.451	4.451	7.080	29.400	44.510	44.510
4+620.00	10.000	0.354	1.479	2.27	2.270	0.708	2.961	4.526	4.526	7.080	29.610	45.260	45.260
4+640.00	10.000	0.354	1.473	2.241	2.241	0.708	2.952	4.511	4.511	7.080	29.520	45.110	45.110
4+660.00	10.000	0.354	1.478	2.254	2.254	0.708	2.951	4.495	4.495	7.080	29.510	44.950	44.950
4+680.00	10.000	0.354	1.482	2.271	2.271	0.708	2.960	4.525	4.525	7.080	29.600	45.250	45.250
4+700.00	10.000	0.354	1.474	2.232	2.232	0.708	2.956	4.503	4.503	7.080	29.560	45.030	45.030
4+720.00	10.000	0.356	1.52	2.431	2.438	0.710	2.994	4.663	4.670	7.100	29.940	46.630	46.700
4+740.00	10.000	0.356	1.525	2.44	2.446	0.712	3.045	4.871	4.884	7.120	30.450	48.710	48.840
4+760.00	10.000	0.356	1.542	2.546	2.559	0.712	3.067	4.986	5.005	7.120	30.670	49.860	50.050
4+780.00	10.000	0.354	1.492	2.352	2.360	0.710	3.034	4.898	4.919	7.100	30.340	48.980	49.190
4+800.00	10.000	0.354	1.491	2.349	2.358	0.708	2.983	4.701	4.718	7.080	29.830	47.010	47.180
4+820.00	10.000	0.354	1.477	2.279	2.280	0.708	2.968	4.628	4.638	7.080	29.680	46.280	46.380
4+840.00	10.000	0.354	1.492	2.364	2.377	0.708	2.969	4.643	4.657	7.080	29.690	46.430	46.570
4+860.00	10.000	0.354	1.493	2.441	2.506	0.708	2.985	4.805	4.883	7.080	29.850	48.050	48.830
4+880.00	10.000	0.354	1.493	2.458	2.538	0.708	2.986	4.899	5.044	7.080	29.860	48.990	50.440
4+900.00	10.000	0.354	1.493	2.45	2.506	0.708	2.986	4.908	5.044	7.080	29.860	49.080	50.440
4+920.00	10.000	0.354	1.493	2.419	2.447	0.708	2.986	4.869	4.953	7.080	29.860	48.690	49.530
4+940.00	10.000	0.354	1.492	2.356	2.361	0.708	2.985	4.775	4.808	7.080	29.850	47.750	48.080
4+960.00	10.000	0.354	1.492	2.332	2.333	0.708	2.984	4.688	4.694	7.080	29.840	46.880	46.940
4+980.00	10.000	0.354	1.479	2.243	2.243	0.708	2.971	4.575	4.576	7.080	29.710	45.750	45.760
5+000.00	10.000	0.354	1.445	2.169	2.169	0.708	2.924	4.412	4.412	7.080	29.240	44.120	44.120
5+020.00	10.000	0.354	1.452	2.182	2.182	0.708	2.897	4.351	4.351	7.080	28.970	43.510	43.510
5+040.00	10.000	0.354	1.479	2.268	2.268	0.708	2.931	4.450	4.450	7.080	29.310	44.500	44.500
5+060.00	10.000	0.354	1.491	2.35	2.360	0.708	2.970	4.618	4.628	7.080	29.700	46.180	46.280
5+080.00	10.000	0.354	1.493	2.434	2.468	0.708	2.984	4.784	4.828	7.080	29.840	47.840	48.280
5+100.00	10.000	0.354	1.493	2.471	2.605	0.708	2.986	4.905	5.073	7.080	29.860	49.050	50.730
5+120.00	10.000	0.354	1.493	2.471	2.610	0.708	2.986	4.942	5.215	7.080	29.860	49.420	52.150
5+140.00	10.000	0.354	1.493	2.471	0.000	0.708	2.986	4.942	2.610	7.080	29.860	49.420	26.100
5+160.00	10.000	0.354	1.493	2.471	0.000	0.708	2.986	4.942	0.000	7.080	29.860	49.420	0.000
5+180.00	10.000	0.354	1.493	2.471	0.000	0.708	2.986	4.942	0.000	7.080	29.860	49.420	0.000
5+200.00	10.000	0.354	1.493	2.471	0.000	0.708	2.986	4.942	0.000	7.080	29.860	49.420	0.000
5+220.00	10.000	0.354	1.493	2.471	0.000	0.708	2.986	4.942	0.000	7.080	29.860	49.420	0.000
5+240.00	10.000	0.354	1.493	2.471	0.000	0.708	2.986	4.942	0.000	7.080	29.860	49.420	0.000
5+260.00	10.000	0.354	1.493	2.471	0.000	0.708	2.986	4.942	0.000	7.080	29.860	49.420	0.000

Tabla 22.- Pavimentos.

“Proyecto Geométrico Del Camino Puente El Pitayo - Las Bateas - San José De Chila del km 4+219.68 al km 23+641.07 En El Municipio De Apatzingan, Michoacán”

CALCULO DE AREA DE BARRIDO

ESTACION	ANCHO M	LARGO M	PROMEDIO ANCHOS M	AREA M ²	AREA ACUMULADA M ²
4+219.68	7.529				
4+220.00	7.562	0.320	7.546	2.415	2.415
4+240.00	9.334	20.000	8.448	168.960	171.375
4+243.68	9.887	3.680	9.611	35.367	206.742
4+250.00	10.229	6.320	10.058	63.567	270.309
4+260.00	9.487	10.000	9.858	98.580	368.889
4+270.00	9.88	10.000	9.684	96.835	465.724
4+273.65	9.91	3.650	9.895	36.117	501.841
4+280.00	8.926	6.350	9.418	59.804	561.645
4+300.00	7.495	20.000	8.211	164.210	725.855
4+320.00	7.899	20.000	7.697	153.940	879.795
4+340.00	7.899	20.000	7.899	157.980	1,037.775
4+360.00	7.899	20.000	7.899	157.980	1,195.755
4+380.00	7.899	20.000	7.899	157.980	1,353.735
4+400.00	7.899	20.000	7.899	157.980	1,511.715
4+420.00	7.899	20.000	7.899	157.980	1,669.695
4+440.00	9.525	20.000	8.712	174.240	1,843.935
4+442.48	9.841	2.480	9.683	24.014	1,867.949
4+450.00	9.781	7.520	9.811	73.779	1,941.728
4+460.00	9.782	10.000	9.782	97.815	2,039.543
4+470.00	9.927	10.000	9.855	98.545	2,138.088
4+472.42	9.987	2.420	9.957	24.096	2,162.184
4+480.00	8.647	7.580	9.317	70.623	2,232.807
4+500.00	7.899	20.000	8.273	165.460	2,398.267
4+520.00	7.825	20.000	7.862	157.240	2,555.507
4+540.00	7.4	20.000	7.613	152.250	2,707.757
4+560.00	7.344	20.000	7.372	147.440	2,855.197
4+580.00	7.349	20.000	7.347	146.930	3,002.127
4+600.00	7.594	20.000	7.472	149.430	3,151.557
4+620.00	7.652	20.000	7.623	152.460	3,304.017
4+640.00	7.535	20.000	7.594	151.870	3,455.887
4+660.00	7.587	20.000	7.561	151.220	3,607.107
4+680.00	7.657	20.000	7.622	152.440	3,759.547
4+700.00	7.499	20.000	7.578	151.560	3,911.107
4+720.00	7.971	20.000	7.735	154.700	4,065.807
4+740.00	8.004	20.000	7.988	159.750	4,225.557
4+760.00	8.283	20.000	8.144	162.870	4,388.427

Tabla 23.- Área de barrido.

CALCULO DE VOLUMEN DE EMULSION PARA RIEGO DE IMPREGNACION

ESTACION	ANCHO M	LARGO M	PROMEDIO ANCHOS M	AREA M ²	DOSIFICACION Lts/M ²	VOLUMEN Lts.	VOLUMEN ACUMULADO
4+219.68	7.529						
4+220.00	7.562	0.320	7.546	2.415	1.80	4.35	4.35
4+240.00	9.334	20.000	8.448	168.960	1.80	304.13	308.48
4+243.68	9.887	3.680	9.611	35.367	1.80	63.66	372.14
4+250.00	10.229	6.320	10.058	63.567	1.80	114.42	486.56
4+260.00	9.487	10.000	9.858	98.580	1.80	177.44	664.00
4+270.00	9.88	10.000	9.684	96.835	1.80	174.30	838.30
4+273.65	9.91	3.650	9.895	36.117	1.80	65.01	903.31
4+280.00	8.926	6.350	9.418	59.804	1.80	107.65	1,010.96
4+300.00	7.495	20.000	8.211	164.210	1.80	295.58	1,306.54
4+320.00	7.899	20.000	7.697	153.940	1.80	277.09	1,583.63
4+340.00	7.899	20.000	7.899	157.980	1.80	284.36	1,867.99
4+360.00	7.899	20.000	7.899	157.980	1.80	284.36	2,152.35
4+380.00	7.899	20.000	7.899	157.980	1.80	284.36	2,436.71
4+400.00	7.899	20.000	7.899	157.980	1.80	284.36	2,721.07
4+420.00	7.899	20.000	7.899	157.980	1.80	284.36	3,005.43
4+440.00	9.525	20.000	8.712	174.240	1.80	313.63	3,319.06
4+442.48	9.841	2.480	9.683	24.014	1.80	43.23	3,362.29
4+450.00	9.781	7.520	9.811	73.779	1.80	132.80	3,495.09
4+460.00	9.782	10.000	9.782	97.815	1.80	176.07	3,671.16
4+470.00	9.927	10.000	9.855	98.545	1.80	177.38	3,848.54
4+472.42	9.987	2.420	9.957	24.096	1.80	43.37	3,891.91
4+480.00	8.647	7.580	9.317	70.623	1.80	127.12	4,019.03
4+500.00	7.899	20.000	8.273	165.460	1.80	297.83	4,316.86
4+520.00	7.825	20.000	7.862	157.240	1.80	283.03	4,599.89
4+540.00	7.4	20.000	7.613	152.250	1.80	274.05	4,873.94
4+560.00	7.344	20.000	7.372	147.440	1.80	265.39	5,139.33
4+580.00	7.349	20.000	7.347	146.930	1.80	264.47	5,403.80
4+600.00	7.594	20.000	7.472	149.430	1.80	268.97	5,672.77
4+620.00	7.652	20.000	7.623	152.460	1.80	274.43	5,947.20
4+640.00	7.535	20.000	7.594	151.870	1.80	273.37	6,220.57
4+660.00	7.587	20.000	7.561	151.220	1.80	272.20	6,492.77
4+680.00	7.657	20.000	7.622	152.440	1.80	274.39	6,767.16
4+700.00	7.499	20.000	7.578	151.560	1.80	272.81	7,039.97
4+720.00	7.971	20.000	7.735	154.700	1.80	278.46	7,318.43
4+740.00	8.004	20.000	7.988	159.750	1.80	287.55	7,605.98
4+760.00	8.283	20.000	8.144	162.870	1.80	293.17	7,899.15
4+780.00	7.826	20.000	8.055	161.090	1.80	289.96	8,189.11
4+800.00	7.803	20.000	7.815	156.290	1.80	281.32	8,470.43
4+820.00	7.631	20.000	7.717	154.340	1.80	277.81	8,748.24
4+840.00	7.842	20.000	7.737	154.730	1.80	278.51	9,026.75
4+860.00	7.899	20.000	7.871	157.410	1.80	283.34	9,310.09
4+880.00	7.899	20.000	7.899	157.980	1.80	284.36	9,594.45
4+900.00	7.899	20.000	7.899	157.980	1.80	284.36	9,878.81

Tabla 24.- Volumen de emulsión.

CALCULO DE VOLUMEN DE ARENA EN POREO

ESTACION	ANCHO M	ESPEJOR M	AREA M ²	A1+A2 M ²	D/2 M	VOLUMEN M ³	VOLUMEN ACUMULADO
4+219.68	7.529	0.008	0.060				
4+220.00	7.562	0.008	0.060	0.120	0.16	0.02	0.02
4+240.00	9.334	0.008	0.070	0.130	10.00	1.30	1.32
4+243.68	9.887	0.008	0.080	0.150	1.84	0.28	1.60
4+250.00	10.229	0.008	0.080	0.160	3.16	0.51	2.11
4+260.00	9.487	0.008	0.080	0.160	5.00	0.80	2.91
4+270.00	9.88	0.008	0.080	0.160	5.00	0.80	3.71
4+273.65	9.91	0.008	0.080	0.160	1.82	0.29	4.00
4+280.00	8.926	0.008	0.070	0.150	3.18	0.48	4.48
4+300.00	7.495	0.008	0.060	0.130	10.00	1.30	5.78
4+320.00	7.899	0.008	0.060	0.120	10.00	1.20	6.98
4+340.00	7.899	0.008	0.060	0.120	10.00	1.20	8.18
4+360.00	7.899	0.008	0.060	0.120	10.00	1.20	9.38
4+380.00	7.899	0.008	0.060	0.120	10.00	1.20	10.58
4+400.00	7.899	0.008	0.060	0.120	10.00	1.20	11.78
4+420.00	7.899	0.008	0.060	0.120	10.00	1.20	12.98
4+440.00	9.525	0.008	0.080	0.140	10.00	1.40	14.38
4+442.48	9.841	0.008	0.080	0.160	1.24	0.20	14.58
4+450.00	9.781	0.008	0.080	0.160	3.76	0.60	15.18
4+460.00	9.782	0.008	0.080	0.160	5.00	0.80	15.98
4+470.00	9.927	0.008	0.080	0.160	5.00	0.80	16.78
4+472.42	9.987	0.008	0.080	0.160	1.21	0.19	16.97
4+480.00	8.647	0.008	0.070	0.150	3.79	0.57	17.54
4+500.00	7.899	0.008	0.060	0.130	10.00	1.30	18.84
4+520.00	7.825	0.008	0.060	0.120	10.00	1.20	20.04
4+540.00	7.4	0.008	0.060	0.120	10.00	1.20	21.24
4+560.00	7.344	0.008	0.060	0.120	10.00	1.20	22.44
4+580.00	7.349	0.008	0.060	0.120	10.00	1.20	23.64
4+600.00	7.594	0.008	0.060	0.120	10.00	1.20	24.84
4+620.00	7.652	0.008	0.060	0.120	10.00	1.20	26.04
4+640.00	7.535	0.008	0.060	0.120	10.00	1.20	27.24
4+660.00	7.587	0.008	0.060	0.120	10.00	1.20	28.44
4+680.00	7.657	0.008	0.060	0.120	10.00	1.20	29.64
4+700.00	7.499	0.008	0.060	0.120	10.00	1.20	30.84
4+720.00	7.971	0.008	0.060	0.120	10.00	1.20	32.04
4+740.00	8.004	0.008	0.060	0.120	10.00	1.20	33.24
4+760.00	8.283	0.008	0.070	0.130	10.00	1.30	34.54
4+780.00	7.826	0.008	0.060	0.130	10.00	1.30	35.84
4+800.00	7.803	0.008	0.060	0.120	10.00	1.20	37.04
4+820.00	7.631	0.008	0.060	0.120	10.00	1.20	38.24
4+840.00	7.842	0.008	0.060	0.120	10.00	1.20	39.44
4+860.00	7.899	0.008	0.060	0.120	10.00	1.20	40.64
4+880.00	7.899	0.008	0.060	0.120	10.00	1.20	41.84
4+900.00	7.899	0.008	0.060	0.120	10.00	1.20	43.04

Tabla 25.- Volumen de arena.

RESUMEN DE VOLÚMENES DE TERRACERÍAS Y PAVIMENTO

CONCEPTO	VOLUMEN (M ³)	ÁREA
Vol. Despalme en Corte	8,323.98 M3	
Vol. Despalme en Terraplén	18,617.13 M3	
Vol. Escalones de Liga	8,982.04 M3	
Volumen de Corte	65,255.59 M3	
Volumen de Terraplén	156,622.77 M3	
Volumen de Carpeta Asfáltica	7,029.61 M3	
Volumen de Base Hidráulica	29,764.65 M3	
Volumen de Subrasante	48,807.91 M3	
Volumen de Filtro	24,792.36 M3	
Área de Barrido		157,516.008 M ²
Volumen de Emulsión	283,527.67 Lts.	
Volumen de Arena de Poreo	1,234.63 M ³	

Tabla 26.- Resumen de volúmenes y áreas.

3.5 PROYECTO DE OBRAS COMPLEMENTARIAS DE DRENAJE

Las obras de drenaje son elementos estructurales que eliminan la inaccesibilidad de un camino, provocada por el agua o la humedad.

Los objetivos primordiales de las obras de drenaje son:

- a. Dar salida al agua que llegue a acumular en el camino.
- b. Reducir o eliminar la cantidad de agua que se dirija hacia el camino.

- c. Evitar que el agua provoque daños estructurales.

De la construcción de las obras de drenaje, dependerá en gran parte la vida útil, facilidad de acceso y la vida útil del camino.

Tipos de drenaje

Para llevar a cabo lo anteriormente citado, se utiliza el drenaje superficial y el drenaje subterráneo.

Drenaje superficial.- Se construye sobre la superficie de el camino o terreno, con funciones de captación, salida, defensa y cruce, algunas obras cumplen con varias funciones al mismo tiempo.

En el drenaje superficial encontramos: cunetas, contracunetas, bombeo, lavaderos, zampeados, y el drenaje transversal.

Cunetas.- Anteriormente ya se había explicado lo que era una cuneta.

Se evitara dar una gran longitud a las cunetas, mediante el uso de obras de alivio.

Contracunetas.- Anteriormente ya se había explicado lo que era una contracuneta.

Bombeo.- Es la inclinación que se da a ambos lados del camino, para drenar la superficie del mismo, evitando que el agua se encharque provocando reblandecimientos o que corra por el centro del camino causando daños debido a la erosión.

El bombeo depende del camino y tipo de superficie, se mide su inclinación en porcentaje y es usual un 2 a 4 por ciento en caminos revestidos.

Zampeado.- Es una protección a la superficie de rodamiento o cunetas, contra la erosión donde se presenta fuertes pendientes. Se realiza con piedra, concreto ciclópeo o concreto simple.

Lavaderos.- Son pequeños encauzamientos a través de cubiertas de concreto, lamina, piedra con mortero o piedra acomodada que se colocan en las salidas de las alcantarillas o terrenos erosionables, eliminando los daños que originaria la velocidad del agua.

Drenaje transversal.- Su finalidad es permitir el paso transversal del agua sobre un camino, sin obstaculizar el paso.

En este tipo de drenajes, algunas veces será necesario construir grandes obras u obras pequeñas denominas obras de drenaje mayor y obras de drenaje menor, respectivamente.

Obras de drenaje mayor.- Requiere de conocimientos y estudios especiales, entre ellas podemos mencionar los puentes, puentes – vado y bóvedas.

Aunque los estudios estructurales de estas obras son diferentes para cada una, la primera etapa de selección e integración de datos preliminares es común.

Así con la comparación de varios lugares del mismo río o arroyo elegiremos el lugar más indicado basándonos en el ancho y altura del cruce, de preferencia que no se encuentre en lugares donde la corriente tiene deflexiones y aprovechando las mejores características geológicas y de altura donde vamos descendiendo o ascendiendo con el trazo.

Las bóvedas de medio punto construidas con mampostería son adecuadas cuando requerimos salvar un claro con una altura grande de la rasante al piso del río.

Los vados son estructuras muy pegadas al terreno natural, generalmente losas a piso, tienen ventajas en cauces amplios con tirantes pequeños y régimen torrencial por corto tiempo. La construcción de vados es económica y accesibles a los cambios rurales por el aprovechamiento de los recursos del lugar, ya que pueden ser construidos de mampostería, concreto simple, ciclópeo y hasta de lamina. Su diseño debe evitar provocar erosión aguas arriba y aguas abajo, además de evitar que se provoque régimen turbulento que también es causa de socavación.

El puente – vado, es una estructura en forma de puente y con características de vado, que permite el paso del agua a través de claros inferiores en niveles ordinarios, y por la parte superior cuando se presentan avenidas con aguas máximas extraordinarias.

La altura de la obra debe permitir que cuando se presenten avenidas en aguas máximas extraordinarias los árboles u objetos arrastrados no dañen la estructura.

Los puentes son estructuras de más de seis metros de claro, se distingue de las alcantarillas por el colchón que estas levantan en la parte superior.

La estructura de un puente está formada por la infraestructura, la subestructura y la superestructura.

La infraestructura se manifiesta en zapatas de concreto o mampostería, cilindros de cimentación y pilotes. La subestructura forma parte de un puente a través de pilas centrales, estribos, columnas metálicas sobre pedestales de concreto, caballetes de madera, etc. la superestructura integra la parte superior de un puente por medio de través de concreto o metálicas, vigas y pisos de madera, losas de concreto, nervaduras armadas de fierro, madera, cable, etc.

Obras de drenaje menor:

Las alcantarillas son estructuras transversales al camino que permiten el cruce del agua y están protegidas por una capa de material en la parte superior, pueden ser de forma rectangular, cuadrada, de arco o tubular, se construyen de concreto, lamina, piedra o madera.

Para canalizar el agua se complementan con muros o aleros en la entrada y salida, podemos decir que actualmente en los caminos rurales, las más usuales son las alcantarillas laminares.

Drenaje subterráneo.- el drenaje subterráneo es un gran auxiliar para eliminar humedad que inevitablemente ha llegado al camino y así evitar que provoque asentamientos o deslizamientos de material.

Son usuales los drenes ciegos que consisten en zanjas bajo las cunetas rellenas con material graduado con una base firme que evite filtraciones mas allá de donde se desea, dirigiendo el agua hacia un lugar donde se le pueda retirar de manera superficial del camino, las dimensiones varían según las características hidrológicas del lugar donde se van a construir, son funcionales en varios tipos de camino. La plantilla de estos es de 45 cm. Y de 80 a 100 cm. De profundidad, el material se graduara cuidadosamente en capas con tamaños uniformes.

También se usan con el mismo fin drenes con tubos perforados que recogen el agua de la parte inferior del camino bajo las cunetas, su construcción consiste en la apertura de una zanja para colocar un tubo de barro o concreto que canalice el agua.

El cuidado con que se coloquen los tubos, la determinación de su diámetro y resistencia, influirá en la funcionalidad y duración del dren.

El diámetro no será menor a quince centímetros con numerosas perforaciones, relleno con material adecuado para evitar taponamientos que junto con las roturas del tubo, son las principales fallas de este tipo de drenaje.

Cualquier tipo de drenaje subterráneo, debe permitir una salida fácil del agua con pendiente adecuada no menor del medio por ciento.

RELACIÓN DE CUNETAS

HOMBRO IZQUIERDO				HOMBRO DERECHO			
NUMERO	CADENAMIENTO DE INICIO	CADENAMIENTO FINAL	LONGITUD	NUMERO	CADENAMIENTO DE INICIO	CADENAMIENTO FINAL	LONGITUD
1	4+430.48	4+484.42	53.93	1	5+120.00	5+350.00	230.00
2	5+120.00	5+420.00	300.00	2	6+500.00	6+339.97	160.03
3	6+500.00	6+200.00	300.00	3	7+560.00	7+310.00	250.00
4	7+560.00	7+380.00	180.00	4	7+900.00	7+740.00	160.00
5	7+900.00	7+740.00	160.00	5	8+287.22	8+340.95	53.72
6	8+194.43	8+226.40	31.96	6	8+510.02	8+543.59	33.57
7	8+379.60	8+413.08	33.48	7	8+960.00	8+860.00	100.00
8	8+940.00	8+810.00	130.00	8	9+007.92	9+051.10	43.18
9	9+466.22	9+440.00	26.22	9	9+264.73	9+297.77	33.04
10	9+580.00	9+524.91	55.09	10	9+579.99	9+440.00	139.99
11	9+998.16	10+070.00	71.84	11	9+842.69	9+878.58	35.89
12	10+500.11	10+440.00	60.11	12	10+600.00	10+460.00	140.00
13	10+600.00	10+540.00	60.00	13	11+320.00	11+360.00	40.00
14	10+735.86	10+766.56	30.71	14	11+320.00	11+180.00	140.00
15	10+934.99	10+968.90	33.91	15	11+700.00	11+660.00	40.00
16	11+320.00	11+260.00	60.00	16	11+940.00	11+820.00	120.00
17	11+840.00	11+660.00	180.00	17	11+992.51	12+052.47	59.96
18	11+940.00	11+880.00	60.00	18	12+260.00	12+180.00	80.00
19	12+313.91	12+380.00	66.09	19	12+480.00	12+370.00	110.00
20	13+640.00	13+620.00	20.00	20	12+660.00	12+540.00	120.00
21	13+980.00	13+950.00	30.00	21	12+880.00	12+740.00	140.00
22	14+170.00	14+220.00	50.00	22	12+970.00	12+950.00	20.00
23	14+170.00	14+140.00	30.00	23	13+310.00	13+050.00	260.00
24	14+815.17	14+850.00	34.83	24	13+350.00	13+330.00	20.00
25	15+429.84	15+483.31	53.47	25	13+470.00	13+400.00	70.00
26	16+223.22	16+170.00	53.22	26	13+545.00	13+582.66	37.66
27	16+520.00	16+530.00	10.00	27	13+660.00	13+620.00	40.00
28	16+898.67	16+750.00	148.67	28	13+660.00	13+698.23	38.23
29	17+100.00	17+013.35	86.65	29	13+807.60	13+854.87	47.26
30	17+223.32	17+271.23	47.91	30	13+980.00	13+910.00	70.00
31	17+550.00	17+600.00	50.00	31	14+170.00	14+120.00	50.00

Tabla 27.- Relación de cunetas.

Anexo 14.- El registro completo de las cunetas se encuentra en formato digital.

RELACIÓN DE BORDILLOS

HOMBRO IZQUIERDO				HOMBRO DERECHO			
NUMERO	CADENAMIENTO DE INICIO	CADENAMIENTO FINAL	LONGITUD	NUMERO	CADENAMIENTO DE INICIO	CADENAMIENTO FINAL	LONGITUD
1	4+230.0	4+340.0	115.5	1	4+230.0	4+340.0	110.0
2	4+340.0	4+347.2	7.5	2	4+340.0	4+350.3	10.5
3	4+680.0	4+672.3	7.9	3	4+680.0	4+670.3	11.0
4	4+680.0	4+770.0	90.0	4	4+680.0	4+750.0	70.0
5	5+610.0	5+670.0	60.0	5	6+080.0	6+069.3	13.2
6	5+670.0	5+678.5	8.5	6	6+080.0	6+200.0	121.0
7	5+840.0	5+920.0	80.0	7	10+250.0	10+237.8	12.8
8	5+840.0	5+828.7	11.4	8	10+250.0	10+410.0	160.4
9	5+980.0	5+966.7	13.3	9	11+360.0	11+354.1	6.7
10	5+980.0	6+200.0	218.9	10	11+360.0	11+460.0	98.8
11	10+070.0	10+051.8	18.2	11	11+460.0	11+464.1	4.2
12	10+070.0	10+410.0	338.0	12	12+690.0	12+682.3	8.4
13	11+050.0	11+039.5	10.6	13	12+690.0	12+740.0	50.5
14	11+050.0	11+090.0	40.0	14	12+890.0	12+950.0	60.0
15	12+380.0	12+371.0	9.0	15	12+950.0	12+961.8	13.6
16	12+380.0	12+440.0	60.5	16	12+990.0	13+050.0	60.3
17	12+480.0	13+135.0	651.5	17	13+050.0	13+059.7	13.3
18	13+190.0	13+590.0	394.6	18	13+310.0	13+298.0	12.8
19	13+340.0	13+340.0	2.5	19	13+310.0	13+330.0	20.0
20	14+220.0	14+270.0	50.0	20	13+545.0	13+552.0	7.6
21	14+270.0	14+279.6	9.8	21	13+545.0	13+530.0	15.0
22	14+550.0	14+815.2	264.8	22	14+600.0	14+589.5	11.0
23	14+850.0	14+843.1	7.6	23	14+600.0	14+720.0	120.9
24	14+850.0	14+930.0	80.4	24	14+850.0	14+842.7	9.2
25	14+960.0	14+951.9	8.6	25	14+850.0	14+915.0	65.0
26	14+960.0	15+050.0	87.8	26	15+810.0	15+800.2	10.3
27	15+050.0	15+429.8	376.9	27	15+810.0	15+930.0	123.0
28	15+760.0	15+753.7	6.7	28	15+930.0	15+938.9	9.3
29	15+760.0	16+170.0	407.4	29	16+090.0	16+170.0	79.0
30	16+170.0	16+180.0	11.4	30	16+170.0	16+180.0	11.0
31	16+223.2	16+350.0	122.3	31	17+500.0	17+490.7	9.6
32	16+450.0	16+490.0	41.4	32	17+500.0	17+550.0	50.0
33	16+490.0	16+494.9	5.4	33	17+890.0	17+990.0	98.2

Tabla 28.- Relación de bordillos.

El registro completo de los bordillos se encuentra en formato digital el anexo 14.

RELACIÓN DE LAVADEROS

HOMBRO IZQUIERDO				HOMBRO DERECHO			
NUMERO	CADENAMIENTO	LONGITUD REAL	VOLUMEN	NUMERO	CADENAMIENTO	LONGITUD REAL	VOLUMEN
1	5+120.00	4.21	0.71	1	5+120.00	4.21	0.71
2	5+150.00	4.21	0.71	2	5+150.00	4.21	0.71
3	5+200.00	4.21	0.71	3	5+200.00	4.21	0.71
4	5+250.00	4.21	0.71	4	5+250.00	4.21	0.71
5	5+350.00	4.41	0.73	5	5+350.00	4.21	0.71
6	5+400.00	2.95	0.56	6	5+350.00	4.21	0.71
7	5+420.00	2.64	0.52	7	6+340.05	3.00	0.56
8	6+200.00	2.40	0.49	8	6+350.00	3.00	0.56
9	6+250.00	2.40	0.49	9	6+400.00	3.00	0.56
10	6+300.00	2.40	0.49	10	6+450.00	3.00	0.56
11	6+350.00	3.00	0.56	11	7+310.00	2.38	0.49
12	6+400.00	3.00	0.56	12	7+360.00	2.97	0.56
13	6+450.00	3.00	0.56	13	7+410.00	4.20	0.70
14	7+380.00	3.28	0.59	14	7+510.00	3.75	0.65
15	7+410.00	3.57	0.63	15	7+560.00	2.90	0.55
16	7+510.00	3.20	0.58	16	7+740.00	2.80	0.54
17	7+560.00	2.81	0.54	17	7+850.00	3.50	0.62
18	7+740.00	2.81	0.54	18	7+900.00	2.77	0.53
19	7+850.00	3.37	0.61	19	8+287.22	3.09	0.57
20	7+900.00	2.81	0.54	20	8+543.59	3.91	0.67
21	8+194.43	1.67	0.40	21	8+860.00	2.96	0.56
22	8+379.60	2.76	0.53	22	8+960.00	2.72	0.53
23	8+810.00	2.64	0.52	23	9+051.10	2.98	0.56
24	8+850.00	3.14	0.58	24	9+264.73	3.17	0.58
25	8+940.00	3.33	0.60	25	9+440.00	2.70	0.53
26	9+440.00	3.18	0.58	26	9+550.00	3.47	0.62
27	9+550.00	3.79	0.66	27	9+579.99	2.87	0.55
28	9+580.00	3.10	0.57	28	9+878.58	4.45	0.73
29	9+998.16	4.69	0.76	29	10+460.00	2.70	0.52
30	10+440.00	2.83	0.54	30	10+490.00	3.74	0.65
31	10+540.00	3.56	0.63	31	10+540.00	3.30	0.60
32	10+735.86	2.63	0.52	32	11+180.00	2.70	0.52
33	10+934.99	6.26	0.95	33	11+220.00	3.57	0.63

Tabla 29.- Relación de lavaderos.

El registro completo de los lavaderos se encuentra en formato digital el anexo 14.

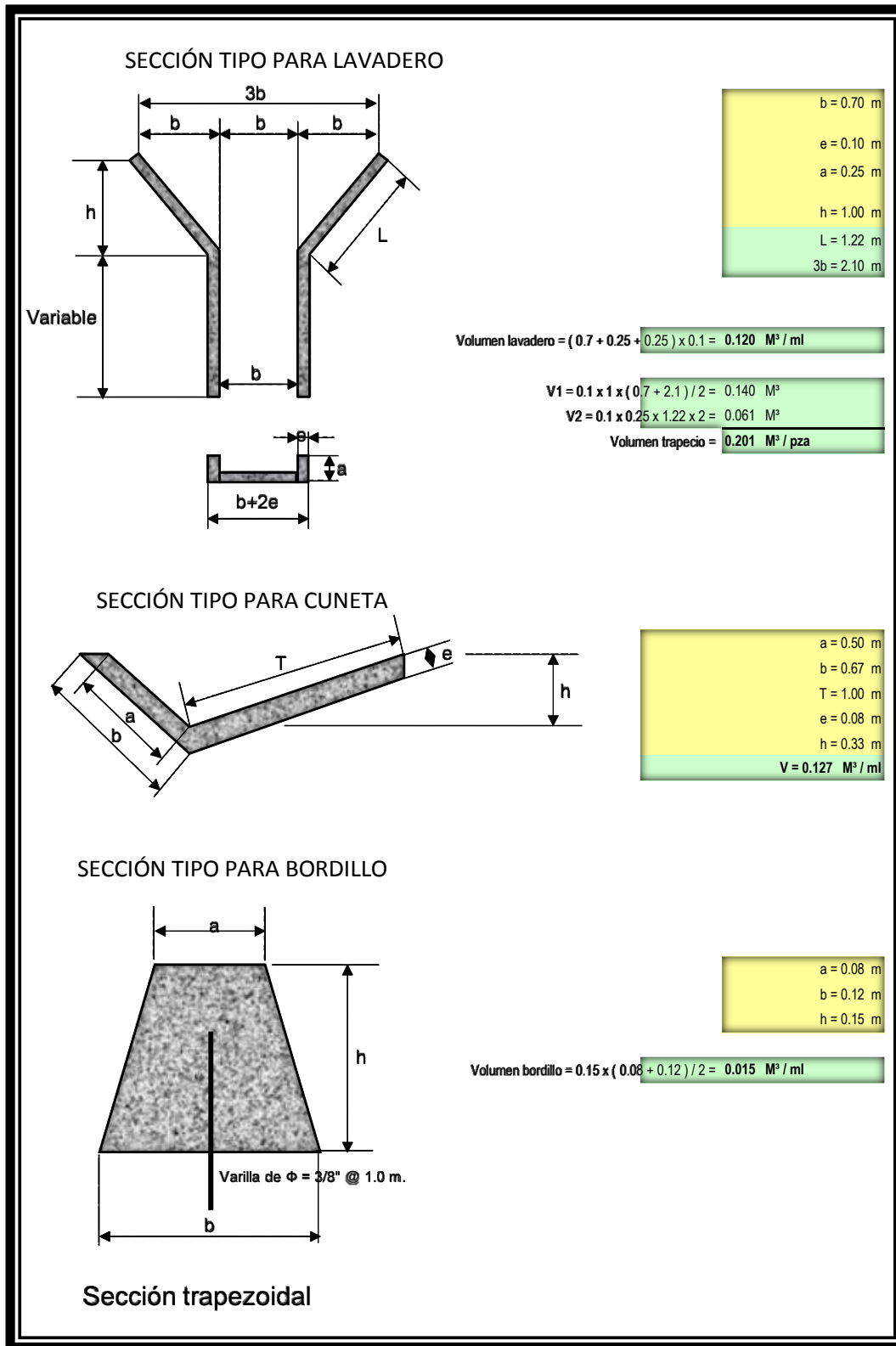


Figura 151.- Secciones tipo para lavaderos, cunetas y bordillos.

Alcantarilla de tubo simple 1.20 m

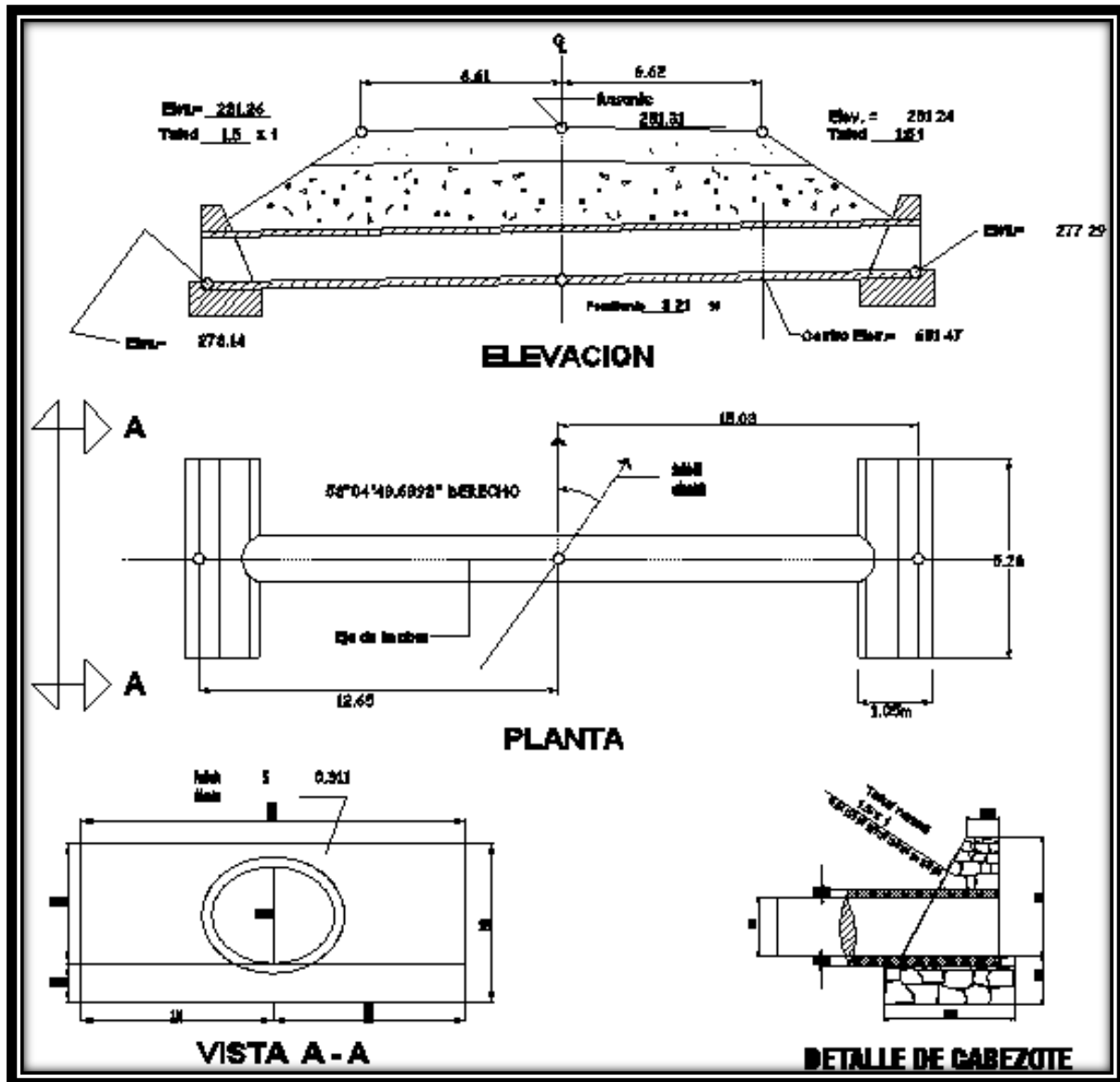


Figura 152.- Detalle de alcantarilla.

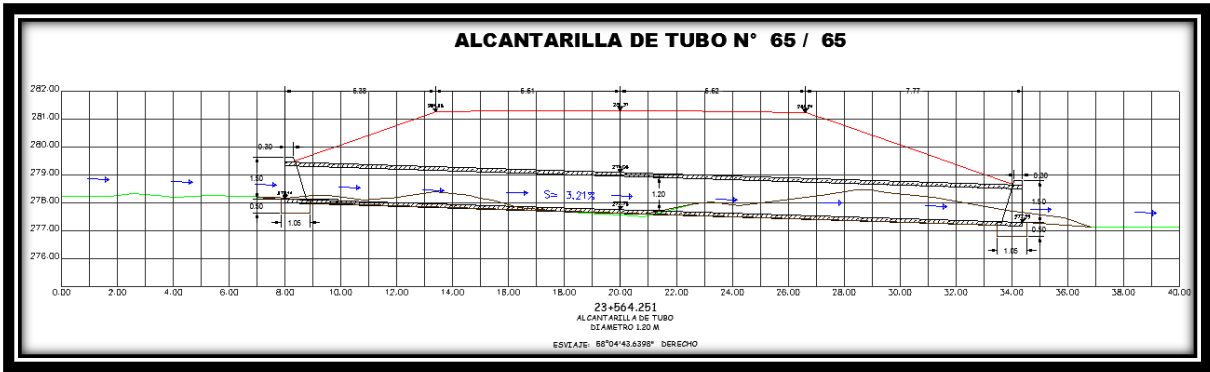


Figura 153.- Sección en corte de alcantarilla de tubo.

Alcantarilla de losa

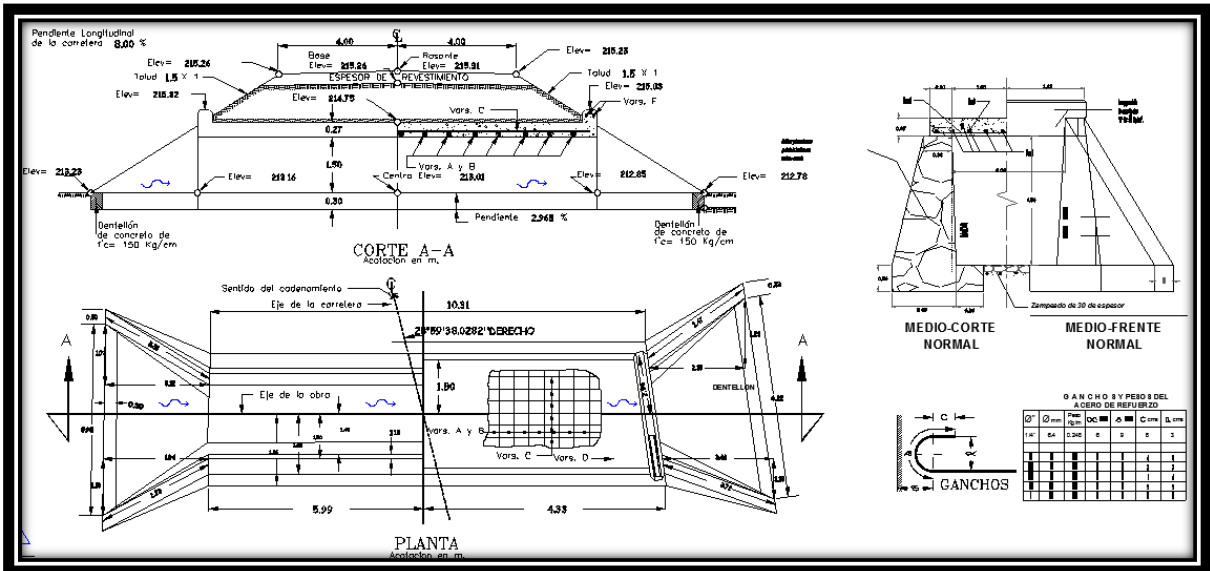


Figura 154.- Detalle de alcantarilla de losa.

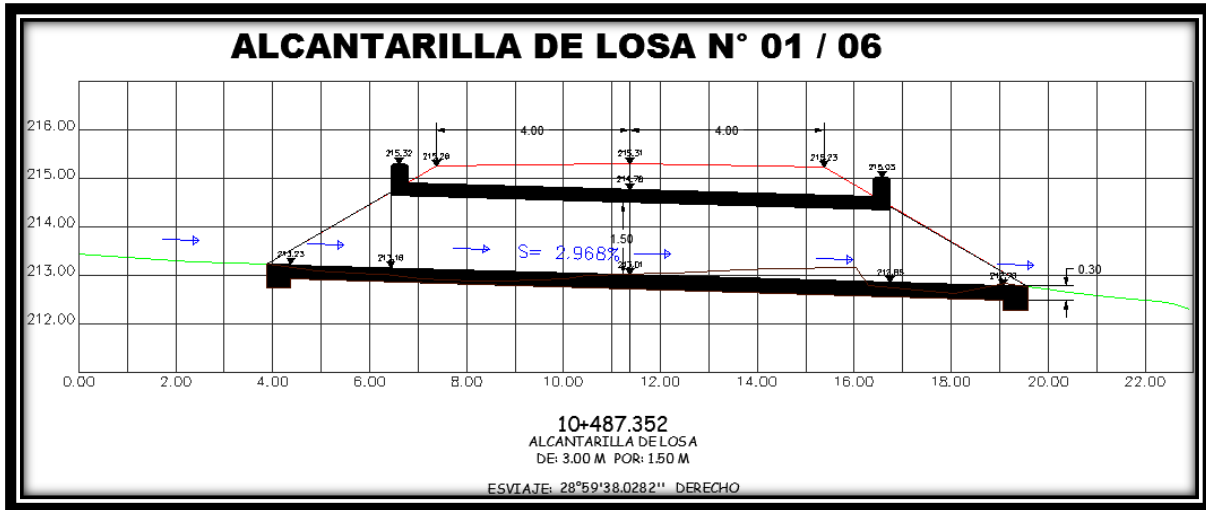


Figura 155.- Sección en corte de alcantarilla de losa.

Anexo 15.- El registro completo de las alcantarillas se encuentra en formato digital.

CANTIDADES DE OBRA DE LAS ALCANTARILLAS DE TUBO

NUMERO	ESTACIÓN	TUBO ml	EXCAVACIÓN M3	MAMPOSTERÍA M3
1	5+305.000	11.55	9.2475	12.37
2	6+380.000	10.81	9.865	12.37
3	7+470.000	10.33	6.63	12.37
4	7+800.000	9.96	7.3	12.37
5	8+900.000	11.08	12.3525	12.37
6	9+500.000	10.61	6.15	12.37
7	9+901.051	17.3	59.9375	11.41
8	10+735.505	10.5	33.525	12.37
9	11+680.000	10.37	13.88	12.37
16	12+867.920	14.19	38.15	12.31
17	12+882.904	11.23	84.88	12.28
18	12+892.181	9.44	48.01	12.37
19	12+971.811	10.94	28.53	12.29
20	12+990.272	12.59	148.845	12.18
21	13+131.241	18.06	36.855	18.325
22	13+192.522	16.53	49.415	18.165

23	13+477.207	12.01	76.6175	12.28
24	13+588.787	11.05	59.0775	12.18
25	13+638.424	10.61	5.23	12.33
26	13+940.000	12.44	10.835	12.37
27	13+968.429	13.04	9.38	12.21
28	14+219.298	13.93	58.39	11.74
29	14+415.760	11.4	18.97	12.2
30	14+520.000	10.47	12.64	12.37
31	14+714.708	24.09	345.785	10.37
32	14+803.462	23.41	83.5	10.49
33	14+833.392	12.9	13.88	12.19
34	14+940.000	11.18	16.25	12.32
35	15+020.209	35.41	57.73	10.47
36	15+140.943	11.94	146.123	12.08
37	15+240.240	22.94	68.47	10.3
38	15+430.766	26.74	60.6325	26.74
39	15+548.699	12.68	47.025	12.23
40	15+548.699	25.03	72.975	11.3
41	15+600.000	20.75	27.25	12.24
42	15+640.000	23.52	57.95	12.21
43	15+743.434	28.41	72.67	24.2
44	16+043.191	9.44	96	12.37
45	16+205.152	41.45	43.87	30.2
46	16+351.224	12.79	31.87	12.21
47	16+492.085	12.79	31.87	12.21
48	16+531.587	12.8	9.35	12.33
49	16+740.000	11.99	15.12	12.15
50	17+040.912	11.05	9.95	12.37
51	17+120.000	12.13	10.35	12.13
52	18+075.000	14.68	26	12.37
53	18+430.000	11.2	12.1	12.37
54	19+111.728	10.81	67.17	12.31
55	20+310.000	10.19	21.7	12.36
56	20+445.000	14.56	37.45	12.06
57	20+717.250	14.89	107.625	11.43
58	20+899.795	15.42	16.05	12.37
59	20+988.098	14.39	5.24	12.33
60	21+978.904	11.06	11.05	12.31
61	22+151.624	45.23	59.28	8.51
62	22+480.000	20.52	69.38	10.57

“Proyecto Geométrico Del Camino Puente El Pitayo - Las Bateas - San José De Chila del km 4+219.68 al km 23+641.07 En El Municipio De Apatzingan, Michoacán”

63	22+865.740	18.1	25.625	11.63
64	23+173.086	9.77	21.12	12.36
65	23+564.251	27.68	33.875	11.16
TOTAL		1001	2879.704	836.95

Tabla 30.- Cantidades de obra de las alcantarillas de tubo

Anexo 16.- El registro de cantidades de obra de tubo está en formato digital.

CANTIDADES DE OBRA DE LAS ALCANTARILLAS DE LOSA					
ESTACIÓN	CONCRETO 250	ACERO DE REFUERZO Kg	ZAMPEADO M3	EXCAVACIÓN M3	MAMPOSTERÍA M3
10+487.352	10.32	1,065.33	19.26	19.76	19.51
11+280.000	11.02	1,120.04	19.86	19.844	20.3
16+831.801	29.01	3,212.46	52.68	91.19	23.35
17+258.145	28.51	3,118.35	42.47	83.34	7.2
19+428.340	20.02	2,005.44	31.41	45.84	61.46
20+126.173	29.15	3,181.54	48.31	33.37	17.59
RESULTADOS	128.03	13,703.16	213.99	293.34	149.41

Tabla 31.- Cantidades de obra de las alcantarillas de losa.

Las cantidades de obra de losa están en formato digital en el anexo 16.

RELACIÓN DE ALCANTARILLAS					
No.	KILOMETRAJE	TIPO	DIMENSIONES	ANGULO ESVAJAJE	LADO
1	10+487.352	ALCANTARILLA DE LOSA	DE: 3.00 M POR: 1.50 M	28°59'38.0282"	DERECHO
2	11+280.000	ALCANTARILLA DE LOSA	DE: 3.00 M POR: 1.50 M	0°00'00"	PERPENDICULAR AL EJE
3	16+831.801	ALCANTARILLA DE LOSA	DE: 6.0 M POR: 3.0 M	14°36'48.5808"	DERECHO
4	17+258.145	ALCANTARILLA DE LOSA	DE: 6.0 M POR: 2.0 M	8°04'28.4868"	IZQUIERDO
5	19+428.340	ALCANTARILLA DE LOSA	DE: 3.50 M POR: 1.5 M	36°17'59.4734"	IZQUIERDO
6	20+126.173	ALCANTARILLA DE LOSA	DE: 6.0 M POR: 2.5 M	26°08'33.4245"	DERECHO
1	5+305.000	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	0°00'00"	PERPENDICULAR AL EJE
2	6+380.000	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	0°00'00"	PERPENDICULAR AL EJE
3	7+470.000	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	0°00'00"	PERPENDICULAR AL EJE
4	7+800.000	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	0°00'00"	PERPENDICULAR AL EJE
5	8+900.000	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	0°00'00"	PERPENDICULAR AL EJE
6	9+500.000	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	0°00'00"	PERPENDICULAR AL EJE

"Proyecto Geométrico Del Camino Puente El Pitayo - Las Bateas - San José De Chila del km 4+219.68 al km 23+641.07 En El Municipio De Apatzingan, Michoacán"

7	9+901.051	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	54°14'59.79.12"	DERECHO
8	10+735.505	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	0°25'05.0313"	DERECHO
9	11+680.000	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	0°00'00"	PERPENDICULAR AL EJE
10	11+900.000	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	0°00'00"	PERPENDICULAR AL EJE
11	12+261.960	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	0°00'00"	PERPENDICULAR AL EJE
12	12+311.914	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	18°32'16.0614"	DERECHO
13	12+478.277	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	26°14'37.8137"	DERECHO
14	12+627.982	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	30°15'57.1683"	DERECHO
15	12+844.390	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	4°41'20.3748"	IZQUIERDO
16	12+867.920	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	17°47'52.25"	DERECHO
17	12+882.904	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	20°53'10.1794"	DERECHO
18	12+892.181	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	2°28'18.641"	DERECHO
19	12+971.811	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	19°28'38.83"	DERECHO
20	12+990.272	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	28°45'16.7995"	DERECHO
21	13+131.241	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	31°30'50.1658"	DERECHO
22	13+192.522	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	33°24'29.7565"	IZQUIERDO
23	13+477.207	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	20°38'07.3575"	IZQUIERDO
24	13+588.787	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	28°59'35.8649"	IZQUIERDO
25	13+638.424	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	13°52'39.47"	IZQUIERDO
26	13+940.000	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	0°00'08.9439"	DERECHO
27	13+968.429	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	26°58'08.7364"	IZQUIERDO
28	14+219.298	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	46°59'23.5373"	DERECHO
29	14+415.760	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	27°57'07.2488"	IZQUIERDO
30	14+520.000	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	0°00'00"	PERPENDICULAR AL EJE
31	14+714.708	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	63°05'01.0991"	IZQUIERDO
32	14+803.462	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	60°55'48.5007"	DERECHO
33	14+833.392	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	28°22'43.4226"	DERECHO
34	14+940.000	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	16°28'59.7329"	DERECHO
35	15+020.209	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	65°21'26.0168"	DERECHO
36	15+140.943	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	34°53'47.5196"	DERECHO
37	15+240.240	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	66°38'48.728"	DERECHO
38	15+430.766	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	61°01'00.7899"	IZQUIERDO
39	15+548.699	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	25°00'31.2962"	DERECHO
40	15+548.699	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	56°08'47.7262"	DERECHO
41	15+600.000	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	24°33'35.5878"	IZQUIERDO
42	15+640.000	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	26°54'57.426	DERECHO
43	15+743.434	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	34°00'21.1408"	DERECHO
44	16+043.191	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	02°29'35.3343"	DERECHO
45	16+205.152	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	34°36'43.1262"	IZQUIERDO
46	16+351.224	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	19°14'35.1493"	IZQUIERDO

“Proyecto Geométrico Del Camino Puente El Pitayo - Las Bateas - San José De Chila del km 4+219.68 al km 23+641.07 En El Municipio De Apatzingan, Michoacán”

47	16+492.085	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	26°40'08.1513"	IZQUIERDO
48	16+531.587	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	14°45'39.8533"	IZQUIERDO
49	16+740.000	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	30°42'46.7071"	IZQUIERDO
50	17+040.912	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	0°00'00.0000"	DERECHO
51	17+120.000	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	5°34'41.7917"	DERECHO
52	18+075.000	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	0°0'0"	DERECHO
53	18+430.000	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	0°0'0"	DERECHO
54	19+111.728	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	16°58'06.5514"	DERECHO
55	20+310.000	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	7°12'18.2559"	DERECHO
56	20+445.000	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	35°36'18.2705"	DERECHO
57	20+717.250	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	53°52'56.3815"	IZQUIERDO
58	20+899.795	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	0°47'00.4032"	IZQUIERDO
59	20+988.098	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	14°58'57.9264"	IZQUIERDO
60	21+978.904	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	17°25'23.7965"	IZQUIERDO
61	22+151.624	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	74°47'44.6627"	DERECHO
62	22+480.000	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	64°32'37.3008"	DERECHO
63	22+865.740	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	49°46'45.1599"	DERECHO
64	23+173.086	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	8°20'32.1822"	DERECHO
65	23+564.251	ALCANTARILLA DE TUBO	DIÁMETRO 1.20 M	58°04'43.6398"	DERECHO

Tabla 32.- Relación de alcantarillas.

Las alcantarillas están en formato digital en el anexo 16.

3.6 PROYECTO DE SEÑALAMIENTO

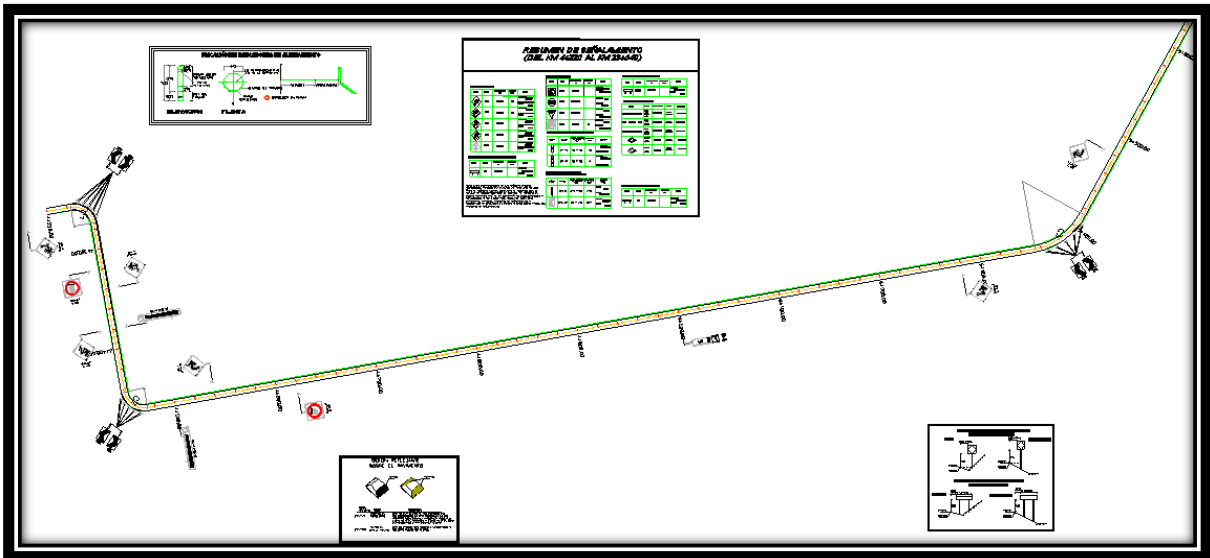


Figura 156.- Proyecto señalamiento del km 4+219.680 al km 5+400.000.

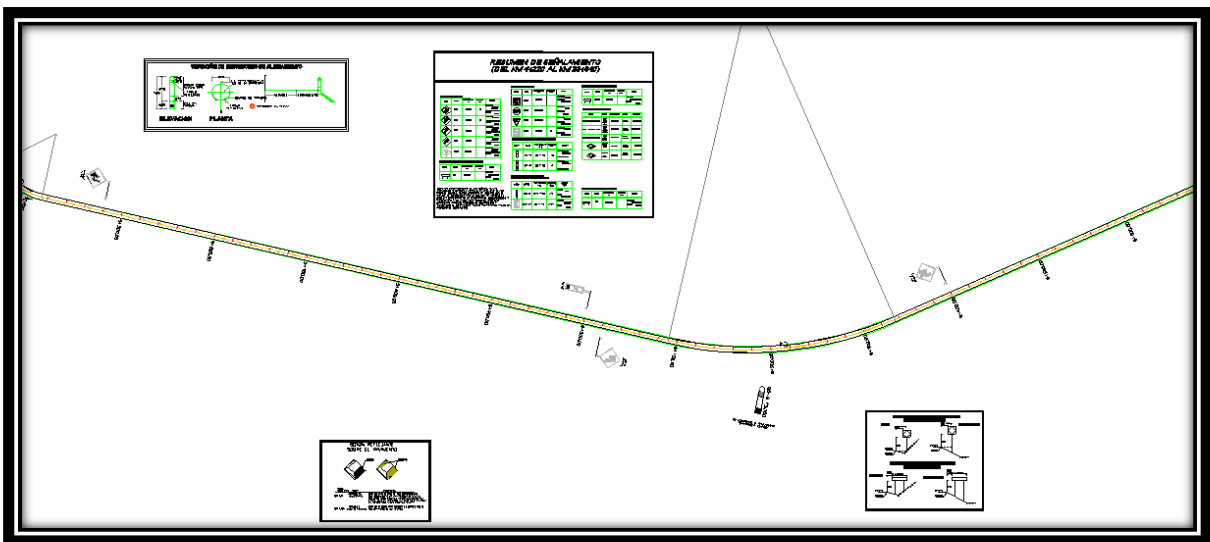


Figura 157.- Proyecto señalamiento del km 4+219.680 al km 5+400.000.

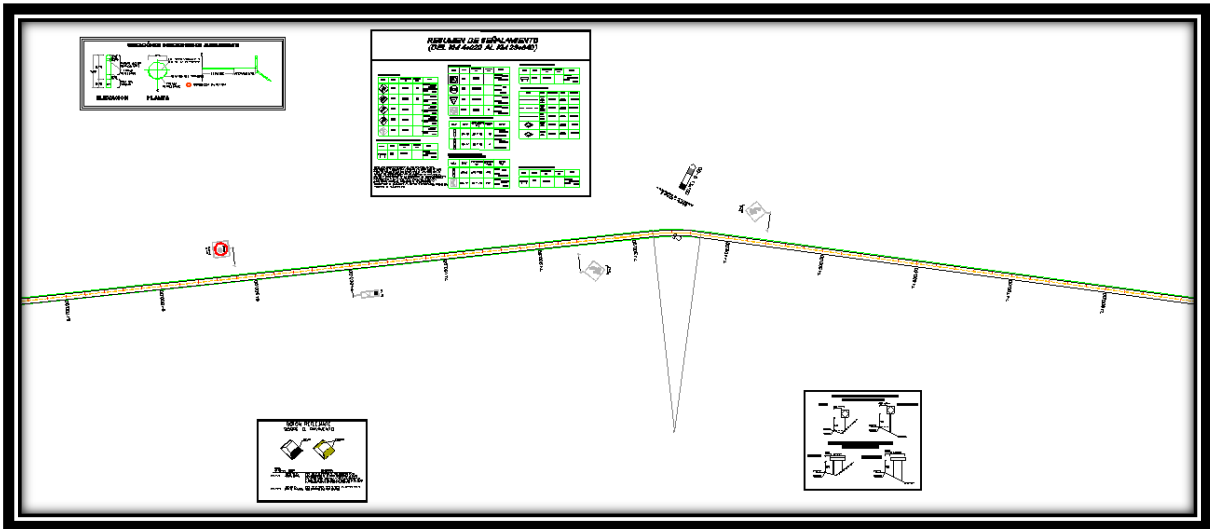


Figura 158.- Proyecto señalamiento del km 6+600.000 al km 7+800.000.

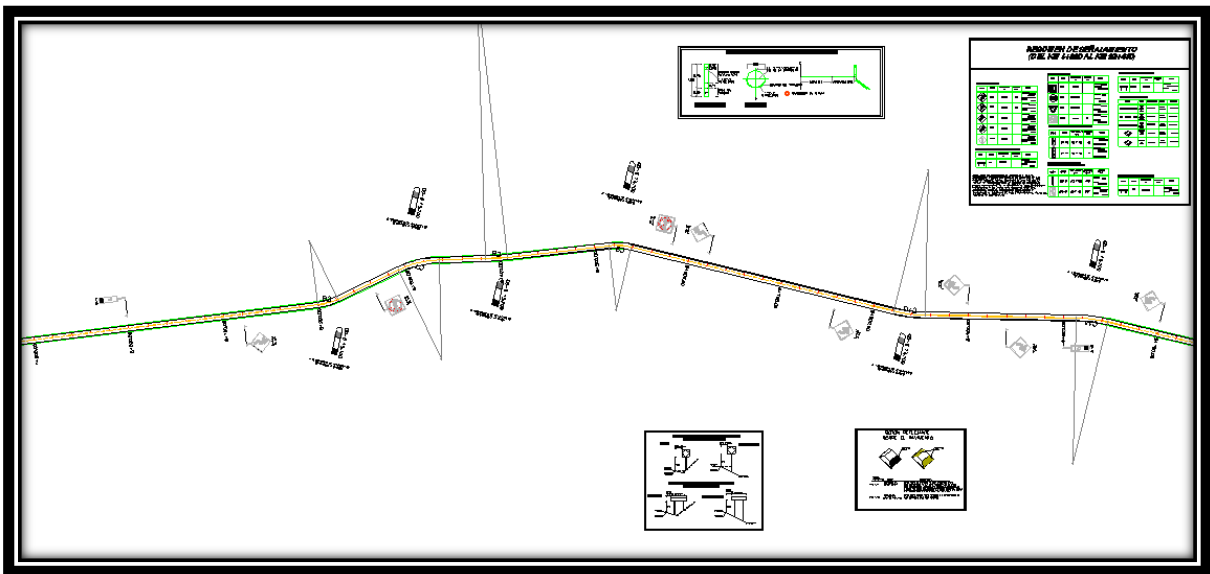


Figura 159.- Proyecto señalamiento del km 7+800.000 al km 9+100.000.

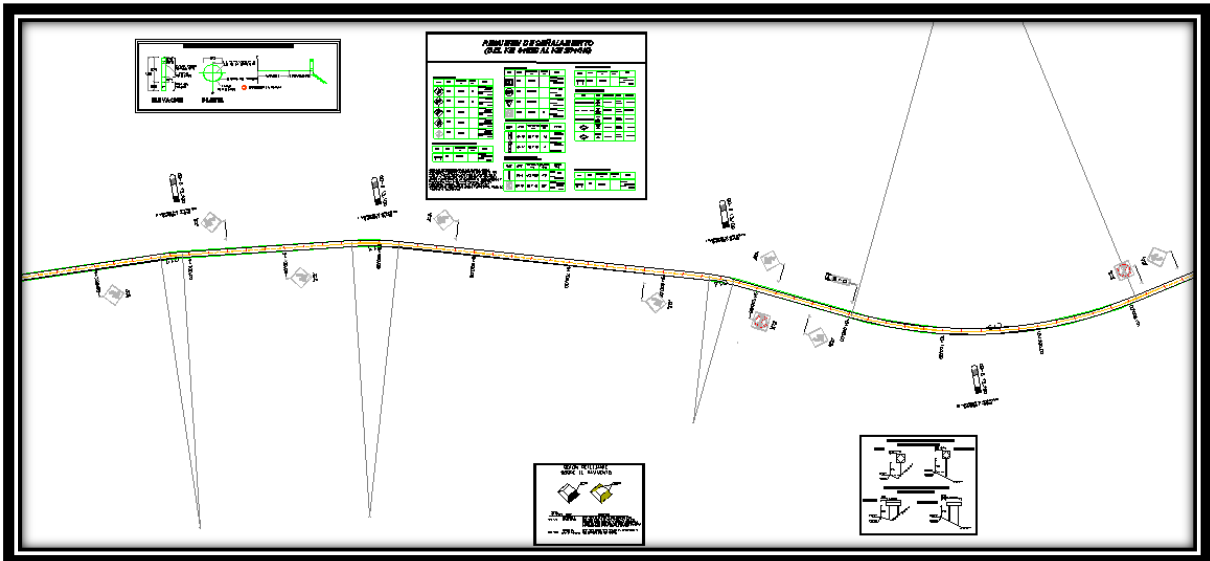


Figura 160.- Proyecto señalamiento del km 9+100.000 al km 10+300.000.

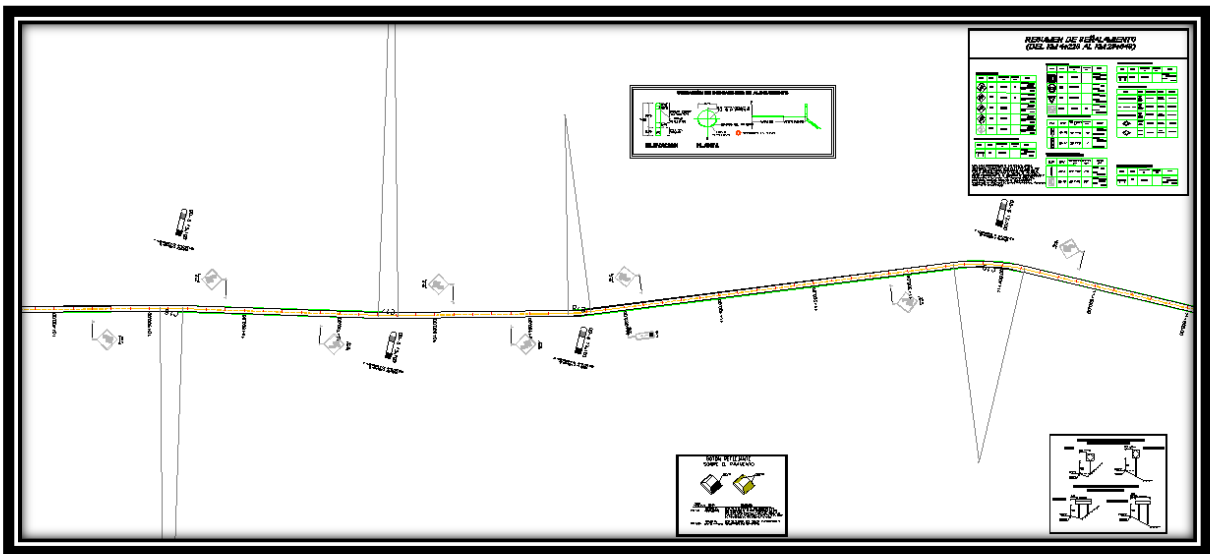


Figura 161.- Proyecto señalamiento del km 10+300.000 al km 11+600.000.

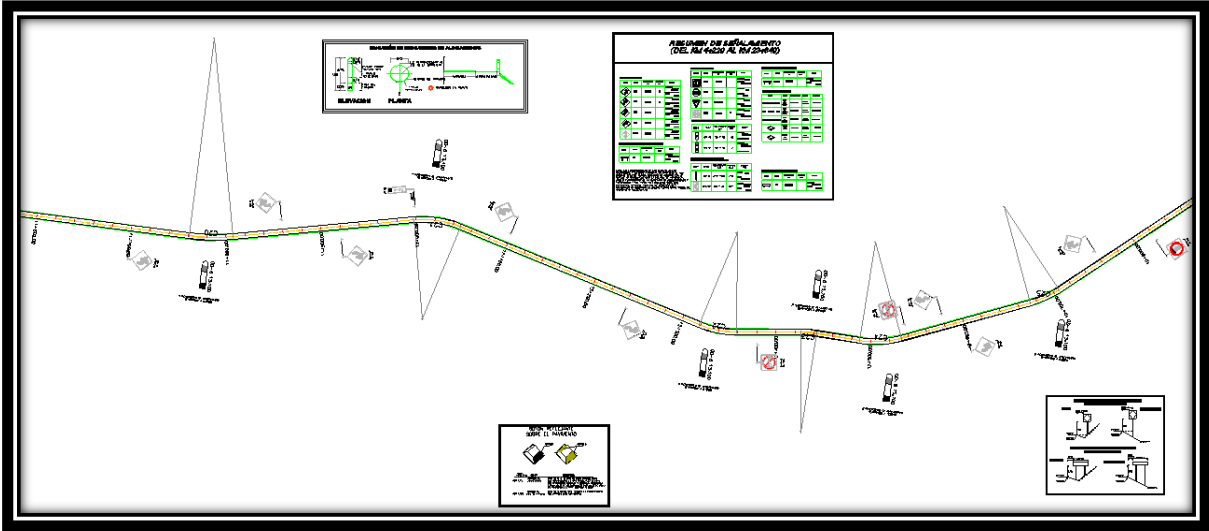


Figura 162.- Proyecto señalamiento del km 11+600.000 al km12+800.000.

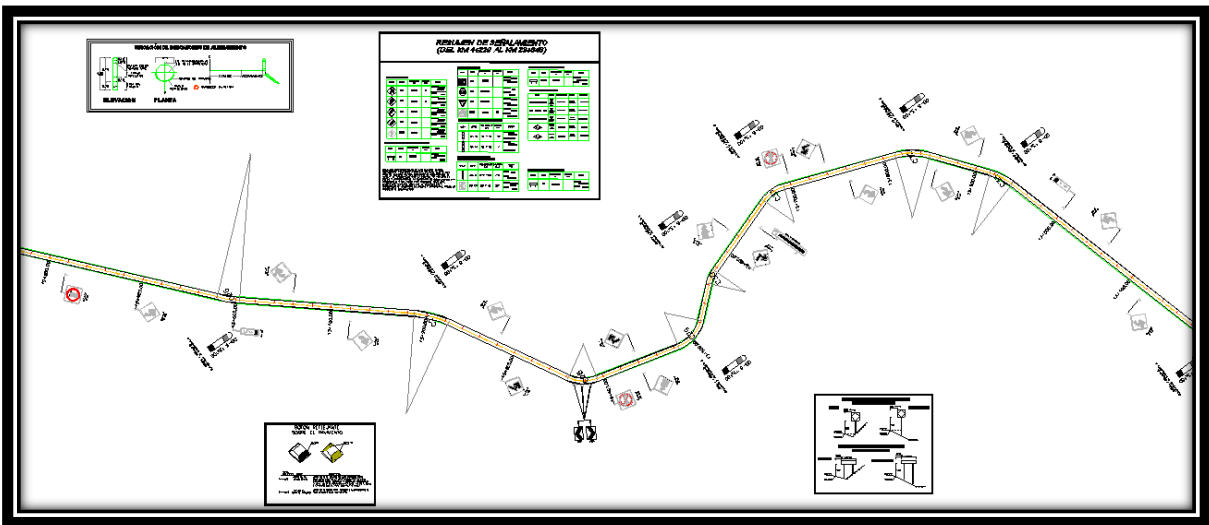


Figura 163.- Proyecto señalamiento del km 12+800.000 al km 14+100.000.

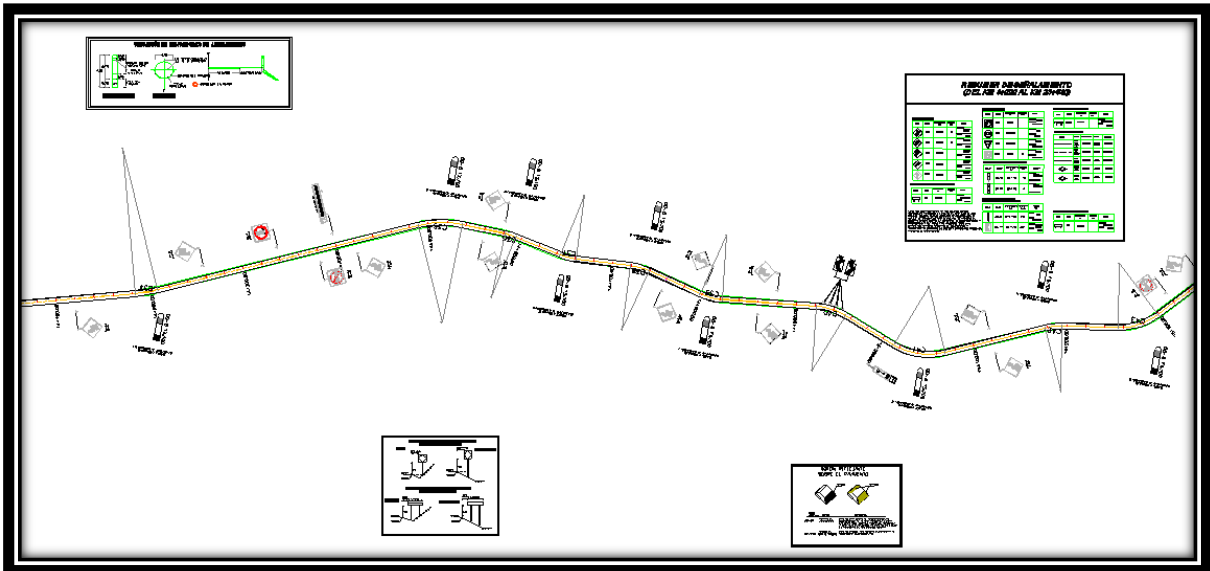


Figura 164.- Proyecto señalamiento del km 14+100.000 al km 15+300.000.

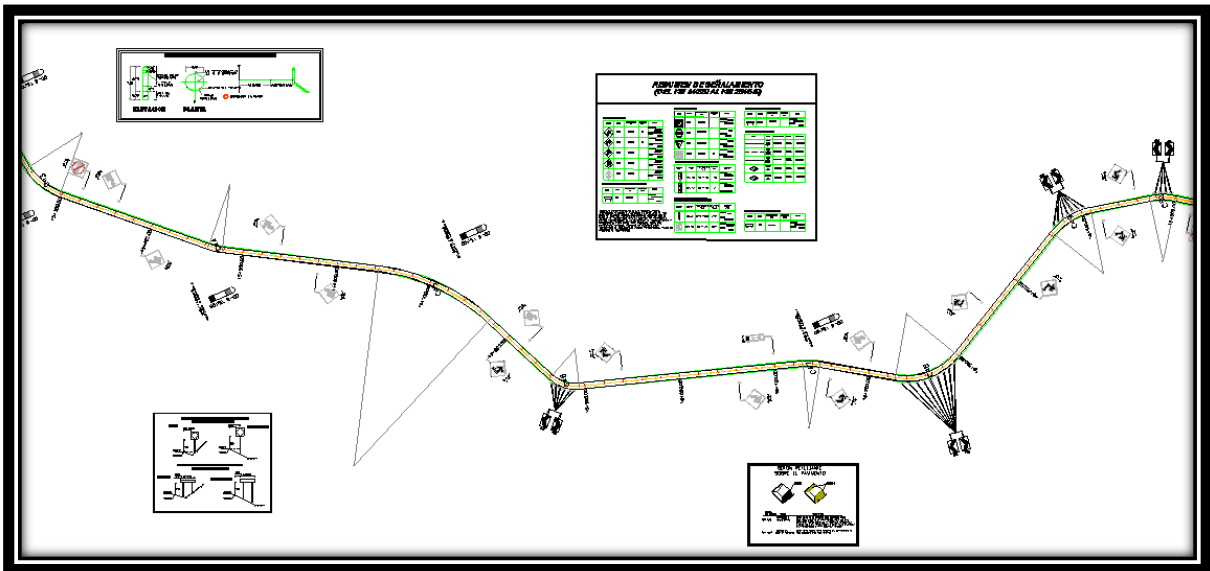


Figura 165.- Proyecto señalamiento del km 15+300.000 al km 16+600.000.

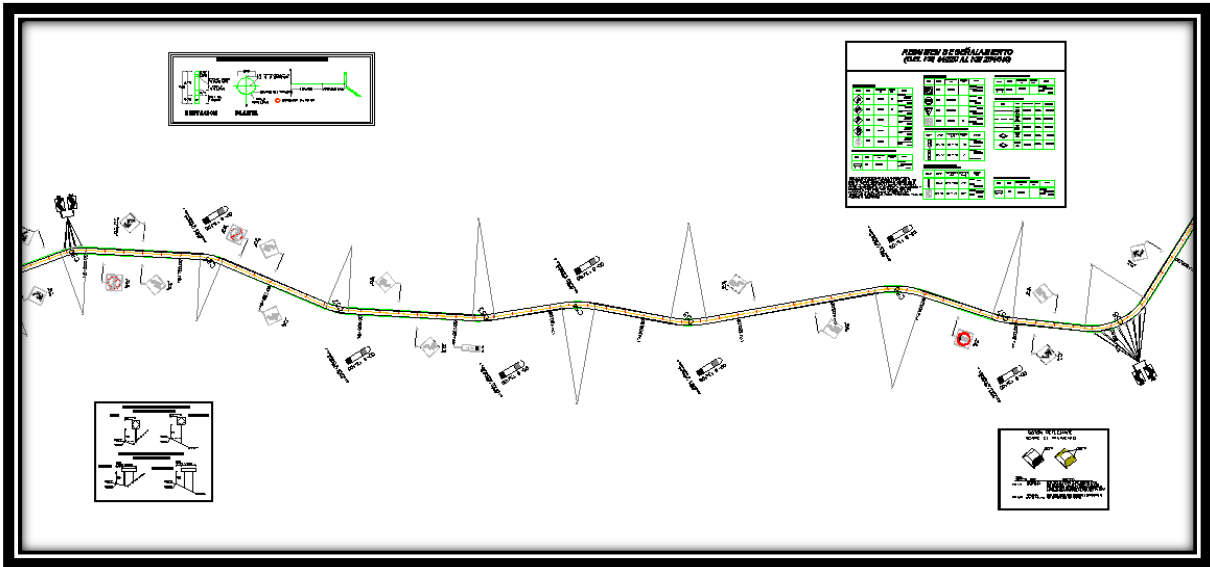


Figura 166.- Proyecto señalamiento del km 16+600.000 al km 17+800.000.

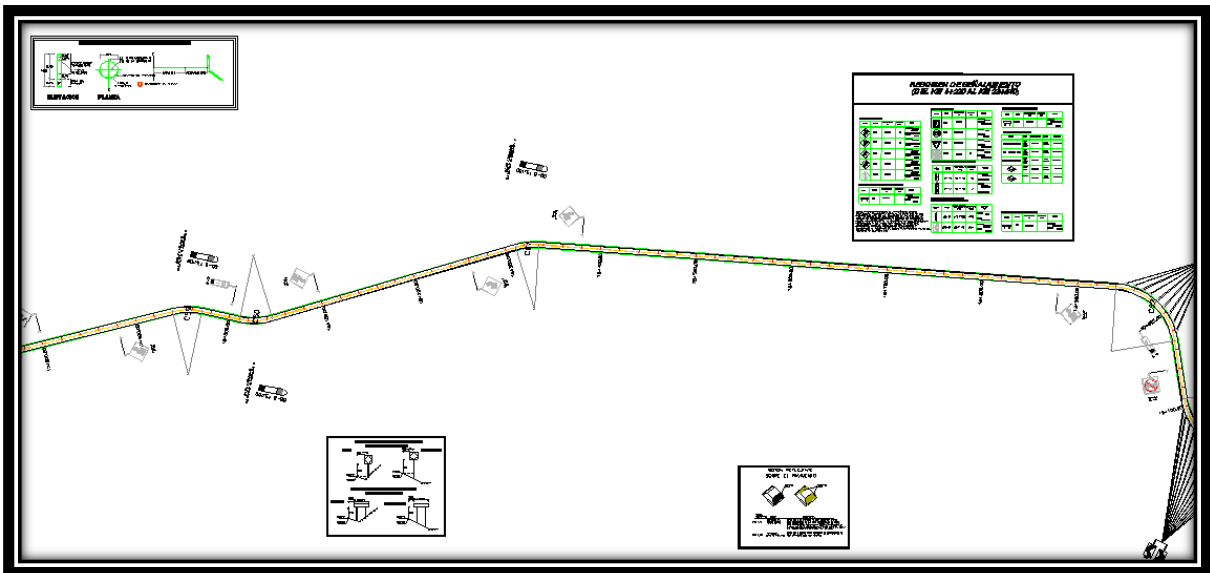


Figura 167.- Proyecto señalamiento del km 17+800.000 al km 19+100.000.

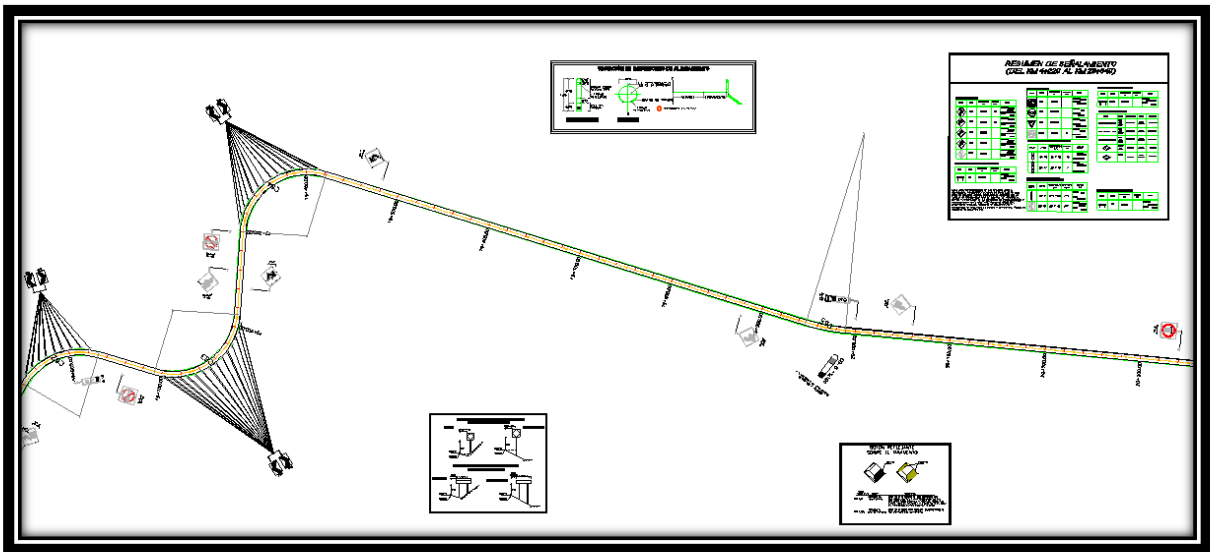


Figura 168.- Proyecto señalamiento del km 19+100.000 al km 20+300.000.

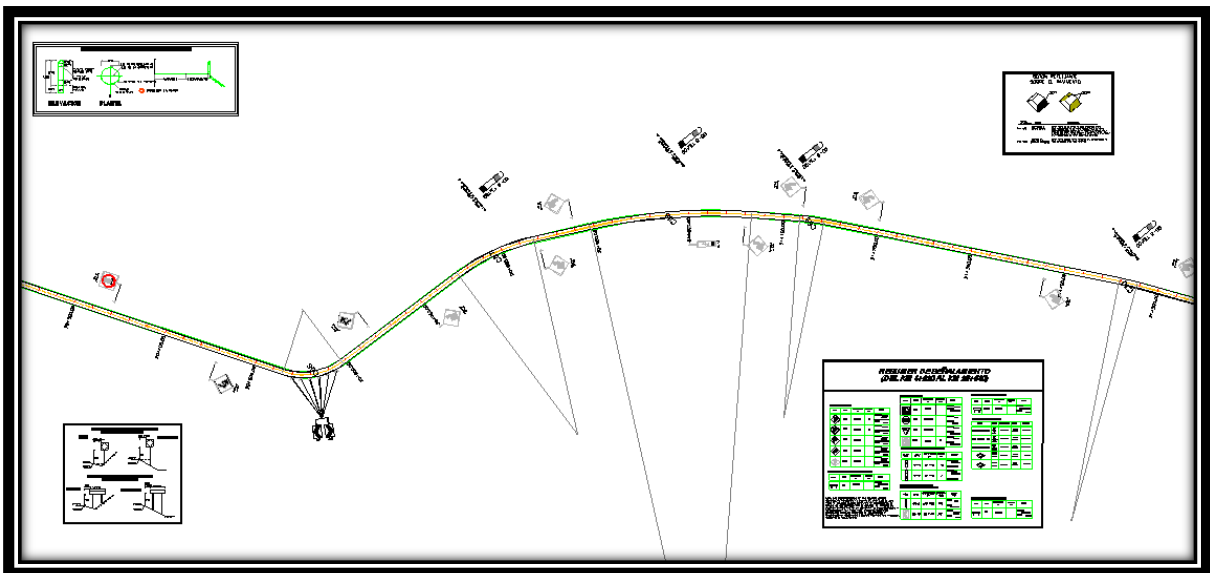


Figura 169.- Proyecto señalamiento del km 20+300.000 al km 21+500.000.

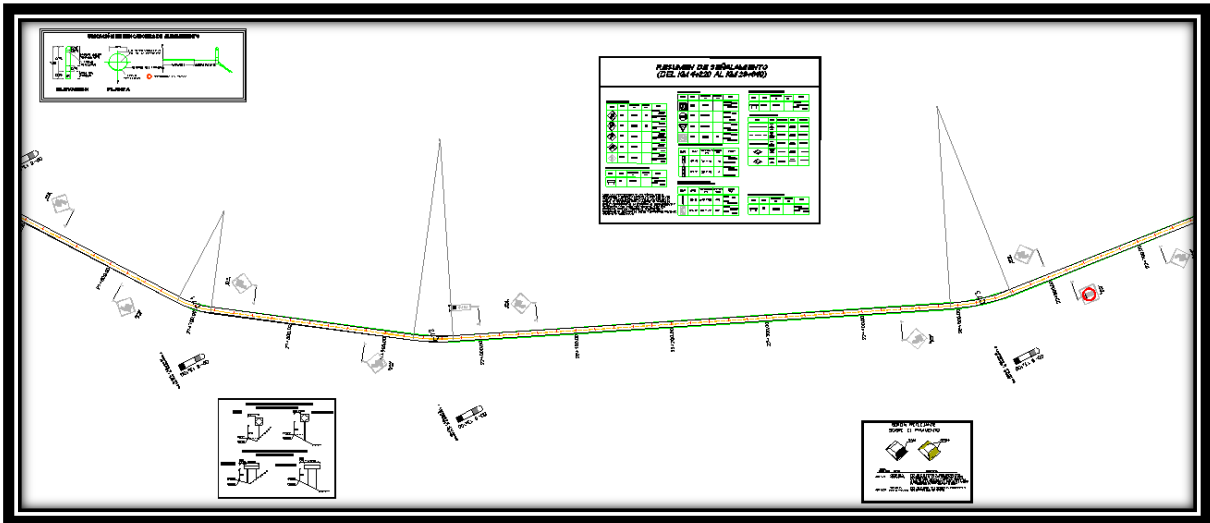


Figura 170.- Proyecto señalamiento del km 21+500.000 al km 22+700.000.

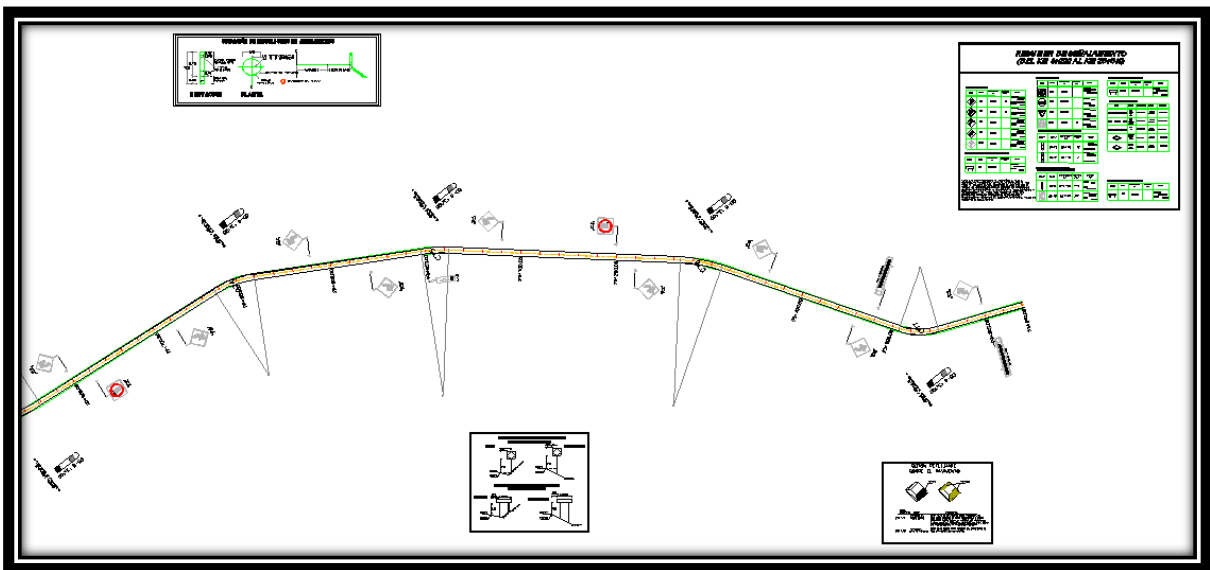


Figura 171.- Proyecto señalamiento del km 22+700.000 al km 23+641.070.

En la figura 156, figura 157, figura 158, figura 159, figura 160, figura 161, figura 162, figura 163, figura 164, figura 165, figura 166, figura 167, figura 168, figura 170 y figura 171 se presenta el proyecto de señalamiento.

Anexo 17.- Los planos del señalamiento se encuentran en formato digital.

CAPÍTULO 4 – DISEÑO DE PAVIMENTOS

Pavimentos

Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que recibe en forma directa las cargas del tránsito y la transmite a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente. Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aun en condiciones húmedas. Deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua. Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas.

Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, siendo de menor calidad los que se colocan en las terracerías además de que son los materiales que más comúnmente se encuentran en la naturaleza, y por consecuencia resultan los más económicas.

La división en capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico, ya que cuando determinamos el espesor de una capa inmediata inferior. La resistencia de las diferentes capas no lo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; siendo dos factores importantes la compactación y la humedad, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente, este se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes.

4.1 TIPOS DE PAVIMENTOS

Pavimentos asfálticos o flexibles:

Son aquellos construidos con materiales asfálticos y materiales granulares.

En general, están constituidos por una capa de mezcla asfáltica construida sobre una capa de base y una capa de subbase las que usualmente son de material granular. Estas capas descansan en una capa de suelo compactado, llamado subrasante.

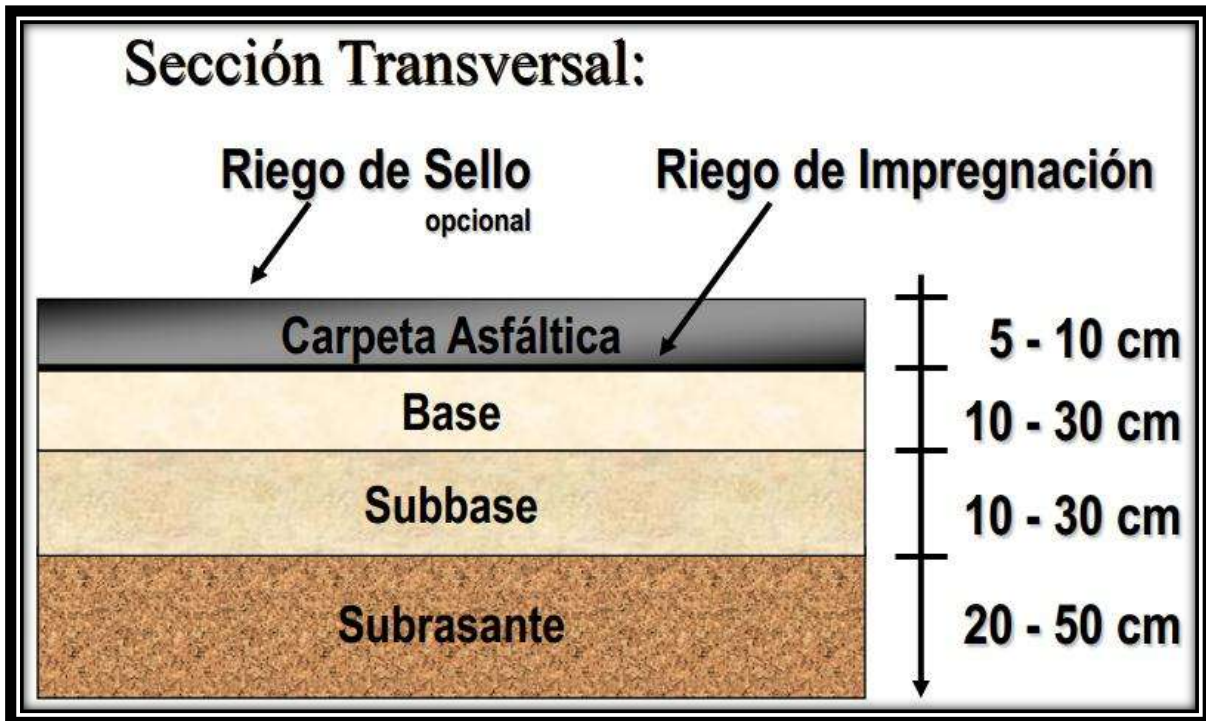


Figura 172.- Descripción de capas de un pavimento flexible.

En las capas superiores donde los esfuerzos son mayores, se utilizan materiales con mayor capacidad de carga y en las capas inferiores donde los esfuerzos son menores, se colocan materiales de menor capacidad. El uso de materiales con menor requerimiento permite el uso de materiales locales, dando como resultado diseños más prácticos.

Pavimentos de concreto o rígido:

Pavimentos contruidos con concreto de cemento portland y materiales granulares.

Los pavimentos rígidos se integran por una capa (losa) de concreto de cemento portland que se apoya en una capa de subbase, constituida por grava; esta capa descansa en una capa de suelo compactado, llamada subrasante. La resistencia estructural depende principalmente de la losa de concreto. ¹¹

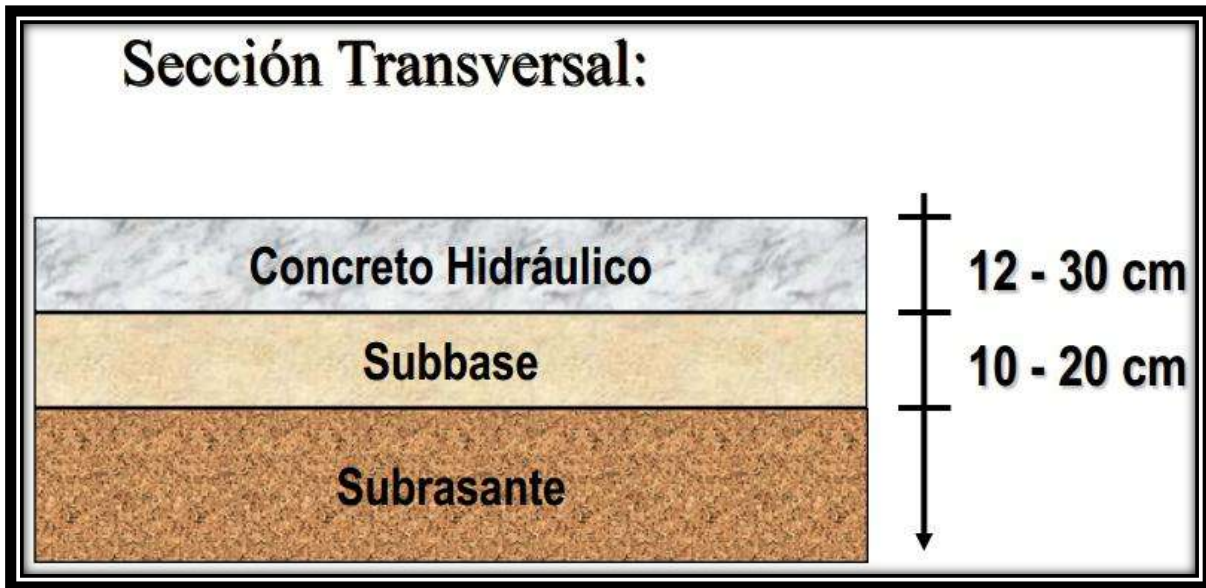


Figura 173.- Descripción de capas de un pavimento rígido.

4.2 BASES Y SUB-BASES

Funciones de la subbase y la base

SUBBASE

- ❖ **Función económica.** Una de las principales funciones de esta capa es netamente económica; en efecto, el espesor total que se requiere para que el nivel de esfuerzos en la subrasante sea igual o menor que su propia resistencia, puede ser construido con materiales de alta calidad; sin embargo, es preferible distribuir las capas más calificadas en la parte superior y colocar en la parte inferior del pavimento la capa de menor calidad la cual es frecuentemente la más barata. Esta solución puede traer consigo un aumento en el espesor total del pavimento y no obstante, resultar más económica.
- ❖ **Capa de transición.** La subbase bien diseñada impide la penetración de los materiales que constituyen la base con los de la subrasante y por otra parte, actúa como filtro de la base impidiendo que los finos de la subrasante la contaminen menoscabando su calidad.
- ❖ **Disminución de las deformaciones.** Algunos cambios volumétricos de la capa subrasante, generalmente asociados a cambios en su contenido de agua (expansiones), o a cambios extremos de temperatura (heladas), pueden absorberse con la capa subbase, impidiendo que dichas deformaciones se reflejen en la superficie de rodamiento.

- ❖ **Resistencia.** La subbase debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores y transmitidas a un nivel adecuado a la subrasante.
- ❖ **Drenaje.** En muchos casos la subbase debe drenar el agua, que se introduzca a través de la carpeta o por las bermas, así como impedir la ascensión capilar.

LA BASE

- ❖ **Resistencia.** La función fundamental de la base de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la subbase y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada.
- ❖ **Función económica.** Respecto a la carpeta asfáltica, la base tiene una función económica análoga a la que tiene la subbase respecto a la base.¹²

MATERIALES PARA SUBBASE Y BASE

Los materiales para subbase y base estarán sujetos a los tratamientos mecánicos que lleguen a requerir para cumplir con las especificaciones adecuadas, siendo los más usuales: la eliminación de desperdicios, el disgregado, el cribado, la trituración y en algunas ocasiones el lavado, los podemos encontrar en cauces de arroyos de tipo torrencial, en las partes cercanas al nacimiento de un río y en los cerros constituidos por rocas andesíticas, basálticas y calizas. Es de gran importancia conocer el tipo de terreno con el que se va a trabajar ya que en base a esto se elige el tipo de maquinaria y el personal suficiente para trabajar en forma adecuada. El material que se manda del banco para efectuar el análisis correspondiente, deberá traer las etiquetas adecuadas y al llegar a laboratorio se le efectuará un secado, su disgregación y se le cuarteará. En pavimentos se realizan básicamente 3 tipos de ensayos que serán para clasificar el suelo, para controlar la obra y para proyectar el espesor y los porcentajes óptimos de aglutinante de las diferentes capas que se enlistan a continuación:

TERRAPLÉN

- ❖ Clasificación granulométrica, contenido de humedad, límites de Atterberg.
- ❖ Control. Peso volumétrico seco máximo y grado de compactación.

SUBRASANTE

- ❖ Clasificación granulométrica, contenido de humedad, límites de Atterberg.
- ❖ Control. Peso volumétrico seco máximo y grado de compactación.
- ❖ Diseño. VRS, cuerpo de ingenieros de los EU y prueba de placa.

BASE Y SUBBASE

- ❖ Clasificación granulométrica, contenido de humedad, límites de Atterberg.
- ❖ Control. Valor cementante, índice de durabilidad, PVSM, GC, equivalente de arena, expansión y adherencia con asfalto.
- ❖ Diseño. Prueba de placa, VRS y cuerpo de ingenieros.

CARPETA ASFÁLTICA

- ❖ Clasificación granulométrica, contenido de humedad, límites de Atterberg.
- ❖ Control. Adherencia con asfalto, equivalente de arena, intemperismo, forma de la partícula, desgaste, densidad y absorción. Todas la pruebas que se realizan a los asfaltos.
- ❖ Diseño. Marshall, HUEEM, compresión simple. ^[9]

4.3 ESTABILIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LOS MATERIALES

La estabilización consiste en agregar un producto químico o aplicar un tratamiento físico logrando así que se modifiquen las características de los suelos. Se dice que es la corrección de una deficiencia para darle una mayor resistencia al terreno o bien, disminuir su plasticidad. Las tres formas de lograrlo son las siguientes:

FÍSICA

- ❖ Mezcla de suelos (común)
- ❖ Geotextiles (común)
- ❖ Vibriflotación (mecánica de suelos)
- ❖ Consolidación previa.

QUÍMICAS

- ❖ Cal. Económica para suelos arcillosos (disminuye plasticidad)
- ❖ Cemento Portland para arenas o gravas finas (aumenta la resistencia)
- ❖ Productos asfálticos. Para material triturado sin cohesión (emulsión, muy usado)
- ❖ Cloruro de sodio. Para arcillas y limos (impermeabilizan y disminuyen los polvos)
- ❖ Cloruro de calcio. Para arcillas y limos (impermeabilizan y disminuyen los polvos)
- ❖ Escorias de fundición. Comúnmente en carpetas asfálticas, dan mayor resistencia, impermeabilizan y prolongan la vida útil.
- ❖ Polímeros. Comúnmente en carpetas asfálticas, dan mayor resistencia, impermeabilizan y prolongan la vida útil.
- ❖ Hule de neumáticos. Comúnmente en carpetas asfálticas, dan mayor resistencia, impermeabilizan y prolongan la vida útil. ^[9]

MECÁNICAS

❖ Compactación.

El mejoramiento anterior regularmente se hace en la subbase, base y en carpetas asfálticas.

A continuación se mencionan los tipos de estabilización más comunes en México.^[9]

GEOTEXTILES

Los Geotextiles son telas permeables no biodegradables que pueden emplearse como filtros en sustitución de agregados graduados como estabilizadores de suelos blandos y como elementos para sustituir la erosión de suelos y el acarreo de azolves. Se emplean como elementos de distribución de cargas de los pavimentos, en los taludes y en los cortes, ayudan a proteger de la erosión. Comúnmente se tiene tres tipos que se conocen como material entrelazado en forma perpendicular, materiales de telas unidas mediante tejido de punto, y los menos usuales que son los materiales no tejidos, se recomienda seguir el siguiente procedimiento constructivo.

La capa inferior a la colocación del geotextil deberá estar totalmente terminada, en suelos muy blandos se puede la vegetación al ras y se deberán rellenar las depresiones, se deberá estirar al geotextil para que no haya arrugas, dándole el traslape adecuado. Cuando sea necesario rellenar este material se colocará por delante para que el equipo de construcción no toque directamente el producto, y cuando se vaya a ser usado como refuerzo, deberá pasársele un equipo pesado y darle al menos cuatro pasadas. Los Geotextiles pueden aplicarse sobre pavimentos deteriorados de concreto hidráulico o asfáltico para colocar una sobre-carpetas; si se emplea como refuerzo evita que las grietas existentes en el pavimento se reflejen en la sobre-carpetas, si se usa como impermeabilizante deberá agregársele asfalto para formar una barrera, el beneficio que se tiene al usar este producto es el aumenta su vida útil al pavimento, disminuyen los costos de mantenimiento e incrementa su periodo de vida.^[9]

ESTABILIZACIÓN CON CAL

Es un método económico para disminuir la plasticidad de los suelos y darle un aumento en la resistencia. Los porcentajes por agregar varían del 2 al 6% con respecto al suelo seco del material por estabilizar, con estos porcentajes se consigue estabilizar la actividad de las arcillas obteniéndose un descenso en el índice plástico y un aumento en la resistencia. Es recomendable no usar más del 6% ya que con esto se aumenta la resistencia pero también tenemos un incremento de la plasticidad. Los estudios que se deben realizar a suelos estabilizados con cal son: límites de Atterberg, granulometría, valor cementante, equivalente de arena, VRS, compresión. Además también se realizan estos estudios para suelos estabilizados con puzolanas, cloruro de sodio y calcio, y cemento portland de tipo flexible.^[9]

ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO PORTLAND

Al mejorar un material con cemento portland se piensa principalmente en aumentar su resistencia, pero además de esto, también se disminuye la plasticidad, es muy importante para que se logren estos efectos, que el material por mejorar tenga un porcentaje máximo de materia orgánica del 34%. Existen dos formas o métodos para estabilizar con cemento portland, unas llamadas estabilizaciones del tipo flexible, en el cual el porcentaje de cemento varía del 1 al 4%, con esto solo se logra disminuir la plasticidad y el incremento en la resistencia resulta muy bajo, las pruebas que se les efectúan a este tipo de muestras son semejantes a las que se hacen a los materiales estabilizados con cal. Otra forma de mejorar el suelo con cemento, se conoce como estabilización rígida, en ella el porcentaje de cemento varía del 6 al 14%, este tipo de mejoramiento es muy común en las bases, ya que resultan muy importante que estas y la carpeta presenten un módulo de elasticidad semejante, ya que con ello se evita un probable fracturamiento de la carpeta, ya que ambos trabajan en conjunto, para conocer el porcentaje óptimo por emplear se efectúan pruebas de laboratorio con diferentes contenidos de cemento. ^[9]

PRUEBAS PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS, PARA SU EMPLEO EN BASES Y SUBBASES CON CEMENTO PORTLAND, TIPO RÍGIDO

Las pruebas utilizadas son: la proctor para conocer su peso específico, y la humedad óptima de compactación. Para este mismo método se elaboran especímenes para el ensaye de expansión y el de pérdida por cepillado en ciclos de humedecimiento y secado, además de esto se le aplica una prueba a la resistencia de compresión sin confinar (simple). ^[9]

MEJORAMIENTO CON PRODUCTOS ASFÁLTICOS

El material asfáltico que se emplea para mejorar un suelo puede ser el cemento asfáltico o bien las emulsiones asfálticas, el primero es el residuo último de la destilación del petróleo. Para eliminarle los solventes volátiles y los aceites. Para ser mezclado con material pétreo deberá calentarse a temperaturas que varían de 140 a 160° C, el más común que se emplea en la actualidad es el AC-20. Este tipo de producto tiene la desventaja de que resulta un poco más costoso y que no puede mezclarse con pétreos húmedos.

En las estabilizaciones, las emulsiones asfálticas son las más usadas ya que este tipo de productos si pueden emplearse con pétreos húmedos y no se necesitan altas temperaturas para hacerlo maniobrable, en este tipo de productos se encuentra en suspensión con el agua, además se emplea un emulsificante que puede ser el sodio o el cloro, para darle una cierta carga a las partículas y con ello evitar que se unan dentro de la emulsión; cuando se emplea sodio, se tiene lo que se conoce como emulsión aniónica con carga negativa y las que tienen cloro son las emulsiones catiónicas que presentan una carga positiva, siendo estas últimas las que presentan una mejor resistencia a la humedad que contienen los pétreos. Se tienen emulsiones de fraguado lento, medio y rápido, de acuerdo al porcentaje de cemento asfáltico que se emplea.

“Proyecto Geométrico Del Camino Puente El Pitayo - Las Bateas - San José De Chila del km 4+219.68 al km 23+641.07 En El Municipio De Apatzingan, Michoacán”

Una emulsión asfáltica es una dispersión de asfalto en agua en forma de pequeñas partículas de diámetro de entre 3 y 9 micras.

Este tipo de aglutinantes puede usarse casi con cualquier tipo de material aunque por economía se recomienda se emplee en suelos gruesos o en materiales triturados que no presenten un alto índice de plasticidad, puede usarse también con las arcillas pero solo le procura impermeabilidad, resultando un método muy costoso, además con otros productos se logra mayor eficiencia y menor costo para los suelos plásticos. Es importante que el material pétreo que se va a mejorar, presente cierta rugosidad para que exista un anclaje adecuado con la película asfáltica, situación que se agrava si el material pétreo no es afín con el producto asfáltico. Algunos productos asfálticos contienen agua y si esto no se toma en cuenta se pueden presentar problemas muy serios al momento de compactar, la prueba que más comúnmente se emplea en el laboratorio para determinar el porcentaje adecuado de asfalto a utilizar se conoce como “prueba de valor soporte florida modificada” el procedimiento consiste en elaborar especímenes de pétreos que presentan cierta humedad usando diferentes porcentajes de asfalto, se compactan con carga estática de 11.34 km (140 km/cm²), después de esto se pesan y se meten a curar al horno a una temperatura de 60° C, se sacan y se penetran hasta la falla o bien hasta que tengan una profundidad de 6.35mm registrándose la carga máxima en kg. ^[9]

4.4 CARPETA ASFÁLTICA

La carpeta asfáltica es la parte superior del pavimento flexible que proporciona la superficie de rodamiento, es elaborada con material pétreo seleccionado y un producto asfáltico dependiendo del tipo de camino que se va a construir, las principales características que debe cumplir el pétreo son las siguientes: a) un diámetro menor de una pulgada y tener una granulometría adecuada, b) deberá tener cierta dureza para lo cual se le efectuaran los ensayos de desgaste los ángeles, intemperismo acelerado, densidad y durabilidad, c) la forma de la partícula deberá ser lo más cúbica posible, recomendamos no usar material en forma de laja o aguja pues se rompe con facilidad alterando la granulometría y pudiendo provocar fallas en la carpeta, se efectuarán pruebas de equivalente de arena ya que los materiales finos en determinados porcentajes no resultan adecuados.

En las mezclas asfálticas, es de gran importancia conocer la cantidad de asfalto por emplearse, debiéndose buscar un contenido óptimo; ya que en una mezcla este elemento forma una membrana alrededor de las partículas de un espesor tal que sea suficiente para resistir los efectos del tránsito y de la intemperie, pero no debe resultar muy gruesa ya que además de resultar antieconómica puede provocar una pérdida de la estabilidad de la carpeta, además este exceso de asfalto puede hacer resbalosa la superficie, para calcular este óptimo se tienen las pruebas de compresión simple para mezclas en frío, la prueba Marshall para muestras en caliente y la prueba

de Hveem. Para conocer la adherencia entre el pétreo y el asfalto se pueden utilizar pruebas de desprendimiento por fricción, pérdida de estabilidad o bien, cubrimiento por el método inglés; en caso de que las características del pétreo no sean aceptables, se pueden lavar o bien usar un estabilizante para cambiar la tensión superficial de los poros. ^[9]

El tipo y espesor de una carpeta asfáltica se elige de acuerdo con el tránsito que va a circular por ese camino, tomando en cuenta el siguiente criterio:

Intensidad del tránsito en un solo sentido	Tipo de carpeta
Mayor de 2000 veh/día	Mezcla en planta de 7.5 cm de espesor mínimo
1000 a 2000 veh/día	Mezcla en planta con un espesor mínimo de 5 cm
500 a 1000 veh/día	Mezcla en el lugar o planta de 5 cm como mínimo
Menos de 500 veh/día	Tratamiento superficial simple o múltiple

Tabla 33.- Tránsito que circula por un camino.

4.5 MÉTODOS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

Los métodos de diseño para pavimentos flexibles pueden ser de tres tipos: Empíricos, Semiempíricos y Empírico-Mecanicistas.

Los Empíricos fueron los primeros en ser desarrollados, ejemplo de estos son: el CBR de California, el del Instituto del Asfalto (primera versión) e Índice de Grupo. Se caracterizan por la ausencia de modelos de deterioro o de daño tanto para fatiga como para deformación permanente. Están basados en la experiencia.

Los Semiempíricos, como los de la UNAM (primeras versiones), el del Instituto del Asfalto, el de la AASHTO y el de la SHELL, corresponden a un desarrollo posterior donde se incluye el análisis de la fatiga y un modelo de daño, pero con ajustes para considerar el comportamiento real.

Los Racionales o Mecanicista aplican la teoría multicapa para analizar la respuesta a las cargas impuestas y establecer los materiales y espesores necesarios para soportarlas adecuadamente. Este sistema de capas elásticas se resuelve con la ayuda de programas de computadora como el MICH-PAVE, CIRCLY, BISAR, ELSYM5, ILLI-PAVE, ALIZE III, WESLEA, KENLAYER, entre muchos otros. Dentro de esta categoría de pavimentos están el del Instituto de Ingeniería de la UNAM (1997), SHELL (1978), Instituto del Asfalto (1981) y DARWin AASHTO-ME (2010).

Los métodos de diseño de pavimentos flexibles han sufrido importantes transformaciones a lo largo del tiempo. Desde aquellos primeros métodos de tipo empírico a principios del siglo pasado, que se basaban en un sistema de clasificación de suelos, o se apoyaban en pruebas de resistencia también empíricas, hasta la época actual, estos sistemas se han visto fuertemente enriquecidos

“Proyecto Geométrico Del Camino Puente El Pitayo - Las Bateas - San José De Chila del km 4+219.68 al km 23+641.07 En El Municipio De Apatzingan, Michoacán”

por las aportaciones de investigaciones importantes como las realizadas en los tramos de prueba AASHTO en Ottawa, Illinois, Estados Unidos. Actualmente, con la introducción de las computadoras, la utilización de sofisticados instrumentos, equipos de ensaye y medición, y procedimientos de análisis como el método de elemento finito, se han desarrollado métodos de diseño más avanzados, como los denominados empírico-mecanicista, los cuales tienen un componente teórico, basado en un modelo estructural y un componente empírico, basado en resultados de laboratorio y observaciones en el campo, con los cuales se configura un modelo de comportamiento.

De manera general se han reconocido tres criterios de falla para el diseño de pavimentos flexibles en el mundo. A saber:

- a) **Criterio de deformación permanente:** Los métodos de diseño de los años cincuenta buscaban controlar la deformación permanente basándose en la resistencia de la subrasante (CBR,R).
- b) **Deformación unitaria por tensión o compresión:** Los criterios más usados para el diseño del pavimento flexible son la deformación unitaria por tensión admisibles debajo de la capa asfáltica (ϵ_t) y la deformación unitaria vertical por la compresión (ϵ_z) en la parte superior de la subrasante. Estos criterios pueden ser explícitos en los métodos de diseño, como el caso del método de la SHELL, o implícitos como el método del Instituto del Asfalto.
- c) **Serviciabilidad:** Otro criterio utilizado en el diseño de pavimentos flexibles es la serviciabilidad del mismo. Este fue introducido por la AASHTO en su ensayo vial de 1960 y se describe en la Guide for Design of Pavements Structures (AASHTO, 1993).

4.6 DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES POR EL PROCEDIMIENTO DEL INSTITUTO NORTEAMERICANO DEL ASFALTO

El procedimiento propuesto por el instituto norteamericano del asfalto con metodología de diseño de los pavimentos flexibles, se refiere básicamente a carreteras, y consiste de determinar el espesor de la estructura del pavimento, de acuerdo con los siguientes datos:

- ❖ Volumen de tránsito a prever (NTD).
- ❖ Parámetro que presenta la resistencia y deformabilidad del material de apoyo o terracerías (VRS y/o valor importante de k).
- ❖ Calidad general de los materiales disponibles.
- ❖ Procedimientos previstos para la construcción.

El tránsito previsto se refiere al denominado número de tránsito para diseño (NTD), que es el promedio diario de cargas equivalentes de 8.2 Ton (18,000 lb), dispuestas en un eje sencillo, que

se esperan durante el periodo de diseño de la obra, normalmente fijado en 20 años por la propia institución.

Las propiedades mecánicas básicas del material de terracerías, capa subrasante, subbase y base, se establecen por medio de las pruebas usuales en la tecnología actual de los pavimentos.

El instituto del asfalto da el espesor necesario de cubrimiento, sobre un material determinado, en términos de un espesor de concreto asfáltico, el cual puede traducirse en diversas alternativas de estructuración, a base de las capas usuales, empleando los factores de equivalencia, que mas adelante se detallan.

Una vez que se ha determinado el valor índice de la resistencia del material y el NTD aplicable al caso, el espesor necesario de cubrimiento se obtiene con el monograma de espesores de carpeta asfáltica.

PROCEDIMIENTO DEL MÉTODO

a) Evaluación del tránsito de vehículos.

1. Cálculo del tránsito diario inicial (TDI).

Para el propósito, deberá comenzarse por establecer con base en estudios previos de tránsito, el número medio diario de vehículos que se han de esperar en el camino, durante el primer año de su operación. Este número se denomina Tránsito Diario Inicial (TDI) y su valor es el correspondiente al Tránsito Promedio Diario Anual (TDPA).

TDI=TDPA

2. Cálculo del número promedio diario de vehículos pesados en el carril de diseño, en una dirección (N).

Con base en datos de aforo y clasificación vehicular del tránsito valido al caso, ha de determinarse también el porcentaje de vehículos pesados que existirá en ese primer año llegando incluso a definir cuanto de ese porcentaje corresponde al carril del diseño.

El propio instituto del asfalto, indica cual es la distribución de vehículos pesados que conviene considerar en el carril de diseño, en los diferentes casos.

$$N = TDI \times A/100 \times B/100$$

En donde:

A es el porcentaje de camiones pesados en dos direcciones. Se efectúa la suma del número de vehículos pesados (S SV), de acuerdo a la clasificación vehicular correspondiente y se calcula el porcentaje de vehículos pesados respecto al TDPA.

$$B = (S \text{ VP}/\text{TDPA}) 100$$

B es el porcentaje de camiones pesados en el carril de diseño y se obtiene su valor de la siguiente tabla.

Porcentaje del tránsito total de vehículo pesados en dos direcciones que deberá considerarse en el carril de diseño	
No. Total de carriles en la carretera	% de camiones a considerar en el carril de diseño
2	50
4	45 (oscila entre 35 y 48)
6 o más	40 (oscila entre 25 y 48)

Tabla 34.- Porcentaje de camiones pesados en el carril de diseño.

3. Cálculo del peso promedio de los vehículos pesados (Ppc).

$$\text{Ppc} = S (\text{No. De vehículos}) (\text{peso total vehículo})/S \text{ VP}$$

4. Limite de carga legal por eje sencillo, establecido por las autoridades.

En México, se utiliza como estándar un eje sencillo, soportando una carga total de 8.2 Ton. (18,000 lb), es decir, 4.1 Ton. Por rueda.

5. Cálculo del número de transito inicial (NTI).

Con toda la información anterior podrá establecerse el número de tránsito inicial (NTI), haciendo uso del monograma siguiente.

El procedimiento para utilizar el monograma es el siguiente:

Fíjese en la escala D el peso promedio de la carga de los camiones pesados (Ppc). Únase ese punto con el número de camiones pesados en el carril de diseño (N), sobre el eje (C) la línea interior deberá prolongarse hasta cortar el eje (B). Fíjese ahora en el eje (E) el límite de carga legal para eje sencillo (8.2 Ton.); ese punto deberá unirse con el anterior encontrando sobre el eje (B), y esa línea deberá prologarse hasta el eje (A), sobre el que podrá leerse el (NTI).

6. Cálculo del numero de transito de diseño (NTD).

Con el periodo de diseño del pavimento considerado, que será usualmente de 20 años, y la tasa de crecimiento anual de tránsito, podrá buscarse en la tabla de Factores de Corrección del NTI, el factor de corrección que deberá aplicarse al NTI, de manera que el producto de las cantidades, es el número de tránsito de diseño (NTD) que figura en el monograma de espesor total de cubrimiento.

$$\text{NTD} = (\text{NTI}) (\text{FACTOR DE CORRECCIÓN})$$

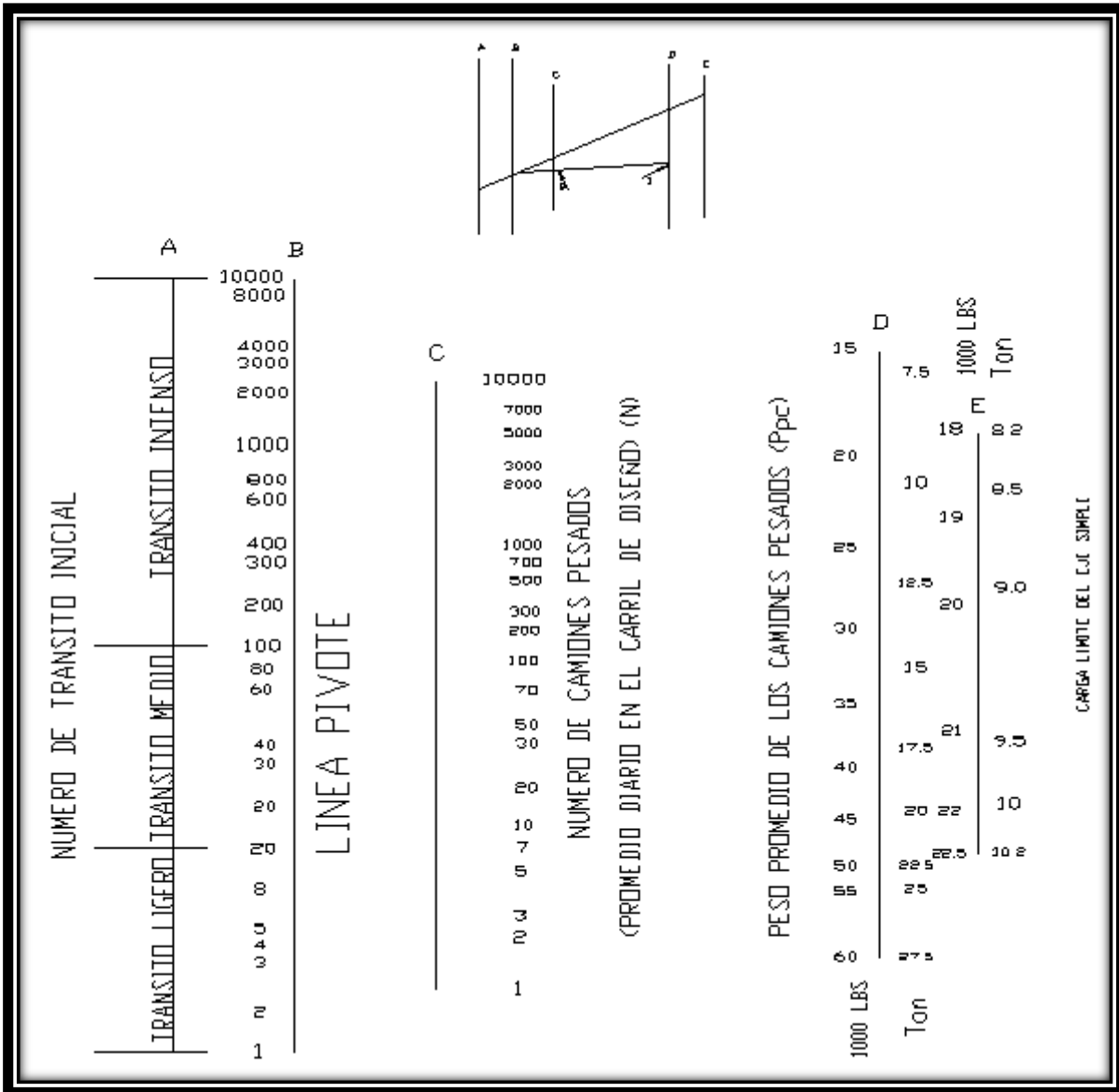


Figura 174.- Carta de análisis de tránsito del Instituto Norteamericano del Asfalto.

FACTORES DE CORRECCIÓN DEL NTI, PARA OBTENER EL NTD						
PERIODO DE DISEÑO	TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DEL TRÁNSITO					
AÑOS	0	2	4	6	8	10
1	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
4	0.2	0.2	0.21	0.22	0.22	0.23
6	0.3	0.32	0.33	0.35	0.37	0.39
8	0.4	0.43	0.46	0.5	0.53	0.57
10	0.5	0.55	0.6	0.66	0.72	0.8
12	0.6	0.67	0.75	0.84	0.95	1.07
14	0.7	0.8	0.92	1.05	1.21	1.4
16	0.8	0.93	1.09	1.28	1.52	1.8
18	0.9	1.07	1.28	1.55	1.87	2.28
20	1	1.24	1.49	1.84	2.29	2.86
15	1.25	1.6	2.08	2.74	3.66	4.92
30	1.5	2.03	2.8	3.95	5.66	8.22
35	1.75	1.5	3.68	5.57	8.62	13.55

Tabla 35.- Monograma para factores de corrección del número del tránsito inicial para obtener el número de diseño.

b) análisis estructural del pavimento

I. Cálculo del espesor necesario de cubrimiento de concreto asfáltico.

Con los datos del V.R.S. y el N.T.D., aplicable al caso, se entra en el monograma de la siguiente figura, y se obtiene el espesor total del pavimento, dado en concreto asfáltico.

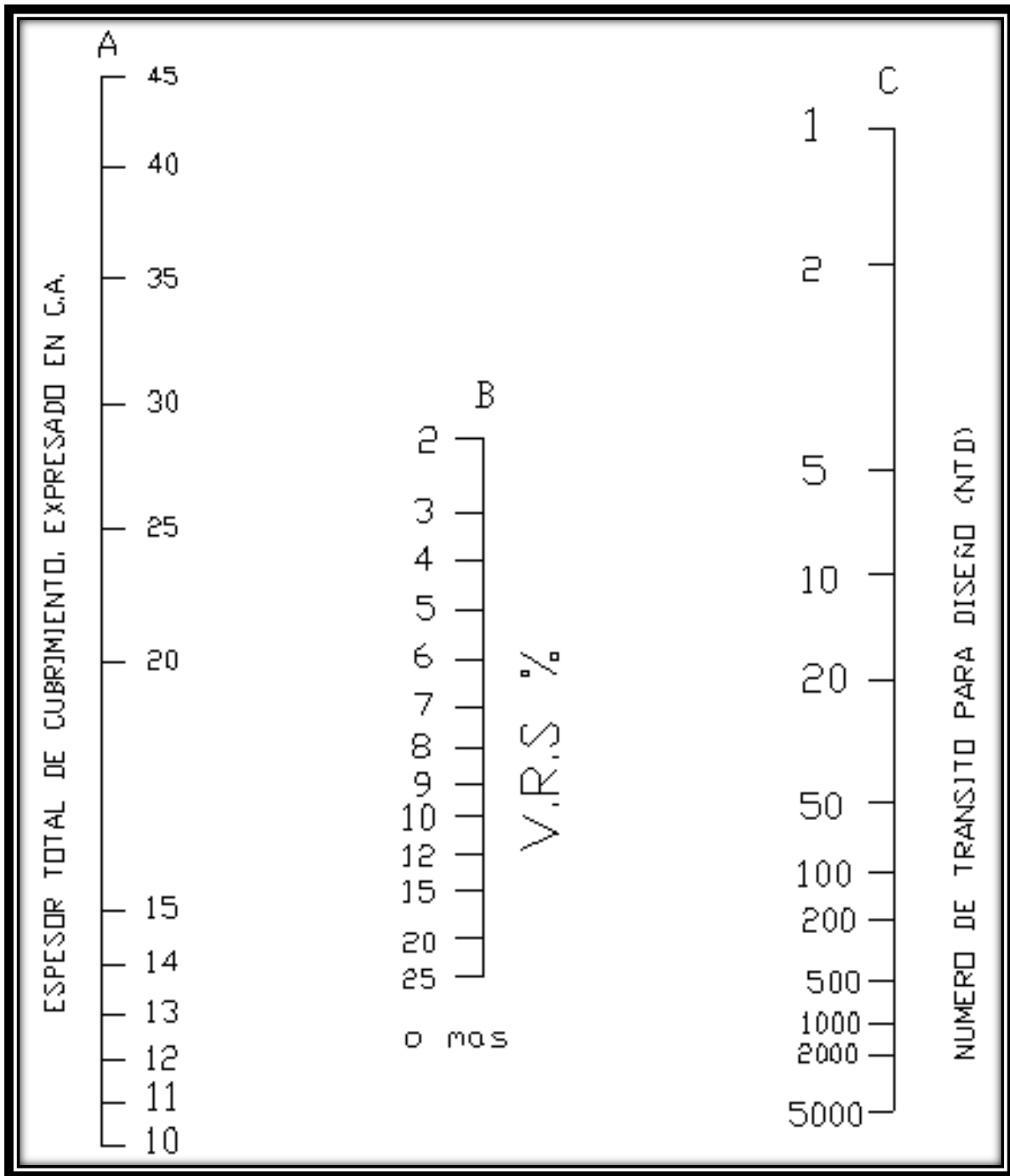


Figura 175.- Monograma para obtener el espesor de pavimento.

ii. **Cálculo del espesor mínimo de carpeta asfáltica (Em)**

En la gráfica de la siguiente figura, se obtiene el espesor mínimo de carpeta asfáltica (Em), requerido por un determinado tipo de base hidráulica.

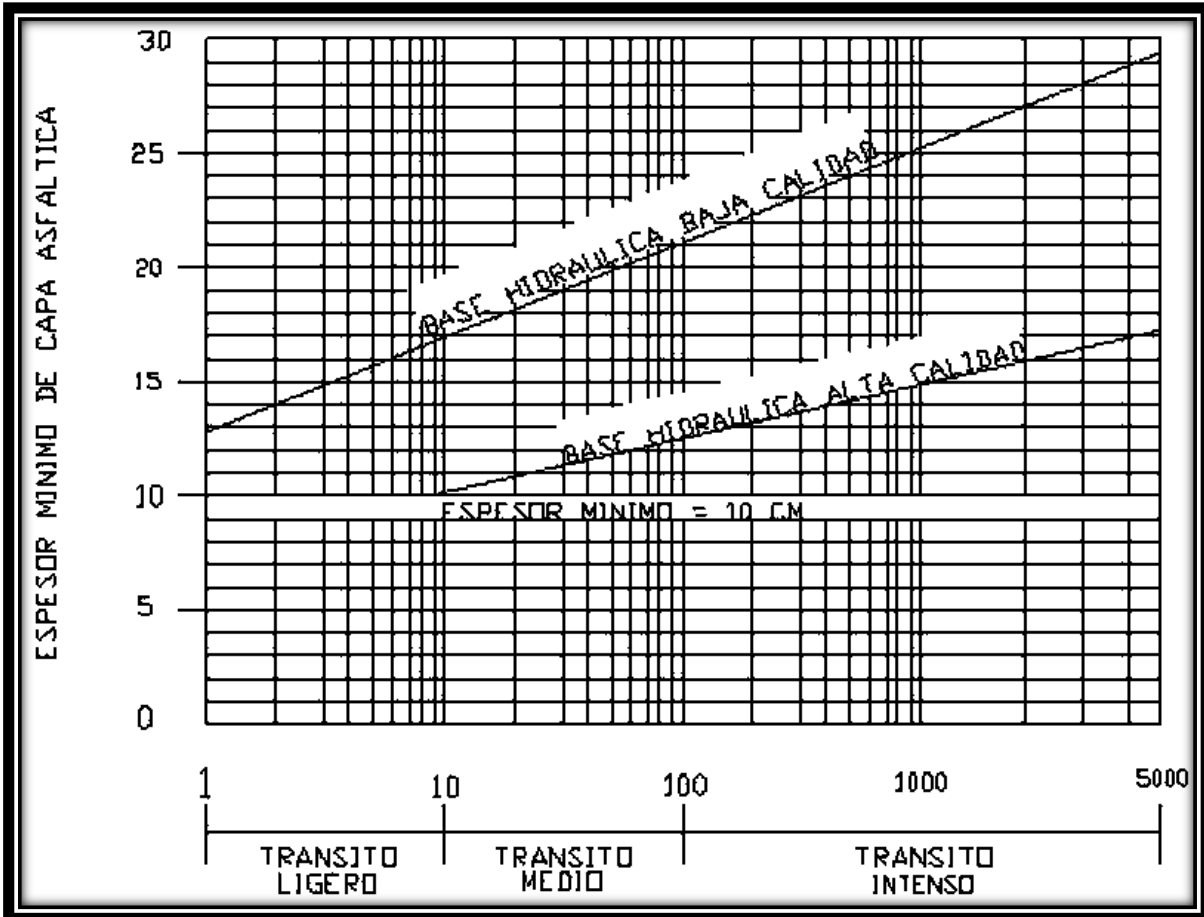


Figura 176.- Gráfica para obtener espesor mínimo de carpeta asfáltica.

NUMERO DE TRANSITO PARA DISEÑO (NTD)		
REQUISITOS MÍNIMOS PARA MATERIALES DE BASES HIDRÁULICAS		
TIPO DE PRUEBA	NORMAS	
	BAJA CALIDAD	ALTA CALIDAD
VRS Mín	20	100
LL Max	25	25
IP Max	6	NP
Equivalente de arena	25	50
Finos (% Max)	12	7

Tabla 36.- Requisitos mínimos para materiales de bases hidráulicas.

El instituto del asfalto, especifica los espesores mínimos de concreto asfáltico que deben colocarse en la carpeta del pavimento cuando se utilizan bases asfálticas. Estos valores aparecen en la siguiente tabla.

ESPEORES MÍNIMOS PARA CARPETAS DE CONCRETO ASFALTICO SOBRE BASES ASFÁLTICAS	
NUMERO DE TRANSITO DE DISEÑO (NTD)	ESPEOR MÍNIMO (cm)
Menor que 10 (transito ligero)	5
Entre 10 y 100 (transito medio)	7
Mayor de 100 (transito intenso)	10

Tabla 37.- Espesores mínimos para carpetas asfálticas.

iii. **Calculo del espesor de la base granular.**

Espesor Base granular en concreto asfáltico = $E_t - E_m$

El espesor real de la base, se obtiene multiplicando el espesor de la base granular, dado en concreto asfáltico, por un factor de equivalencia correspondiente a una base granular, este factor se obtiene mediante el uso de la siguiente tabla.

FACTORES DE EQUIVALENCIA ENTRE CAPAS CONVENCIONALES Y CAPAS DE CONCRETO ASFALTICO, EN CUANTO A ESPESOR	
CAPAS CONVENCIONALES	FACTOR DE EQUIVALENCIA
Bases asfálticas de arena, mezcla en planta	1.3
Bases asfálticas elaboradas con asfalto liquido o emulsificados	1.4
Bases granulares de alta calidad (VRS > 100%)	2
Bases granulares de baja calidad (VRS > 20%)	2.7

Tabla 38.- Factores de equivalencia entre capas convencionales y capas de concreto asfáltico.

El espesor de la capa de súbbase y de la capa subrasante se obtiene por especificación. ^[9]

Para nuestro proyecto, diseñar la sección estructural del pavimento flexible empleando el método anterior. Los datos generales son los siguientes:

Los materiales que forman las terracerías son generalmente de origen volcánico y están constituidos por limos inorgánicos de mediana plasticidad y de baja a alta compresibilidad. También se encuentran algunas mezclas de suelos y fragmentos pequeños de roca, cuyas características son muy variables.

- ❖ VRS subrasante = 20%
- ❖ VRS sub-base = 30%
- ❖ VRS base = 100%
- ❖ No. De carriles = 2
- ❖ $r = 6\%$
- ❖ $n = 20$ años

CLASIFICACIÓN VEHICULAR		
TIPO DE VEHÍCULO	TDPA	PESO TOTAL DEL VEHÍCULO
A-2	121	2.0 Ton.
A'2	97	5.5
B2	18	15.5
C2	9	15.5
C3	7	23.5
T2-S1	0	25.5
T2-S2	0	33.5
T3-S3	0	35.5
Suma =	252	

Tabla 39.- Clasificación vehicular.

a).- EVALUACIÓN DEL TRANSITO DE VEHÍCULOS

1. Transito diario inicial = transito promedio diario anual.

TDI = TDPA = 252 vehículos

2. El número de camiones pesados en el carril de diseño se calcula mediante la siguiente formula.

$$N = \text{TDI} (A/100) (B/100)$$

$$A = (S \text{ VP} / \text{TDPA}) 100$$

"Proyecto Geométrico Del Camino Puente El Pitayo - Las Bateas - San José De Chila del km 4+219.68 al km 23+641.07 En El Municipio De Apatzingan, Michoacán"

$$S VP = B2+C2+C3+T2-S1+T2-S2+T3-S3 = 18+9+7+0+0+0+0+0+0=34$$

$$A = (34/252)100 = 13.49 \%$$

El valor de B se calcula de la tabla de porcentaje de transito total de vehículos pesados para una carretera de dos carriles

$$B = 50 \%$$

$$N = 252(13.49/100) (50/100) = 17$$

3. Peso promedio de los vehículos pesados (Ppc).

$$Ppc = \frac{(18)(15.5) + (9)(15.5) + (7)(23.5)}{34} = 17.15 \text{ Ton}$$

4. Limite de carga legal = 8.2 Ton.

5. Se calcula el NTI, entrando a la grafica de análisis de transito del instituto norteamericano del asfalto.

$$NTI = 130 \text{ vehículos (transito intenso)}$$

6. Cálculo del NTD, el factor de corrección se obtiene de la grafica de factor de corrección del NTI, para una n = 20 años y un r = 6% el factor es de 1.84

$$NTD = (NTI)(\text{factor})$$

$$NTD = (130)(1.84) = 240 \text{ VEHÍCULOS}$$

b).- ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO.

- I. Para el diseño del espesor total (Et), se considera un valor de VRS subrasante de 20% y de NTD = 240.

Mediante el empleo del monograma de espesor total de cubrimiento se obtiene un espesor total de:

$$Et = 4.1 \text{ cm. (de concreto asfáltico)}$$

- II. En la tabla de espesor mínimo de carpeta asfáltica se podrá obtener el dicho (Em) requerido para una base hidráulica de alta calidad, el cual en este caso da el resultado siguiente:

$$Em = 4 \text{ cm. (de concreto asfáltico)}$$

- III. Calculo del espesor de la base granular.

Espesor de base granular de concreto asfáltico = $E_t - E_m = 4.1 - 4.0 = 0.1$ cm

El espesor real de la base es:

Espesor de base granular de concreto asfáltico x factor de equivalencia.

El factor de equivalencia lo podemos obtener de la tabla de factores de equivalencias entre capas convencionales y capas de concreto asfáltico, el cual nos arroja un resultado de 2.0 %

Espesor real de la base = $(0.1) (2.0) = 0.20$ cm

Las especificaciones de la SCT (Secretaria de Comunicaciones y Transportes, México), proponen 15 cm de espesor mínimo de base cuando $SVP < 500$ vehículos.

Por lo tanto, el espesor de la base hidráulica es de 20 cm.

4.7 DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLES POR EL MÉTODO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Para el diseño de pavimentos flexibles se deben de tomar en cuenta las características, propiedades, naturaleza y comportamiento de los materiales que van a formar parte del pavimento. Otros factores a tomar en cuenta son las condiciones topográficas por donde va a atravesar el camino, el comportamiento del clima, la orografía e hidrografía de la zona, entre otros. Además de conocer las características e intensidades de tránsito que actuarán sobre el pavimento.

Atendiendo a esos factores, procedemos a efectuar el diseño de la estructura del pavimento requerido en el Proyecto del camino.

a) Se determina el VRS del material de cada capa que va a utilizarse en la construcción del pavimento.

b) Se estima el TDPA, con el cual se determina el Tránsito Equivalente (ΣL). En ejes sencillos de 8.2 ton.

Este cálculo se realiza en función de la tasa de crecimiento anual, vida de proyecto del pavimento, composición del tránsito, variación del coeficiente de daño con la profundidad y nivel de confianza asignado al pavimento. El tránsito equivalente representa el número medido de ejes por cada vehículo que circula por la carretera al cabo de cierto número de años.

A) DETERMINACIÓN DE LOS ESPESORES DEL PAVIMENTO.

Para determinar los espesores del pavimento se utilizan las gráficas de las figuras A4, A5, A6, ó A7, según el nivel de confianza que se halla elegido.

Estas gráficas se utilizan de la manera siguiente:

Se determina el espesor equivalente requerido de Z_1 sobre la capa analizada, entrando a la gráfica con el VRS de dicha capa en el eje de las abscisas por donde se baja una vertical hasta interceptar la curva de tránsito equivalente correspondiente a la profundidad analizada y en el eje de las ordenadas se lee el espesor equivalente.

Para determinar el espesor real de las capas D_1 se utiliza la expresión:

$$Z_n = \sum_1^n a_1 D_1$$

Z= Espesor equivalente.

a_1 = Coeficiente de equivalencia estructural (toma en cuenta la capacidad de repetición de carga sobre el material).

$a_1 = 0$ para carpetas de riego

$a_1 = 1.5$ para carpetas de riego en frío (mezcla en frío)

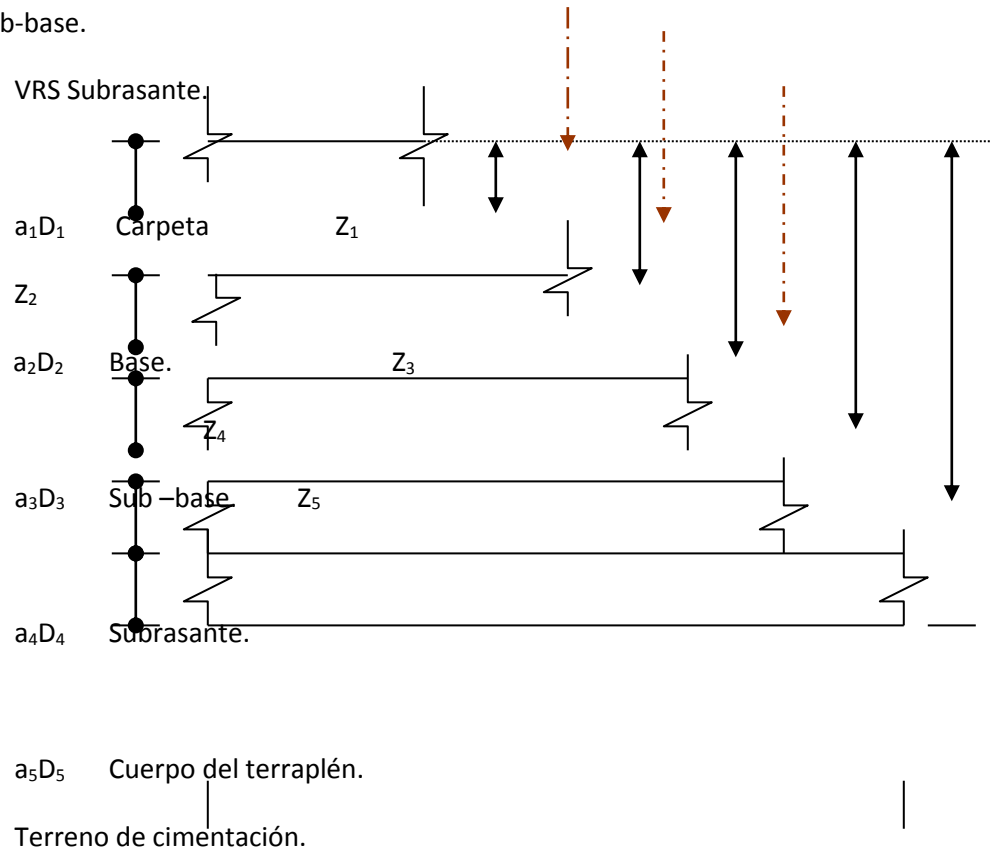
$a_1 \geq 2$ para carpetas asfálticas en caliente (se toma $a_1 = 2$).

$a_2 = a_3 = a_4 = 1$ para materiales estabilizados mecánicamente.

D_i = Espesor real.

VRS Base.

VRS sub-base.



El espesor de la carpeta será:

Z_1 mínimo = 8 cm.

$$Z_1 = a_1 D_1 \quad D_1 = \frac{Z_1}{a_1}$$

El espesor de la base será:

$$Z_2 = a_1 D_1 + a_2 D_2 = Z_1 + a_2 D_2$$

$$a_2 D_2 = Z_2 - Z_1$$

$$D_2 = \frac{Z_2 - Z_1}{a_2} \quad \text{En general. } D_i = \frac{Z_i - Z_{i-1}}{a_i}$$

GRÁFICAS DE NIVELES DE CONFIANZA

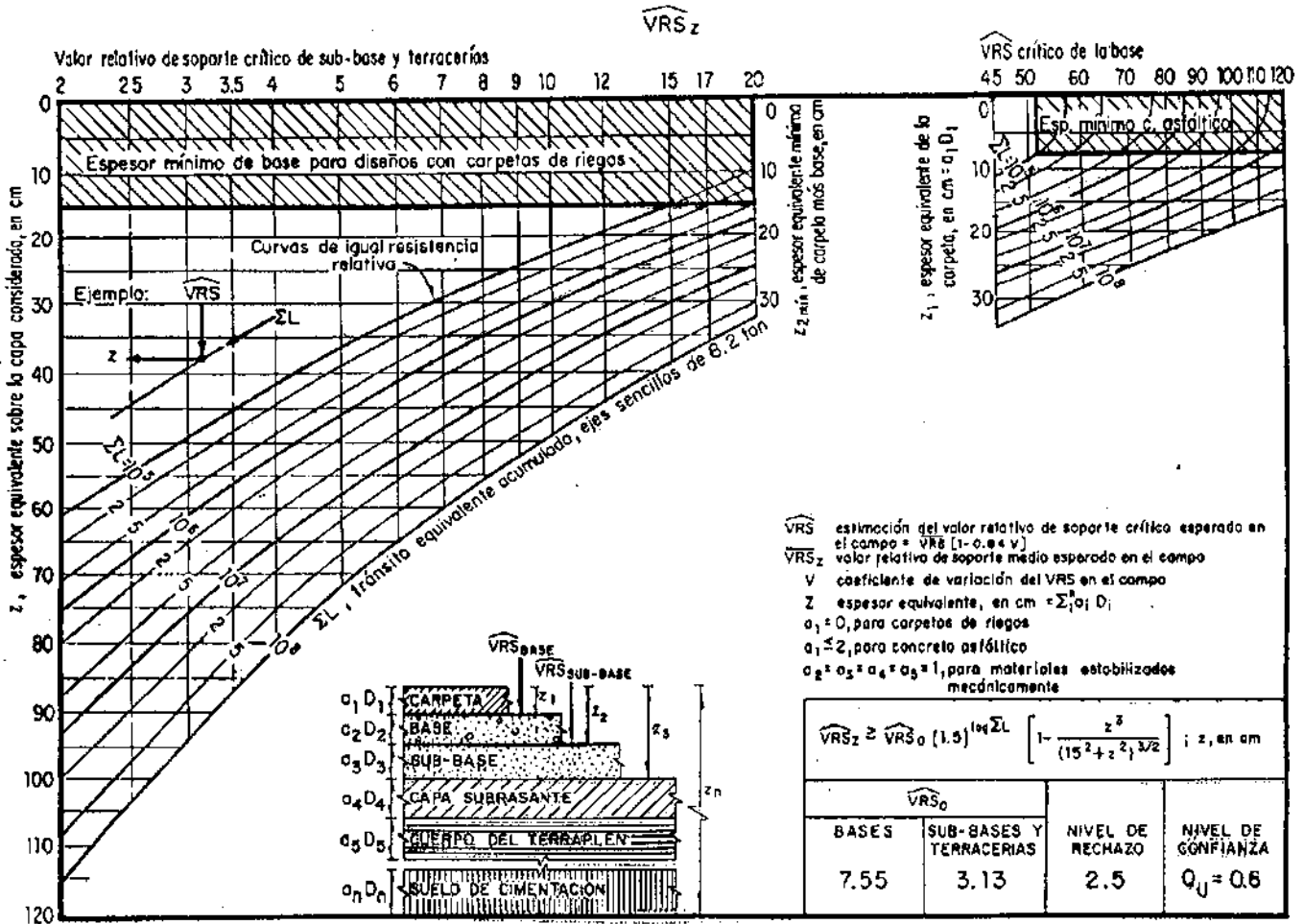


Figura 177.- Grafica para diseño estructural para bases de VRS 7.55 de carreteras con pavimento flexible.

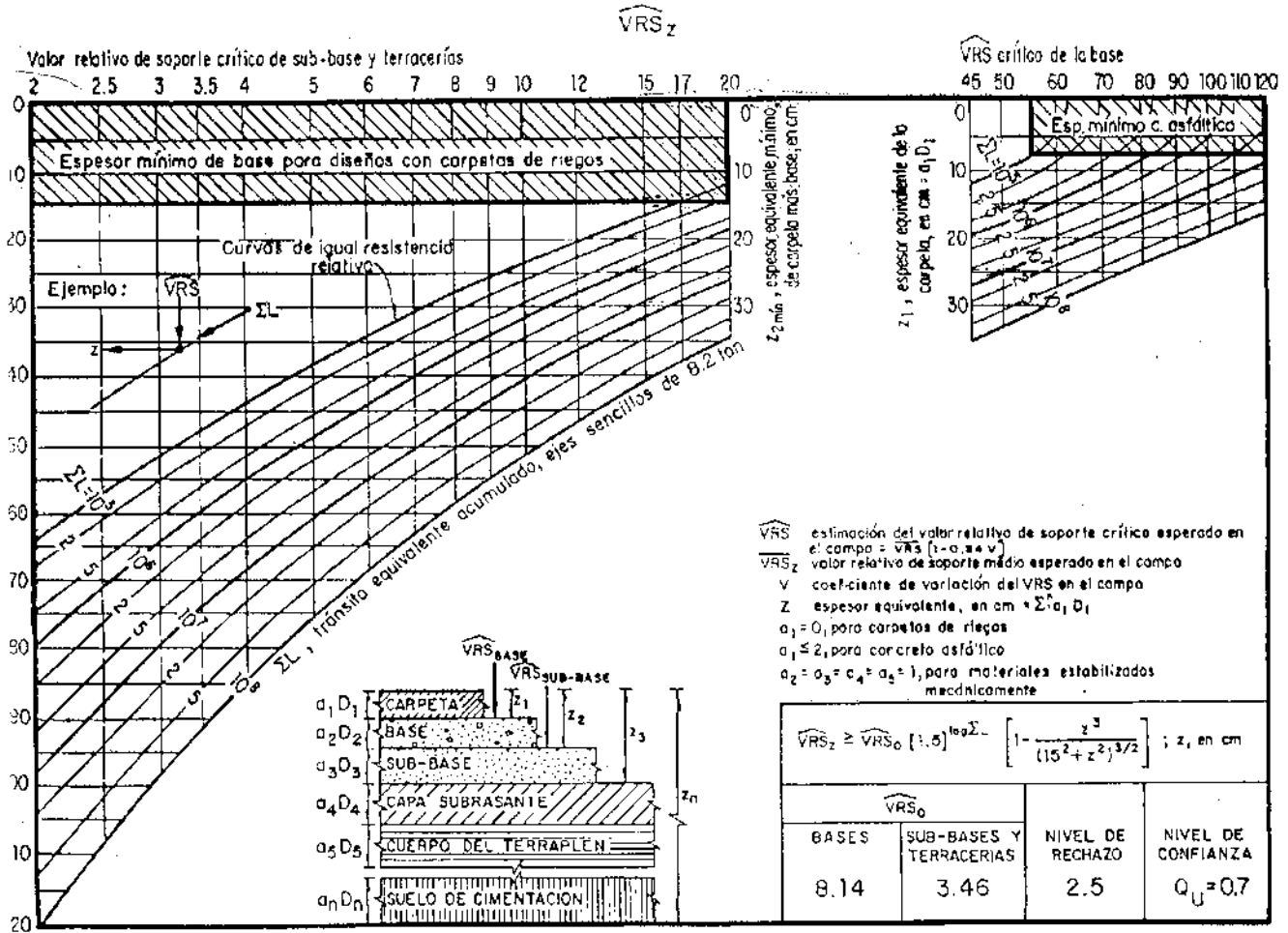


Figura 178.- Grafica para diseño estructural para bases de VRS 8.14 de carreteras con pavimento flexible.

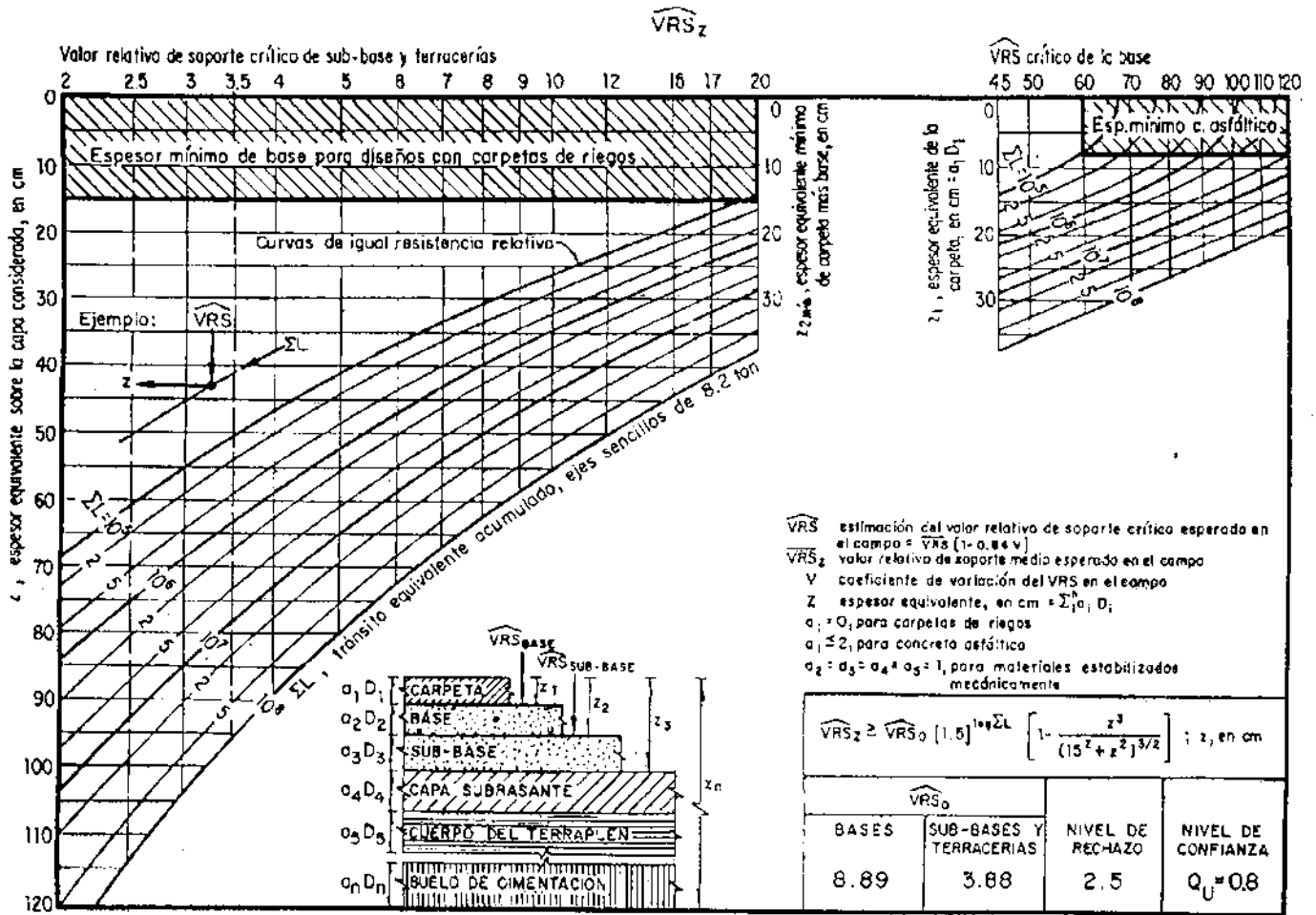


Figura 179.- Grafica para diseño estructural para bases de VRS 8.89 de carreteras con pavimento flexible.

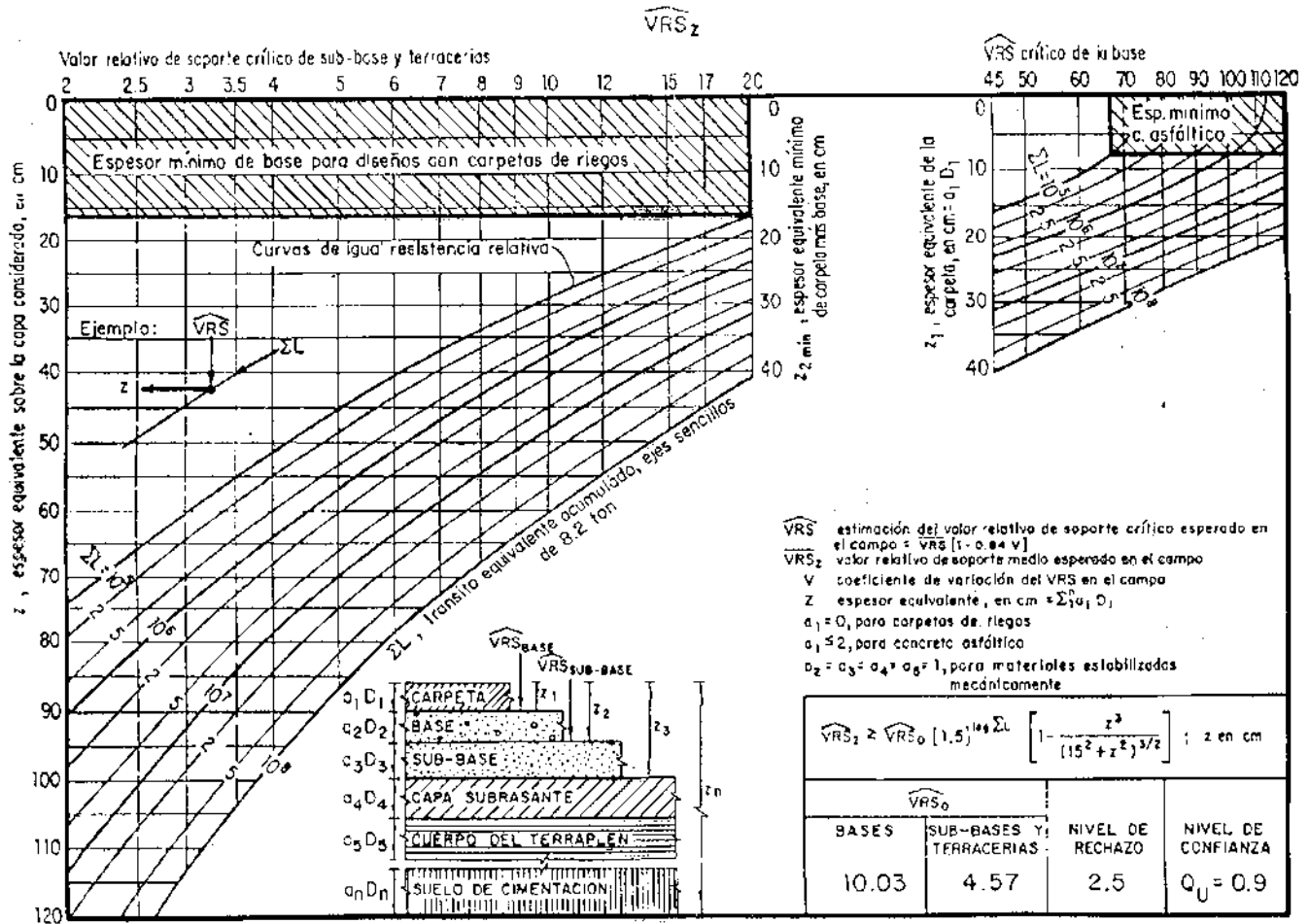


Figura 180.- Grafica para diseño estructural para bases de VRS 10.03 de carreteras con pavimento flexible.

B) Determinación de la intensidad del tránsito.

Para efectuar dicha determinación se auxilia el proyectista de aforos del tránsito y estudios de origen y destino efectuados en caminos con características similares al que se va a construir. Los aforos sirven para determinar el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), que es el promedio de los volúmenes de tránsito diario que circulan por un tramo de carretera en todo un año, además de conocer la clasificación vehicular del camino o tramo carretero.

Los datos obtenidos de los aforos se muestran en los formatos correspondientes.

Finalmente se obtuvieron los valores de T.D.P.A. para el diseño del pavimento, considerando el tránsito aforado y el tránsito diario tal como se muestra en la siguiente tabla:

CLASIFICACIÓN VEHICULAR	TRÁNSITO AFORADO	TRÁNSITO DIARIO	%
A2	26	70	28
A'2	44	118	48
B2	6	19	7
B3	2	2	2
C2	9	23	10
C3	5	9	5
T2-S2	0	0	0
T3-S2	0	0	0
TOTAL	92	243	100

Tabla 40.- Tránsito aforado y tránsito diario.

C) Determinación de la resistencia o CBR del material de terracerías.

La prueba de CBR deberá de efectuarse siempre en condiciones de humedad cercanas a las más desfavorables que se considere pueda alcanzar el material para una compactación de proyecto existente.

En nuestro proyecto, se realizaron 39 sondeos a cada 500 metros en todo lo largo del camino, obteniendo las características del terreno natural necesarias para el diseño del pavimento, destacando los valores del CBR en las pruebas AASHTO Estándar, posteriormente se calculó el valor de CBR Crítico de diseño, tal como se muestra a continuación.

VALORES DEL TERRENO NATURAL				
ESTACION KM	AASHTO ESTANDAR		VRS	(VRS) ²
	CBR	(CBR) ²		
4+500	8.6	74.0	7.8	60.8
5+000	3.4	11.6	6.9	47.6
5+500	3.4	11.6	2.5	6.3
6+000	4.1	16.8	4.5	20.3
6+500	4.4	19.4	3.0	9.0
7+000	5.1	26.0	4.1	16.8
7+500	7.9	62.4	7.8	60.8
8+000	3.4	11.6	2.5	6.3
8+500	5.1	26.0	4.0	16.0
9+000	6.2	38.4	4.5	20.3
9+500	6.1	37.2	3.0	9.0
10+000	4.1	16.8	3.0	9.0
10+500	21.1	445.2	15.7	246.5
11+000	3.4	11.6	3.1	9.6
11+500	21.7	470.9	9.0	81.0
12+000	35.7	1274.5	15.0	225.0
12+500	21.7	470.9	13.2	174.2
13+000	65.8	4329.6	11.1	123.2
13+500	25.8	665.6	15.7	246.5
14+000	4.5	20.3	3.1	9.6
14+500	33.9	1149.2	9.0	81.0
15+000	31.3	979.7	15.0	225.0
15+500	22.2	492.8	13.2	174.2
16+000	39.7	1576.1	11.1	123.2
16+500	41.8	1747.2	16.7	278.9
17+000	29.7	882.1	16.7	278.9
17+500	5.7	32.5	5.7	32.5
18+000	5.9	34.8	4.3	18.5
18+500	4.9	24.0	4.2	17.6
19+000	3.9	15.2	3.3	10.9
19+500	15.9	252.8	16.7	278.9
20+000	10.8	116.6	7.8	60.8
20+500	11.5	132.3	5.7	32.5
21+000	9.8	96.0	4.3	18.5
21+500	8.9	79.2	4.2	17.6
22+000	8.9	79.2	3.3	10.9
22+500	13.0	169.0	12.5	156.3
23+000	7.4	54.8	11.5	132.3
23+500	7.4	54.8	11.5	132.3
SUMA	574.1	16008.6	316.2	3478.5

$X = \sum VRS/n$ $X = 574.1 / 39 = 14.72$ $Y = \sqrt{1/n - 1(\sum(VRS)^2 - n(x)^2)}$ $Y = \sqrt{1/38 (16008.63 - 39(14.72)^2)}$ $Y = \sqrt{198.88}$ $Y = 14.1$ $CV = Y/X = 14.1/14.72 = 0.96$ $V = 0.96$ $C = 0.84$ $CBRc = CBR[1 - (0.84)(V)]$ $CBRc = 14.72[1 - ((0.84)(0.96)]$ $CBRc = 2.849792$	$X = \sum VRS/n$ $X = 316.2 / 39 = 8.11$ $Y = \sqrt{1/n - 1(\sum(VRS)^2 - n(x)^2)}$ $Y = \sqrt{1/38 (3478.48 - 39(8.11)^2)}$ $Y = \sqrt{24.07}$ $Y = 4.91$ $CV = Y/X = 4.91/8.11 = 0.61$ $V = 0.61$ $C = 0.84$ $CBRc = CBR[1 - (0.84)(V)]$ $VRSc = 8.11[1 - ((0.84)(0.61)]$ $VRSc = 3.954436$
--	--

Tabla 41.- VRS y CBR critico.

D).- DETERMINACIÓN DE LOS ESPESORES.

El método utilizado para el diseño del pavimento es el del instituto de ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, utilizando el sistema Dispav-5. En este método se requieren los datos de tránsito obtenidos, conjuntamente con la calidad de los materiales que formaran las capas de estructuración que se obtuvieron de los análisis efectuados en el campo, tanto en el sitio de estudio como en los bancos de materiales propuestos.

Este método diseña por fatiga (en capa estabilizadas) que se define como la pérdida de capacidad de los materiales que provocan falla y por deformaciones permanentes (únicamente en las capas granulares o no estabilizadas).

Los parámetros de diseño para determinar los espesores de la estructura del pavimento, son los que se describen a continuación:

Tipo de camino existente: Pavimentado

Longitud TOTAL tramos: 19.42139 Km.

C.B.R. crítico: 3.954%.

Vida útil: 15 años.

Tasa de Crecimiento Anual: 3.00%

TDPA: 243

Clasificación Vehicular:

Clasificación Vehicular	%
A2	28
A'2	48
B2	7
B3	2
B4	0
C2	10
C3	5
T2-S1	0

Tabla 42.- Clasificación vehicular.

Aplicando los anteriores parámetros en el DIS-PAV, obtenemos que el Nivel de Tránsito por eje equivalente es de:

Tránsito de Proyecto en millones de ejes estándar para diferentes profundidades	
Z = 5 cm.	0.4 millones
Z = 15 cm.	0.2 millones
Z = 30 cm.	0.2 millones
Z = 60 cm.	0.2 millones
Z = 90 cm.	0.2 millones
Z = 120 cm.	0.2 millones

Tabla 43.- Tránsito de proyecto en millones de ejes estándar.

Aceptando la sugerencia de emplear a 15 cm. de profundidad Para diseño por fatiga y 90 cm. para deformación permanente.

De la tabla anterior tenemos el tránsito de proyecto, en millones de ejes estándar:

Millones de Ejes Equivalentes por Fatiga: 2.0

Millones de Ejes Equivalentes por Deformación: 2.6

EN LA TABLA SIGUIENTE SE MUESTRAN LOS VALORES Y RESULTADOS OBTENIDOS:

CAPA	Z profundidad (cm)	VRS z %	E Kg/cm²	V	VIDA PREVISIBLE DEFORMACIÓN	VIDA PREVISIBLE FATIGA
CARPETA ASFÁLTICA	0.05		30,000	0.35		>150
TERRENO NATURAL	SEMI-INFINITO	3.96	340	0.45	2.6	

Tabla 44.- Resultados.

Finalmente se puede concluir que:

	VIDA PREVISIBLE	TRÁNSITO DE PROYECTO
DEFORMACIÓN	2.6	0.2
FATIGA	>150	0.2

Tabla 45.- Deformación, fatiga Vs Vida previsible, transito de proyecto.

Los espesores determinados se encuentran en condiciones aceptables de soportar los esfuerzos transmitidos por los ejes de los vehículos por fatiga y deformación, es decir el diseño de la estructura del pavimento es adecuada ya que la tolerancia es de $\pm 10\%$, del tránsito de proyecto.

RECOMENDACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PAVIMENTO

Tratamiento a la subrasante. El tratamiento para la subrasante debe ser el convencional en todo tipo de pavimentación, solo que se debe tener mucho cuidado en los niveles finales, ya que variaciones en estos niveles, inducirán variaciones en los espesores del pavimento flexible. La variación deberá estar acorde con las especificaciones referentes al espesor del pavimento.

Construcción de la Sub-base y la base. Una vez preparados los materiales con las humedades necesarias para el caso, estos se extenderán y se compactaran para lograr espesores compactados no mayores a 15 cm. al 100% del grado de compactación máxima, según pruebas de laboratorio.

Para la construcción de carpetas asfálticas por el sistema de mezcla en el lugar, se utilizará grava-arena volcánica o de río (material inerte) cribado o triturado a tamaño máximo de $\frac{3}{4}$ " (19.1mm) a finos.

Para la elaboración de una carpeta asfáltica se recomienda utilizar una emulsión asfáltica elaborada con cemento asfáltico Ac-20, de rompimiento medio, lento o súper estable, de acuerdo con las necesidades del material y la zona donde se va aplicar.

El diseño de la mezcla, así como el contenido óptimo para la construcción de carpetas asfálticas, se determinara por el laboratorio de control de calidad del contratista y avalado por la Secretaría de Comunicaciones y Obras Publicas, una vez que se haya producido el material para la carpeta.

Antes de proceder al tendido de la carpeta, se barrerá la superficie de base hidráulica para después aplicar un riego de liga con emulsión asfáltica de rompimiento rápido.

De preferencia deberá elaborarse la mezcla asfáltica en una planta de mezcla en frío y tendida con máquina entendedora, o en su caso, elaborarla con un motoconformadora experimentado en carpetas.

Para la compactación de la carpeta asfáltica se deberá contar con un equipo neumático (capacidad de 14 toneladas) y rodillo liso vibratorio; usándolos en forma alternada; la carpeta se vibrará en el proceso intermedio de la compactación; al inicio y al final se usará rodillo muerto.

Memoria de cálculo por el método de la UNAM

MÉTODO DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM (SOFTWARE DE COMPUTO DISPAV – 5, VER. 2.0)

Se llevó a cabo el análisis de pavimentos con el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM, actualmente el método está preparado para ser manejado con la ayuda de un programa interactivo de cómputo, conocido comoDISPAV-5, versión 2.0, editado en septiembre de 1999.El programa analiza secciones estructurales hasta de cinco capas, e incorpora tanto el cálculo por deformación permanente, según el modelo el astoplástico desarrollado, como el cálculo por fatiga empleando modelos elásticos de varias capas. Su fundamento es teórico- experimental.

Cálculo del tránsito equivalente acumulado.

Utilizando el método del **Instituto de Ingeniería de la UNAM**, se calcularon las cargas equivalentes a 5, 15, 30, 60, 90 y 120 cm. de profundidad actuando en la estructura del pavimento, considerando etapa de proyecto a 15 años.

Las características del tránsito referido para el diseño del pavimento fueron:

- **Tránsito diario promedio anual.**
- **Composición del Tránsito por tipos de vehículos.**
- **Peso de los vehículos cargados y vacíos.**
- **Incremento anual del tránsito.**
- **Número de aplicaciones**

El tránsito equivalente o número de cargas estándar acumulado al final del periodo de análisis (ΣL), requirió la determinación previa de los coeficientes de daño por eje y por vehículo.

TDPA: 243 vehículos ambos sentido**Tasa de crecimiento anual 3.0%**

Clasificación:

A = 76.00 %

B = 9.00 %

C = 15.00 %

100.00 %

Composición Vehicular:

Automóvil (A): 76.0 %

Autobús (B2): 7.0 %

Autobús (B3): 2.0 %

Autobús (B4): 0.0 %

Camión 2 ejes (C2): 10.0 %

Camión 3 ejes (C3): 5.0 %

TOTAL: 100.00%

Los parámetros constantes de diseño fueron los siguientes:

- ❖ **TDPA: 243 vehículos.**
- ❖ **Coefficiente direccional: 50 %**
- ❖ **TDPA en el carril de proyecto: (243x 50%) = 122**
- ❖ **Coefficiente de distribución en el carril de proyecto: 100% (un carril en ambas direcciones)**
- ❖ **Tasa de crecimiento anual del tránsito: 3%**
- ❖ **Periodo de diseño: 15 años.**

$$C_{t'} = \frac{(1+r)^n - 1}{r} 365$$

Factor de proyección a futuro:

Dónde: r = % de incremento de tránsito

n = periodo de proyecto.

El tipo de camino que se consideró la opción de Tipo D.

En el análisis de carga equivalente se indican los porcentajes de carga de los vehículos según su tipo.

Cabe hacer mención que el programa toma en cuenta las cargas y presiones máximas reglamentarias.

Una vez introducida la profundidad, el programa presentó el tránsito acumulado de ejes equivalentes, siendo los siguientes:

Periodo de Diseño 15 Años

Por fatiga en las capas estabilizadas 0.5×10^6

Por fatiga en las capas no estabilizadas 0.5×10^6

Módulos de rigidez de los materiales

Para los módulos de rigidez de las capas granulares el método marca una correlación con el VRSZ el cual es $E = 130 \text{ VRSZ}^{0.7}$

En el caso del módulo elástico de la carpeta asfáltica, inicialmente se consideró el que marca el programa.

Anteproyecto de pavimentos

A partir de lo anterior, se conocieron los espesores requeridos de las terracerías y pavimentos a partir de la subrasante, considerando valores de resistencia para cada capa, según los obtenidos en el laboratorio para cada banco y suelo natural respectivo.

Con base en la información recabada, se generaron alternativas de pavimento a nivel de anteproyecto, con las características básicas de cada alternativa. Estas alternativas fueron evaluadas técnica y económicamente para seleccionar la mejor alternativa para el anteproyecto ejecutivo.

El método recomienda elegir un nivel de confianza de proyecto de 85%. Se consideró emplear un nivel del 80% debido a la importancia que representa el proyecto.

Diseño por deformación

Una vez concluida la entrada de información, el programa calcula internamente los espesores requeridos para evitar la falla prematura por deformación de las capas no estabilizadas con asfalto.

Cabe mencionar que debido a la variación que presenta la resistencia del terreno de cimentación a lo largo de todo el tramo se realizaron análisis para distintas resistencias, obteniendo los siguientes resultados:

Para un tránsito de proyecto en cada uno de los casos en, millones de ejes estándar y un periodo de proyecto de 15 años:

Diseño por fatiga en las capas asfálticas

La vida previsible por fatiga se basa en las deformaciones unitarias generadas en la parte inferior de la carpeta asfáltica de la estructura obtenida en el inciso anterior.

Si el resultado de la primera revisión no resultó adecuado, el programa da tres opciones para cumplir con la vida previsible, estas opciones son:

- 1.- Cambiar el módulo de la carpeta
- 2.- Cambiar espesores
- 3.- Emplear base asfáltica

Estructuración y selección definitiva.

De acuerdo a los datos de este estudio, los espesores teóricos necesarios serán los que se indican a continuación:

El estudio de evaluación deberá realizarse cuando el Índice de Servicio.

Actual del camino sea inferior a 2.5 para lo cual es preciso determinar este índice en forma periódica desde el inicio de operación del camino.

A CONTINUACIÓN DE PRESENTAN LOS RESULTADOS DE LA CORRIDA DEL SOFTWARE DISPAV-5, VER. 2.0

CARRETERA: Puente el pitayo – las bateas – san José de chila

Del km 4+219.68 al km 23+641.07

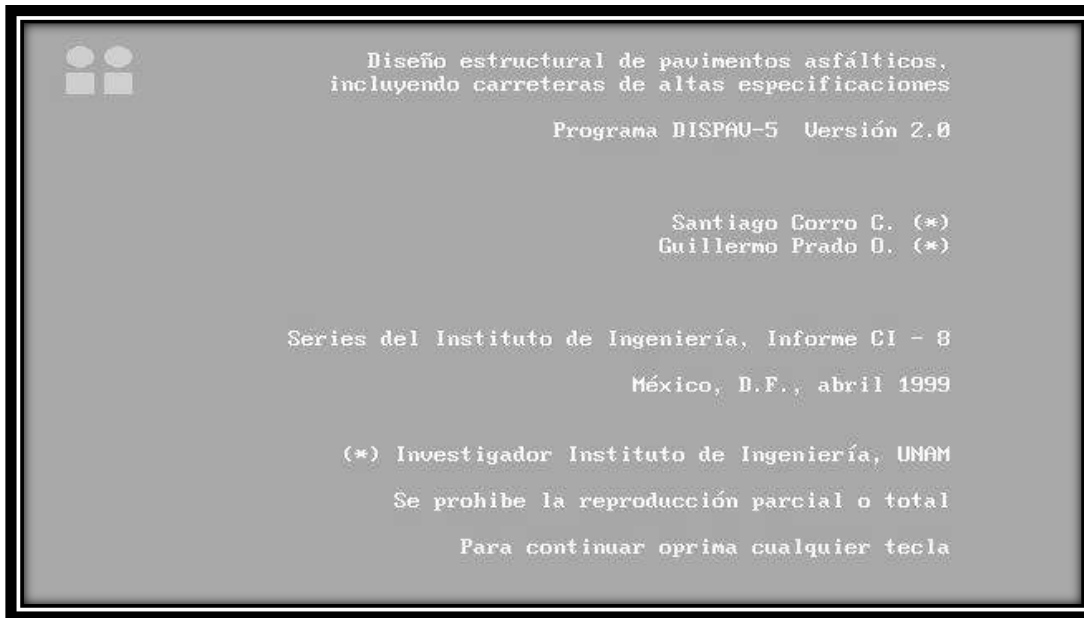


Figura 181.- Inicio

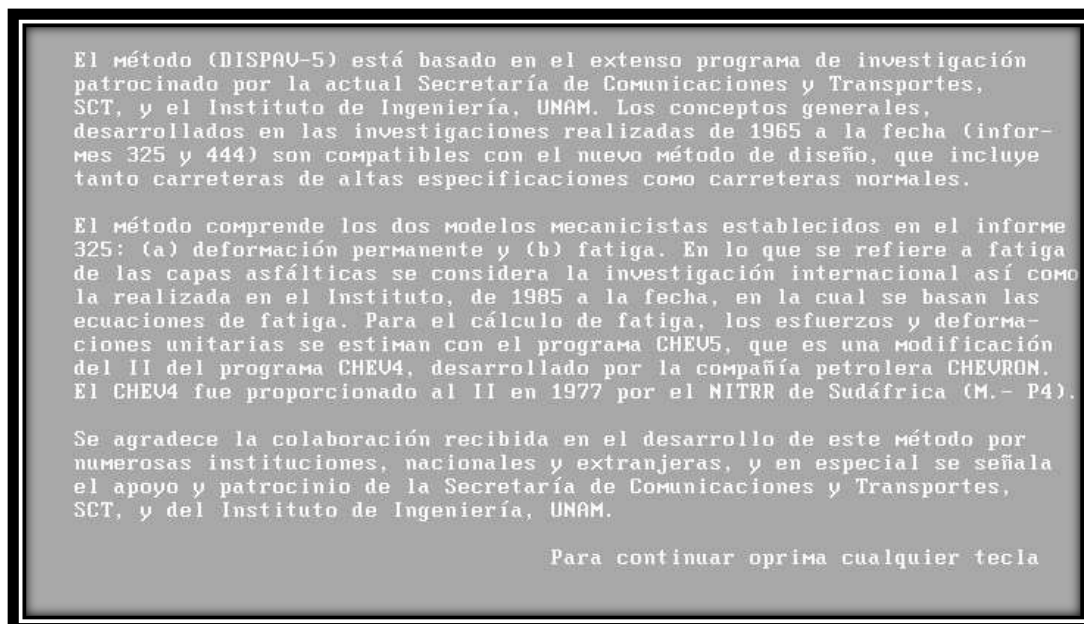


Figura 182.- Descripción.

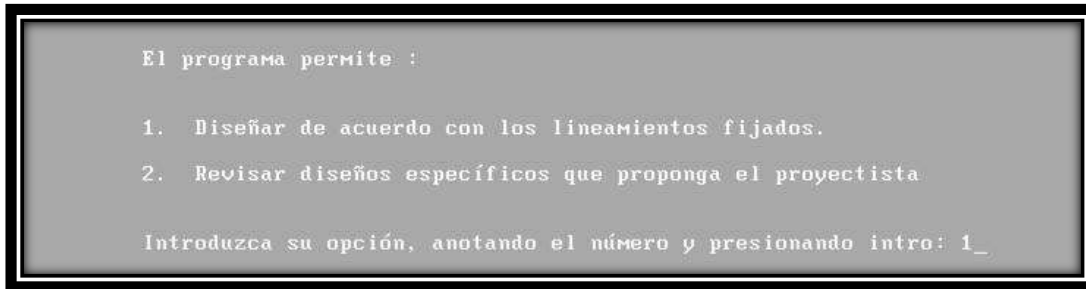


Figura 183.- Introducción.

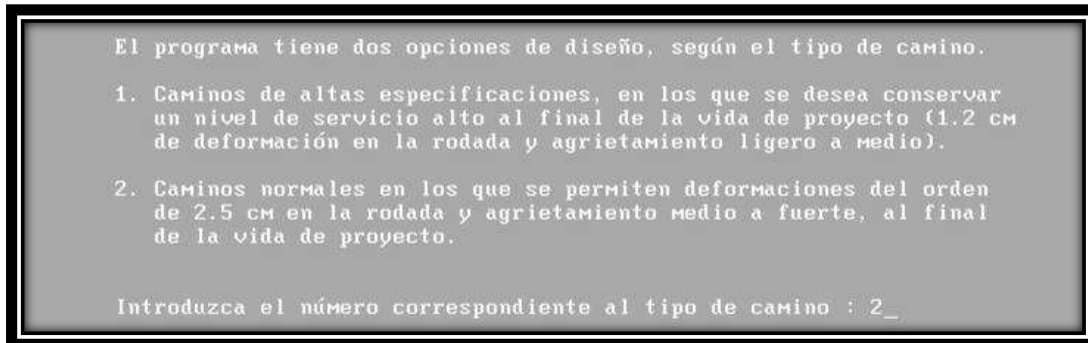


Figura 184.- El programa tiene dos opciones de diseño, según el tipo de camino.

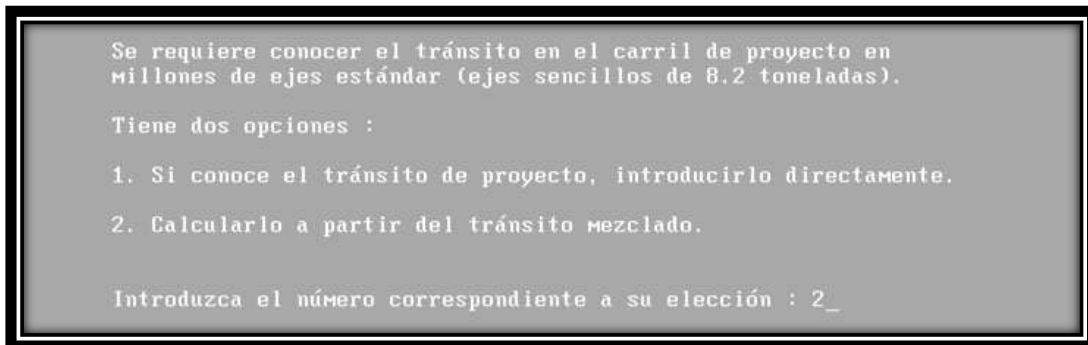


Figura 185.- Ejes sencillos de 8.2 toneladas.

```
Introduzca los siguientes datos :  
  
TDPA en el carril de proyecto (en vehículos) : 122  
  
Tasa de crecimiento anual del tránsito (en %) : 3  
  
Periodo de proyecto, en años : 15_
```

Figura 186.- TDPA, Tasa de crecimiento y periodo de proyecto.

```
Se necesita conocer el tipo de camino  
  
1. Tipo A o B  
  
2. Tipo C  
  
3. Tipo D  
  
Introduzca el número correspondiente : 3_
```

Figura 187.- Tipo de camino.

```
Se requiere conocer la composición del tránsito;  
introduzca el porcentaje para cada tipo de vehículo.  
  
Automóvil  
A : 76.0  
  
Autobús  
B2 : 7.0  
B3 : 2.0  
B4 :  
  
Camión unitario  
C2 : 10.0  
C3 : 5_
```

Figura 188.- Porcentaje para cada tipo de vehículo.

Los vehículos tipo A se supone que siempre están cargados.

Los autobuses y vehículos de carga (tipos B, C y T), pueden circular vacíos en un cierto porcentaje de casos.

Se requiere conocer el porcentaje de camiones cargados en el carril de proyecto.

Se tienen dos opciones:

1. Emplear un porcentaje de vehículos cargados aplicable a todos los vehículos comerciales (un porcentaje promedio).
2. Emplear un porcentaje de vehículos cargados para cada tipo de vehículo.

Introduzca la opción que desea aplicar (1 o 2): 1

En ausencia de información más confiable se sugiere emplear una proporción de camiones cargados entre 60 y 80%, (entre 40 y 20% de camiones vacíos).

Introduzca la proporción de camiones cargados que juzgue correcta (%): 80_

Figura 189.- Porcentaje de camiones cargados.

Autobús B2		
Eje	1	2
Tipo	Sencillo	Sencillo
Carga*	5.0	9.0
Presión**	6.0	6.0

* Carga total del eje, sencillo, doble, triple, en toneladas

** Presión de inflado en condiciones de servicio, en kg/cm2

Se han indicado las cargas máximas legales por eje, en toneladas, según aparecen en el decreto publicado el 7 de enero de 1997 (en algunos casos la carga por eje se ajustó para no sobrepasar la carga máxima total del vehículo). Puede modificarlas de acuerdo con su proyecto.

¿Quiere hacer modificaciones? (s/n) : n_

Figura 190.- Tipo B2.

Autobús B3		
Eje	1	2
Tipo	Sencillo	Doble
Carga*	5.0	15.5
Presión**	6.0	6.0

* Carga total del eje, sencillo, doble, triple, en toneladas

** Presión de inflado en condiciones de servicio, en kg/cm2

Se han indicado las cargas máximas legales por eje, en toneladas, según aparecen en el decreto publicado el 7 de enero de 1997 (en algunos casos la carga por eje se ajustó para no sobrepasar la carga máxima total del vehículo). Puede modificarlas de acuerdo con su proyecto.

¿Quiere hacer modificaciones? (s/n) : n_

Figura 191.- Tipo B3.

Camión C2		
Eje	1	2
Tipo	Sencillo	Sencillo
Carga*	5.0	9.0
Presión**	6.0	6.0

* Carga total del eje, sencillo, doble, triple, en toneladas

** Presión de inflado en condiciones de servicio, en kg/cm2

Se han indicado las cargas máximas legales por eje, en toneladas, según aparecen en el decreto publicado el 7 de enero de 1997 (en algunos casos la carga por eje se ajustó para no sobrepasar la carga máxima total del vehículo). Puede modificarlas de acuerdo con su proyecto.

¿Quiere hacer modificaciones? (s/n) : n_

Figura 192.- Tipo C2.

Camión C3		
Eje	1	2
Tipo	Sencillo	Doble
Carga*	5.0	15.5
Presión**	6.0	6.0

* Carga total del eje, sencillo, doble, triple, en toneladas

** Presión de inflado en condiciones de servicio, en kg/cm2

Se han indicado las cargas máximas legales por eje, en toneladas, según aparecen en el decreto publicado el 7 de enero de 1997 (en algunos casos la carga por eje se ajustó para no sobrepasar la carga máxima total del vehículo). Puede modificarlas de acuerdo con su proyecto.

¿Quiere hacer modificaciones? (s/n) : n_

Figura 193.- Tipo C3.

COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA DEL VEHICULO CARGADO						
Autobús B2						
EJE	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	1.00	0.29	0.11	0.07	0.07	0.06
2	1.23	1.39	1.56	1.65	1.68	1.69
TOTAL	2.23	1.67	1.67	1.73	1.74	1.75

Para continuar oprima cualquier tecla

Figura 194.- Coeficiente de equivalencia del vehículo tipo B2.

COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA DEL VEHICULO CARGADO						
Autobús B3						
EJE	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	1.00	0.29	0.11	0.07	0.07	0.06
2	2.37	1.95	1.29	1.31	1.32	1.32
TOTAL	3.37	2.24	1.40	1.38	1.38	1.38

Para continuar oprima cualquier tecla

Figura 195.-Coeficiente de equivalencia del vehículo tipo B3.

COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA DEL VEHICULO CARGADO						
Camión C2						
EJE	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	1.00	0.29	0.11	0.07	0.07	0.06
2	1.23	1.39	1.56	1.65	1.68	1.69
TOTAL	2.23	1.67	1.67	1.73	1.74	1.75

Para continuar oprima cualquier tecla

Figura 196.- Coeficientes de equivalencia del vehículo C2.

COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA DEL VEHICULO CARGADO

Camión C3

EJE	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	1.00	0.29	0.11	0.07	0.07	0.06
2	2.37	1.95	1.29	1.31	1.32	1.32
TOTAL	3.37	2.24	1.40	1.38	1.38	1.38

Para continuar oprima cualquier tecla

Figura 197.- Coeficiente de equivalencia del vehículo C3.

El programa permite analizar pavimentos que contengan algunas de las siguientes capas (o todas ellas).

1. Carpeta
2. Base granular
3. Sub-base
4. Subrasante
5. Terracería

Introduzca el número de capas de que consta el pavimento: 4

Introduzca el número de la capa que no se encuentra en el pavimento: 3_

Figura 198.- Análisis de pavimentos.

Tránsito de proyecto en millones de ejes estándar para una profundidad de :

Z = 5 cm	Z = 15 cm	Z = 30 cm	Z = 60 cm	Z = 90 cm	Z = 120 cm
0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

Se sugiere emplear el tránsito de proyecto determinado a 15 y 90 cm para diseño por fatiga y deformación permanente, respectivamente. Pero usted puede tomar la profundidad más adecuada a su proyecto.

¿Acepta la sugerencia? (s/n) s_

Capa	URSz	URSp	Mod de rigidez
Carpeta			30000
Base granular	92	92	3090
Subrasante	57	20	2192
Terracería	4	4	340_

También se necesitan los módulos de rigidez de las capas no asfálticas. Si tiene una estimación de su valor, introdúzcalo; en caso contrario apriete la tecla de entrada y el programa le sugerirá un valor basado en el URSz (crítico) del material.

Figura 200.- Módulos de rigidez.

Capa	URSz	URSp	Mod de rigidez	Poisson
Carpeta			30000	0.35
Base granular	92	92	3090	0.35
Subrasante	57	20	2192	0.45
Terracería	4	4	340	0.45

Se proponen valores para las relaciones de Poisson de cada capa, puede modificarlas si así lo desea.

¿Quiere hacer algún cambio? (s/n) n

Figura 201.- Relación de capas.

El método permite elegir el nivel de confianza del proyecto.

Se sugiere emplear un nivel de confianza de 85%, pero puede emplear otro nivel (entre 50 y 99%).

¿Quiere cambiar el nivel sugerido? (s/n) s

Introduzca el nivel de confianza que prefiere (50 <= NIU <= 99) :80_

Figura 202.- Nivel de confianza.

Diseño por deformación para un camino de tipo normal,
con un nivel de confianza de 80 %

Para un tránsito de proyecto de 0.2 millones de ejes estándar

Capa	Espesor calculado	Espesor proyecto
Carpeta	0.0	0.0
Base granular	16.3	16.3
Subrasante	34.3	34.3

Los espesores de capa calculados se ajustan a un espesor constructivo mínimo, el cual depende de la capa y del tránsito de proyecto.

Figura 203.- Diseño por deformación.

FINALMENTE LA PROPUESTA DEL CUERPO DE DISEÑO SERÁ:

Carga: eje sencillo estándar de 8.2 ton
 Presión de contacto: 5.8 kg/cm²
 Tránsito de proyecto: 0.2 millones de ejes estándar.
 Nivel de confianza: 80 %

MÉTODO INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM.

Capa	vrs_z	Modulo (kg/cm ²)	Espesor (cm)
Carpeta	----	30,000	0.03
Base	92.4	3,090	16.3
subrasante	56.6	2,192	34.3
terracerías	3.954	340	Semi-infinito

Tabla 46.- Resultados del diseño.

ESTRUCTURACIÓN PROPUESTA.

De acuerdo con el diseño de pavimentación resulto una estructura de grava equivalente de 65 centímetro, pero tomando en cuenta las características físicas y mecánicas del suelo de desplante, condiciones topográficas, así como las cargas a las que estará expuesto este camino una vez pavimentado; por lo que se recomienda estructurar dicho camino de la forma siguiente:

<u>C A P A</u>	<u>ESPESOR EN CM</u>
Carpeta asfáltica	5
Base hidráulica	20
Subrasante	30
Filtro	30
Cuerpo de terraplén	Variable

POR LO QUE PROCEDEMOS A SU REVISIÓN POR FATIGA Y DEFORMACIÓN

DATOS Y RESULTADOS DEL DISEÑO

Camino de tipo normal. Nivel de confianza en el proyecto : 80 %

Capa	H cm	URS _z %	E kg/cm ²	U	Vida previsible	
					Def	Fatiga
Carpeta	0.1		30000	≈30000.00		
Base granular	20.0	120.0	120	≈120.00	2.6	
Subrasante	30.0	20.0	20	≈20.00	0.7	
Terracería	Semi-inf	20.0	20	≈20.00	> 150	

Vida previsible
Deformación 0.7

¿Quiere hacer otro cálculo? (s/n) _

Figura 204.- Datos y resultados del diseño.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSIONES

El análisis y revisión de los elementos que constituyen el Proyecto Ejecutivo del Camino Puente El Pitayo – Las Bateas – San José De Chila del km 4+219.68 al km 23+641.07 en el Municipio de Apatzingan, Michoacán, nos permitió conocer la importancia que tiene las condiciones de terreno que pueden presentarse en la zona de proyecto, las cuales pueden estar sujetas a variaciones importantes, que pueden ocasionar errores en las propuestas, de la misma forma, la topografía del lugar debe ser analizada a detalle para que el proyectista proponga un trazo adecuado.

Esta tesis, de manera muy general explica cómo se elabora un proyecto geométrico como la SCT lo requiere. La planta, el perfil, las secciones, obras de drenaje y señalamiento, para la proyección del camino fue realizado con ayuda de herramientas como los programas de autocad, civil 3d y land desktop, y por ende, la SCT fue la que reviso el proyecto, registros y planos, por lo cual se concluye que el proyecto es aprobado para su construcción.

Por lo que con la presente tesis se pretende dar al lector, un amplio panorama en la correcta planeación, estudio y factibilidad de construcción de un proyecto carretero. Y con esto mejorar las condiciones de vida en las zonas de beneficio y por conciencia reducir los gastos de traslado de personas y bienes.

CAPÍTULO 6 - BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Universidad Autónoma de Nuevo León.
Facultad de Ingeniería Civil.
“Apuntes para la materia de Vías Terrestres I”
 - 2.- wright, Paul H. Ingeniería de carreteras = Highway Engineering / Paul H. Wright, Karen Dixon. – 2a. ed. – México : Limusa Wiley, 2011
Viii; 972 p.: il., map., lamns.; 23 x 15.5 cm.
ISBN: 978-607-05-0253-8
 - 3.- Revista Vías Terrestres.
AMIVTAC
ÓRGANO OFICIAL DE LA ASOCIACIÓN MEXICANA DE INGENIERÍA DE VÍAS TERRESTRES A. C.
www.amivtac.org
 - 4.- Tesis para obtener el título de ingeniero civil; estudio del proyecto ejecutivo del camino Etúcuero – Parritas del km 3+000 al 9+000 en el municipio de Villa Madero Michoacán.
Autor: Uriel Baltazar Méndez.
 - 5.- IMT
Recomendaciones de actualización de algunos elementos del proyecto de carreteras.
Alberto Mendoza Díaz, Emilio Abarca Pérez, Emilio Francisco Mayoral Grajeda, Francisco Luis Quintero Pereda.
Publicación técnica no. 244
Sanfandila, Qro. 2004
www.imt.mx
 - 6.- Secretaria de Comunicaciones y Transportes.
Libro 2 Normas de Servicios Técnicos.
Parte 2.01 Proyecto Geométrico.
Titulo 2.01.01 Carreteras.
México, 1984.
 - 7.- Secretaria de Comunicaciones y Transportes.
Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras.
Cuarta Reimpresión.
México, 1991.
 - 8.- Geografía
<http://www.puromichoacan.com/apatzingan/Geografia.htm>
http://www.elclima.com.mx/ubicacion_y_caracteristicas_fisicas_de_michoacan.htm
<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM16michoacan/municipios/16006a.html>
 - 9.- Tesis para obtener el título de ingeniero civil; Tópicos para la elaboración de un proyecto de caminos.
-
- “Proyecto Geométrico Del Camino Puente El Pitayo - Las Bateas - San José De Chila del km 4+219.68 al km 23+641.07 En El Municipio De Apatzingan, Michoacán”

Autor: Floriberto Díaz Sierra.

10.- Normativa SCT

NIT SCT Normativa para la infraestructura del transporte

<http://normas.imt.mx/barra.php?tm=1>

11.- CÁMARA NACIONAL DEL CEMENTO

CANACEM

<http://www.canacem.org.mx/presentacion1.pdf>

12.- Ingeniería de Pavimentos – Alfonso Montejo Fonseca

Universidad Católica de Colombia

©2002 Alfonso Montejo Fonseca

ANEXOS

Anexo 1.- Los planos completos se encuentran en formato digital.

Anexo 2.- El registro del trazo definitivo completo se encuentra en formato digital.

Anexo 3.- El registro de nivel completo se encuentra en formato digital .

Anexo 4.- El registro completo de bancos de nivel se encuentra en formato digital.

Anexo 5.- El registro completo de referencias del trazo se encuentra en formato digital.

Anexo 6.- El registro de las curvas horizontales se encuentra en formato digital.

Anexo 7.- El registro de las ampliaciones y sobreelevaciones se encuentra en formato digital.

Anexo 8.- Los planos de la planta general se encuentran en formato digital.

Anexo 9.- El registro completo de las curvas verticales se encuentra.

Anexo 10.- Los planos del perfil general se encuentran en formato digital.

Anexo 11.- El registro completo de las secciones del terreno natural se encuentra en formato digital.

Anexo 12.- Los planos de las secciones de construcción están en formato digital.

Anexo 13.- Los reportes completos se encuentran en formato digital.

Anexo 14.- El registro completo de las cunetas se encuentra en formato digital.

Anexo 15.- El registro completo de las alcantarillas se encuentra en formato digital.

Anexo 16.- El registro de cantidades de obra de tubo está en formato digital.

Anexo 17.- Los planos del señalamiento se encuentran en formato digital.