

“UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA”



UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN.

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL.

PROPUESTA DE DISEÑO DE LA VÍA ALTERNA MARÍA
AUXILIADORA- SAN ANTONIO- KM9 DE LA VÍA MATRAMA
MAZAR, PARROQUIA LUIS CORDERO, CANTÓN AZOGUES.

TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERA CIVIL.

AUTOR:

MARÍA GENOVEVA LÓPEZ RIVERA.

DIRECTOR DE PROYECTO:

ING. MSc. PAÚL ESTEBAN ILLESCAS CÁRDENAS.

2019.

DECLARACIÓN.

Declaro, bajo juramento, que el contenido del trabajo descrito de titulación corresponde exclusivamente a: MARÍA GENOVEVA LÓPEZ RIVERA, la responsabilidad de las ideas y doctrinas expuestas son de responsabilidad de la autora y no han sido previamente presentadas por ningún otro trabajo de grado.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Genoveva López Rivera', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

MARÍA GENOVEVA LÓPEZ RIVERA.

0302913520.

CERTIFICACIÓN.

En calidad de tutor del trabajo de titulación denominado "PROPUESTA DE DISEÑO DE LA VÍA ALTERNA MARÍA AUXILIADORA- SAN ANTONIO- KM9 DE LA VÍA MATRAMA MAZAR, PARROQUIA LUIS CORDERO, CANTÓN AZOGUES", certifico que fue realizado por María Genoveva López Rivera, estudiante de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Cuenca, bajo la supervisión del suscrito; trabajo que reúne los requisitos necesarios para su presentación y sustentación ante el tribunal que se disponga.



ING. MSC. PAUL ESTEBAN ILLESCAS CÁRDENAS.

0301531653.

DIRECTOR DE TESIS.

AGRADECIMIENTO.

Quiero hacer público mi agradecimiento:

A Dios quien me ha dado la vida y la sabiduría para cumplir esta meta.

A la Universidad Católica de Cuenca, por darme la oportunidad de ser una profesional con formación ética y poner mis conocimientos al servicio de la comunidad.

A los catedráticos de la Facultad de Ingeniería Civil que me han guiado día a día, sembrando las bases necesarias para poder desenvolverme en el ámbito profesional.

Al Ing. Msc. Paúl Illescas, director del presente proyecto, por haber aportado con sus conocimientos académicos, gentileza y mística profesional durante el proceso de trabajo de titulación.

DEDICATORIA:

A mis padres, por inculcar en mi vida la práctica de valores como la perseverancia, dedicación y responsabilidad; por su incondicional apoyo durante mi formación académica, y constituirse en el puntal para procurar mi permanente crecimiento personal y espiritual.

RESUMEN

La finalidad de este trabajo de titulación, es proponer una alternativa de estudio vial para mejorar la capa de rodadura de la vía alterna María Auxiliadora- San Antonio- km 9 de la vía Matrama Mazar, de la parroquia Luis Cordero, cantón Azogues, su importancia radica en mejorar y disminuir el tiempo de transporte liviano y pesado a otras parroquias aledañas, la Central Hidroeléctrica Mazar Dudas, entre otros; además de mejorar las condiciones de vida de las personas que se verían beneficiadas con la presentación de este estudio.

La metodología empleada en este trabajo de titulación consiste en proponer una nueva alternativa de diseño geométrico para la vía, basada en la topografía tomada de la zona, además de realizar la extracción de cinco calicatas a lo largo de la vía con el objeto de realizar un estudio de suelo, que brindarían parámetros necesarios para posteriormente realizar un diseño de pavimento.

Se presentarán dos propuestas de pavimento (flexible y rígido), que mediante la realización de un presupuesto referencial permitirá determinar cuál es la alternativa más óptima técnica y económicamente. Denotando que todos los diseños y parámetros serán tomados bajo la normativa que rige actualmente en nuestro país.

PALABRAS CLAVES: VÍA, PAVIMENTO, DISEÑO GEOMÉTRICO,
ESTUDIO DE SUELOS.

ABSTRACT

The main purpose of this study is to suggest an alternative road-study led to improve the surface-course of the Maria Auxiliadora - San Antonio alternative road-km 9 of the Matrama Mazar main road, found in the community identified as Luis Cordero in the Azogues Canton, its fundamental importance is to improve and reduce the amount of time that both light and heavy transportation spend while moving to neighboring communities, to the Mazar Dudas Hydroelectric Power Plant, among others; besides from improving the living conditions of the people who would benefit from the presentation of this study.

The methodology used in this investigation consists on putting forward a new road geometric-design-alternative, based on the topography taken from the area, in addition to extracting five test pits-samples along the road in order to perform a soil study, which will provide necessary parameters to be considered in order to generate a pavement- design.

Two proposals of pavement will be presented (flexible and rigid), which by means of doing a referential budget will allow to determine which is the most optimal alternative both technical and economical. Denoting that all the designs and parameters will be done under the law regulations currently enforced in our country.

KEY WORDS: ROAD, PAVEMENT, GEOMETRIC DESIGN, SOIL STUDY.

OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL:

Planificar una propuesta factible de diseño geométrico y de pavimento (flexible y rígido) de la vía Alternativa María Auxiliadora- San Antonio- Km9 De La Vía Matrama Mazar, aplicando los diferentes conocimientos teóricos - prácticos adquiridos en la vida estudiantil, sujeto a la normativa vigente en diseño vial; para satisfacer las necesidades de la población evitando al máximo impactos ambientales negativos para el ambiente.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Realizar un levantamiento topográfico de la vía tanto planimetría como taquimetría, para con ello proceder al diseño de una manera correcta, evitando al máximo causar impactos ambientales perjudiciales.
- Elaborar el diseño geométrico, tanto en planta como en perfil, en base a la topografía para de esta manera adaptarse a los niveles y líneas de fábrica dadas por el GAD Municipal de Azogues, evitando así conflictos y molestias a los moradores.
- Seleccionar la capa de rodadura más óptima para la vía de manera que se prolongue el tiempo de vida útil de la misma.
- Realizar un estudio económico de la fase constructiva de la vía, con distintos tipos de capas de rodadura para determinar la opción más factible.
- Buscar la alternativa que, cumpliendo con los parámetros anteriores sea cómoda, segura, económica y compatible con el medio ambiente para garantizar la óptima consecución del trabajo planteado.

UBICACIÓN Y ESTADO ACTUAL DE LA VÍA.

UBICACIÓN.

La carretera en estudio, se encuentra localizada en la Provincia del Cañar, Cantón Azogues, Parroquia Luis Cordero; referenciada con las coordenadas mostradas a continuación.

Gráfico IDELIMITACIÓN DE LA VÍA EN ESTUDIO.



Fuente: (GOOGLE MAPS, 2018)

PUNTO DE INICIO: IGLESIA MARIA AUXILIADORA.	
ESTE (X)	NORTE (Y)
743211	997717

PUNTO FINAL: Km9 VÍA MATRAMA MAZAR.	
ESTE (X)	NORTE (Y)
744310	9698877

ESTADO ACTUAL:

El problema de la carretera radica en su estado actual, ésta fue habilitada hace mucho tiempo, su construcción se realizó mediante la influencia de tráfico vehicular de los caminos peatonales y de herradura existentes en el sector, sin que medie ninguna planificación o estudio técnico encontrándose actualmente en malas condiciones.

Gráfico 2. ESTADO ACTUAL DE LA VIA EN ESTUDIO.



Fuente: (Autora., 2018)

Como la vía es lastrada los problemas de quienes habitan por el sector son múltiples, empezando por el estado de salud de los moradores, presentando en la gran mayoría enfermedades respiratorias, por otro lado el hecho de que la vía no está pavimentada ocasiona la presencia de baches, formando una superficie irregular lo que causa incomodidad al conductor al mismo tiempo que ocasiona gastos en el mantenimiento vehicular, finalmente el hecho de que la vía tenga ésta superficie provoca un transitar lento por lo que el tiempo de viaje se incrementa. Por otro lado, cabe recalcar que, aunque geoméricamente la vía existe el transporte público es nulo y el transitar del peatón es dificultoso por la carencia de aceras.

ÍNDICE GENERAL

1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. CARRETERAS.....	1
1.1.1. DEFINICIÓN:.....	1
1.1.2. CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS.....	2
1.1.3. CLASE DE CARRETERAS.....	3
1.1.4. VELOCIDAD DE DISEÑO.....	4
1.1.5. VELOCIDAD DE MARCHA.....	6
1.1.6. VELOCIDAD DE OPERACIÓN:.....	6
1.1.7. CONCEPTO TRIDIMENSIONAL DE UNA VÍA.....	7
1.2. RUTAS.....	8
1.3. DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS.....	8
1.3.1. DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL.....	8
1.3.1.1. TANGENTES.....	9
1.3.1.2. CURVA CIRCULAR SIMPLE.....	9
1.3.1.3. PERALTE.....	11
1.3.1.3.1. TRANSICIÓN DEL PERALTE.....	13
1.3.1.4. SOBREALCHO.....	14
1.3.2. DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL.....	15
1.3.2.1. DEFINICIÓN:.....	15
1.3.2.2. ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE UN ALINEAMIENTO VERTICAL.....	15
1.3.2.2.1. TANGENTES VERTICALES.....	15
1.3.2.2.2. CURVAS VERTICALES.....	16
1.3.2.2.2.1. CURVAS VERTICALES CONVEXAS.....	16
1.3.2.2.2.2. CURVAS VERTICALES CÓNCAVAS.....	17
1.3.2.3. VISIBILIDAD DE CARRETERAS.....	19
1.3.2.3.1. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD.....	19
1.3.2.3.1.1. TIEMPO DE PERCEPCIÓN.....	19
1.3.2.3.1.2. COEFICIENTE DE FRICCIÓN LONGITUDINAL.....	20
1.3.2.3.1.3. PENDIENTE LONGITUDINAL.....	21
1.3.2.3.2. DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA.....	21
1.3.2.3.3. DISTANCIA DE FRENADO.....	22
1.3.2.3.4. DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO.....	23
1.3.2.3.5. DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ENCUENTRO.....	23
1.3.2.4. CRITERIOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CURVAS VERTICALES.....	24
1.3.2.4.1. LONGITUD MÍNIMA DE CURVAS VERTICALES CON VISIBILIDAD DE PARADA Y DE ADELANTAMIENTO.....	24
1.3.2.4.1.1. CURVAS VERTICALES CÓNCAVAS.....	24
1.3.2.4.2. LONGITUD MÍNIMA DE CURVAS VERTICALES CON CONTROL POR DRENAJE.....	25
1.3.3. DISEÑO GEOMÉTRICO TRANSVERSAL, SECCIONES, ÁREAS Y VOLÚMENES.....	26
1.3.3.1. DEFINICIÓN.....	26
1.3.3.2. ELEMENTOS DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL.....	26
1.4. PAVIMENTOS.....	28
1.4.1. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS.....	29
1.4.1.1. CLASIFICACIÓN SUCS.....	29
1.4.1.2. CLASIFICACIÓN AASHTO.....	30
1.4.2. ELEMENTOS DE UN PAVIMENTO.....	30
1.4.2.1. SUBRASANTE.....	31

1.4.2.1.1.	ESTABILIZACIÓN.....	31
1.4.2.2.	CAPA DE MEJORAMIENTO.....	33
1.4.2.3.	SUB-BASE.....	33
1.4.2.3.1.	FUNCIONES DE LA SUB-BASE.....	33
1.4.2.3.2.	TIPOS DE SUB-BASE.....	33
1.4.2.4.	BASE.....	34
1.4.2.4.1.	FUNCIONES.....	34
1.4.2.4.2.	TIPOS DE BASE.....	35
1.4.2.5.	CAPA DE RODADURA.....	35
1.4.2.5.1.	FUNCIONES.....	35
1.4.3.	TIPOS DE PAVIMENTO.....	36
1.4.3.1.	PAVIMENTO FLEXIBLE.....	36
1.4.3.1.1.	ELEMENTOS.....	36
1.4.4.	DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE.....	36
1.4.4.1.	VARIABLES.....	37
1.4.5.	PAVIMENTO RÍGIDO.....	40
1.4.5.1.	ELEMENTOS DEL PAVIMENTO RÍGIDO.....	40
1.4.5.2.	DISEÑO.....	41
1.4.5.2.1.	MÉTODO AASHTO.....	41
1.4.5.2.2.	MÉTODO PCA.....	42
1.4.5.2.3.	FACTORES QUE INTERVIENEN.....	42
2.	MARCO METODOLÓGICO.....	48
2.1.	RECOPILACIÓN DE DATOS.....	48
2.2.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	48
2.3.	MUESTRAS DE SUELO.....	49
2.4.	CONTEO VEHICULAR.....	49
2.5.	DISEÑO ESTRUCTURAL.....	49
2.5.1.	DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO.....	50
2.5.2.	DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE.....	50
2.6.	DISEÑO GEOMÉTRICO.....	50
2.6.1.	INGRESO DE DATOS.....	51
2.6.2.	DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL.....	51
2.6.3.	DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL.....	51
2.6.4.	SECCIONES TRANSVERSALES.....	52
2.7.	PRESUPUESTO.....	52
3.	APLICACIÓN PRÁCTICA.....	53
3.1.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	53
3.1.1.	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO.....	53
3.1.1.1.	CLASIFICACIÓN SUCS.....	54
3.1.1.	RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO.....	55
3.1.2.	CONTEO DE TRÁFICO.....	61
3.1.3.	DISEÑO GEOMETRICO APLICACIÓN CIVIL 3D.....	66
3.1.3.1.	DISEÑO GEOMÉTRICO.....	71
3.1.3.1.1.	DISEÑO GEOMETRICO HORIZONTAL.....	72
3.1.3.1.1.1.	ALINEAMIENTOS.....	73
3.1.3.1.1.2.	SOBREANCHOS Y PERALTES.....	76
3.1.3.1.2.	DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL.....	79

3.1.3.1.2.1. CREACIÓN DEL PERFIL VERTICAL DEL PROYECTO.....	80
3.1.3.2. SECCIONES TRANSVERSALES TÍPICAS.....	82
3.1.3.2.1. CORRIDOR.....	82
3.1.3.3. CREACION DE SECCIONES TRANSVERSALES.	85
3.1.3.3.1. CÁLCULO DE VOLÚMENES O CUBICACIÓN.....	89
3.1.3.3.2. TABLA DE VOLÚMENES.	90
3.1.4. DISEÑO ESTRUCTURAL.....	91
3.1.4.1. DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO.....	91
3.1.4.1.1. CÁLCULO DE EJES SIMPLES.	96
3.1.4.1.2. CÁLCULO DE EJES TÁNDEM.	100
3.1.4.1.3. CÁLCULO DE EJES TRIDEM.	102
3.1.4.2. DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE.	104
3.1.4.2.1. NÚMERO ESTRUCTURAL DE LA SUBRASANTE.	105
3.1.4.2.2. CÁLCULO DE ESPESORES.	109
4. PRESUPUESTO.....	112
5. CONCLUSIONES.	114
6. RECOMENDACIONES.	115
7. BIBLIOGRAFIA.	116
8. ANEXOS.....	118

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Gráfico 1</i> DELIMITACIÓN DE LA VÍA EN ESTUDIO.	VIII
<i>Gráfico 2</i> . ESTADO ACTUAL DE LA VIA EN ESTUDIO.	IX
<i>Gráfico 3</i> . CARRETERA.	1
<i>Gráfico 4</i> . ANÁLISIS TRIDIMENSIONAL DE UNA VÍA.	7
<i>Gráfico 5</i> . CURVA CIRCULAR SIMPLE.	10
<i>Gráfico 6</i> . SECCION PERALTADA.	13
<i>Gráfico 7</i> . BOMBEO.	13
<i>Gráfico 8</i> . SOBREALCHO.	14
<i>Gráfico 9</i> . ELEMENTOS DEL TIEMPO DE PERCEPCIÓN.	20
<i>Gráfico 10</i> . DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA.	21
<i>Gráfico 11</i> . DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO.	23
<i>Gráfico 12</i> . DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ENCUENTRO.	23
<i>Gráfico 13</i> . CLASIFICACIÓN SUCS.	29
<i>Gráfico 14</i> . CLASIFICACIÓN AASHTO.	30
<i>Gráfico 15</i> . ELEMENTOS DE UN PAVIMENTO.	30
<i>Gráfico 16</i> . ESTABILIZACIÓN CON ARENA.	31
<i>Gráfico 17</i> . ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO.	32
<i>Gráfico 18</i> . ESTABILIZACIÓN CON CLORURO DE SODIO.	32
<i>Gráfico 19</i> . PUNTOS TOPOGRAFICOS DE LA VÍA EN ESTUDIO.	53
<i>Gráfico 20</i> . RESULTADOS - POR LE MÉTODO DE CLASIFICACIÓN SUCS.	54
<i>Gráfico 22</i> . ANÁLISIS DE MUESTRA NÚMERO 1.	55
<i>Gráfico 23</i> . ANÁLISIS DE MUESTRA NÚMERO 2.	56
<i>Gráfico 24</i> . ANÁLISIS DE MUESTRA NÚMERO 3.	57

Gráfico 25. ANÁLISIS DE MUESTRA NÚMERO 4.	58
Gráfico 26. ANÁLISIS DE MUESTRA NÚMERO 5.	59
Gráfico 27. RESULTADOS PERCENTIL CBR.	61
Gráfico 28. NÚMERO DE DESVIACIONES ESTÁNDAR.	63
Gráfico 29. AUTOCAD CIVIL 3D 2018.	66
Gráfico 30. PUNTOS TOPOGRÁFICOS.	69
Gráfico 31. CREACIÓN DE SUPERFICIES (CURVAS DE NIVEL)	69
Gráfico 32. ADICIÓN DE PUNTOS A LA SUPERFICIE.	70
Gráfico 33. ESTADO ACTUAL DEL ÁREA DE PROYECTO.	71
Gráfico 34. VALORES DE DISEÑO RECOMENDADO PARA VIAS DE DOS CARRILES.	72
Gráfico 35. CREACIÓN DE ALINEAMIENTOS.	73
Gráfico 36. CREACIÓN DE CURVAS.	74
Gráfico 37. ANÁLISIS DE LAS CURVAS HORIZONTALES.	75
Gráfico 38. ELEMENTOS DE LAS CURVAS HORIZONTALES.	75
Gráfico 39. CREACIÓN DE EJES PARALELOS.	76
Gráfico 40. CREACIÓN DE PERALTES.	77
Gráfico 41. CREACIÓN DEL PERFIL DE TERRENO NATURAL.	79
Gráfico 42. PERFIL NATURAL DEL TERRENO.	80
Gráfico 43. PERFIL VERTICAL DEL TERRENO	81
Gráfico 44. CREACIÓN DE SECCIÓN TÍPICA.	82
Gráfico 45. CREACIÓN DE CORREDOR.	83
Gráfico 46. PARAMETROS ADICIONALES.	84
Gráfico 47. PARÁMETROS DE CREACIÓN.	85
Gráfico 48. CREACIÓN DE LÍNEAS DE SECCIÓN TRANSVERSAL.	86
Gráfico 49. ADICIÓN DE PARÁMETROS DE LÍNEAS DE SECCIÓN.	87
Gráfico 50. LÍNEAS DE SECCIÓN TRANSVERSAL.	88
Gráfico 51. CREACIÓN DE SECCIONES TRANSVERSALES.	88
Gráfico 52. SECCIÓN TRANSVERSAL.	89
Gráfico 53. CÁLCULO DE VOLÚMENES DE CORTE Y RELLENO.	90
Gráfico 54. RESULTADO - CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE.	92
Gráfico 55. RESULTADO - CAPACIDAD DE CARGA DE SOPORTE - SUBBASE.	92
Gráfico 56. RESULTADO - FACTOR PROYECCIÓN.	93
Gráfico 57. RESULTADO - FACTOR DE CARGA.	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. ANÁLISIS DE LAS CARRETERAS EN FUNCIÓN DEL TRÁFICO PROYECTADO.	3
Tabla 2. CLASE DE CARRETERA.	3
Tabla 3. RELACIÓN VELOCIDAD D MARCHA VS VELOCIDAD DE DISEÑO.	6
Tabla 4. ANÁLISIS DE LOS PARAMETROS DE UNA CURVA CIRCULAR SIMPLE.	11
Tabla 5. RADIOS MÍNIMOS EN FUNCIÓN DEL PERALTE "e" Y DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN LATERAL "f".	11
Tabla 6. VALORES DE LA FUERZA DE FRICCIÓN.	12
Tabla 7. COEFICIENTE DE FRICCIÓN LATERAL PARA PROYECTO A DIFERENTES VELOCIDADES.	12
Tabla 8. PERALTE MÁXIMO RECOMENDADO PARA VÍAS DE 2 CARRILES.	13
Tabla 9. VALORES DE DISEÑO DE LAS GRADIENTES LONGITUDINALES MÁXIMAS.	16
Tabla 10. CURVAS VERTICALES CONVEXAS MÍNIMAS	17
Tabla 11. VALORES MÍNIMOS DE DISEÑO DEL COEFICIENTE "K" PARA LA DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE CURVAS VERTICALES CONVEXAS MÍNIMAS.	17

Tabla 12. VALORES MÍNIMOS DE DISEÑO DEL COEFICIENTE "K" PARA LA DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE CURVAS VERTICALES CONCÁVAS MÍNIMAS.	18
Tabla 13. CURVAS VERTICALES CÓNCAVAS MÍNIMAS.	19
Tabla 14. VALORES DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN LONGITUDINAL "f" PARA DISTANCIAS DE VISIBILIDAD MÍNIMAS PARA PARADA DE UN VEHÍCULO.	21
Tabla 15. VALORES DE DISEÑO DE LAS DISTANCIAS DE VISIBILIDAD MÍNIMAS PARA PARADA DE UN VEHÍCULO.	22
Tabla 16. DISTANCIA DE VISIBILIDAD MÍNIMA PARA PARADA DE UN VEHÍCULO.	22
Tabla 17. VALORES MÍNIMOS DE K PARA CURVAS VERTICALES CONVEXAS Y CONCÁVAS CON VISIBILIDAD DE PARADA.	25
Tabla 18. ANCHOS DE CALZADA.	26
Tabla 19. VALORES DE DISEÑO PARA EL ANCHO DE ESPADONES.	27
Tabla 20. NIVEL DE CONFIANZA NOMINAL.	37
Tabla 21. DESVIACIÓN ESTANDAR	37
Tabla 22. CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE.	43
Tabla 23. CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE - SUBBASE.	43
Tabla 24. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.	43
Tabla 25. CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUBRASANTE - SUBBASE.	44
Tabla 26. FACTOR DE SEGURIDAD DE CARGA.	44
Tabla 27. PASADORES.	45
Tabla 28. TIPOS DE VEHICULOS DE ACUERDO A SU EJE.	47
Tabla 29. RESULTADOS CBR.	60
Tabla 30. CONTEO VEHICULAR.	62
Tabla 31. RESULTADO TPDA VEHICULOS LIVIANOS.	64
Tabla 32. RESULTADO TPDA BUSES.	64
Tabla 33. RESULTADO TPDA 2DA CAMIÓN LIVIANO.	64
Tabla 34. RESULTADO TPDA 2DB.	65
Tabla 35. RESULTADO TPDA 2S3.	65
Tabla 36. RESULTADO TPDA MOTOS.	65
Tabla 37. RESULTADO TOTAL TPDA.	66
Tabla 38. COORDENADAS - INGRESO DE DATOS.	68
Tabla 39. PARÁMETROS DE DISEÑO.	71
Tabla 40. VALORES DE SOBREALCHO.	78
Tabla 41. VALORES DE DISEÑO.	81
Tabla 42. RESULTADO - TPDA FINAL - PAVIMENTO RÍGIDO.	94
Tabla 43. RESULTADO - EJES SIMPLES.	96
Tabla 44. RESULTADO EJES TÁNDEM.	100
Tabla 45. RESULTADO EJES TRIDEM.	102
Tabla 46. RESULTADO FATIGA Y EROSIÓN.	104
Tabla 47. RESULTADO - TPDA FINAL - PAVIMENTO FLEXIBLE.	107
Tabla 48. FACTORES DE CARGA EQUIVALENTE - PAVIMENTO FLEXIBLE.	107
Tabla 49. RESULTADO NÚMERO ESTRUCTURAL.	111

1. MARCO TEÓRICO.

1.1. CARRETERAS.

1.1.1. DEFINICIÓN:

Según el autor James Cárdenas Grisales (DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS., 2013) define: **“Una carretera es una infraestructura de transporte especialmente acondicionada dentro de toda una faja de terreno denominada derecho de vía, con el propósito de permitir la circulación de vehículos de manera continua en el espacio y en el tiempo con niveles adecuados de seguridad y comodidad”**.

Gráfico 3. CARRETERA.



Fuente: (GOOGLE IMAGENES, 2018.)

Con una idea clara de lo que representa una vía, la misma debe ser concebida de manera que brinde ciertas condiciones a los usuarios tales como: seguridad, comodidad y un adecuado diseño geométrico tanto horizontal como vertical, además toda vía debería ser diseñada y construida procurando que los paisajes aledaños se tornen agradables para el conductor, ello procurando ajustarla al máximo al medio ambiente, a la topografía del terreno entre otros. En cuanto a la parte económica, si el proyecto vial está diseñado de

modo que cumpla las condiciones anteriores los costos tanto en la etapa de construcción como la de mantenimiento se mantendrán dentro de los límites económicos planteados.

1.1.2. CLASIFICACIÓN DE CARRETERAS.

Para realizar un diseño vial es necesario que la carretera sea clasificada según condiciones descritas a continuación:

❖ **SEGÚN SU COMPETENCIA:**

- **Vías Primarias.** _ O corredores arteriales, son vías cuya función es la de conectar provincias, fronteras entre sí, son vías de alta afluencia de tráfico, los accesos deben ser controlados debido a las condiciones que posee en cuanto a sus pendientes, velocidades de diseño entre otros.
- **Vías Secundarias.** _ Son conocidas también como vías colectoras, la principal función de esta vía es la de resumir el tráfico de la zona urbana o rural, en las denominadas vías primarias.
- O vías colectoras, tienen por objeto recolectar el tráfico de una zona urbana o rural para conducirlo a las vías primarias.
- **Red Vial Provincial.** _ Son de administración directa de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Provinciales, tienen por objeto recolectar el tráfico de zonas rurales o de producción a las vías primarias y secundarias, y son de poca afluencia vehicular.
- **Red Vial Cantonal.** _ Son vías cuya administración está a cargo de los concejos municipales, presentan escaso tráfico.

❖ **SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS:**

Esto es si una vía está catalogada como autopista, carreteras multicarriles y carretera de dos carriles.

❖ **SEGÚN EL TIPO DE TERRENO:**

Clasificación de acuerdo a la topografía del terreno en el que se vaya a ejecutar el proyecto vial, es decir si es Plano, Ondulado y Montañoso.

❖ SEGÚN EL TRÁFICO:

El tráfico existente de una vía y la proyección del mismo, es un parámetro fundamental para el diseño vial, por ello se muestra a continuación la siguiente tabla:

Tabla 1. ANÁLISIS DE LAS CARRETERAS EN FUNCIÓN DEL TRÁFICO PROYECTADO.

CLASE DE CARRETERA	TRAFICO PROYECTADO TPDA
R-I O R-II	Mas de 8000
I	De 3000 a 8000
II	De 1000 a 3000
II	De 300 a 1000
IV	De 100 a 300
V	Menos de 100
El TPDA indicado es el volumen de tráfico promedio diario anual proyectado a 15 o 20 años: Cuando el pronóstico de tráfico para el año 10 sobrepasa los 7000 vehículos debe investigarse la posibilidad de construir una autopista. Para la determinación de la capacidad de una carretera, cuando se efectúa el diseño definitivo, debe usarse tráfico en vehículo equivalente	

Fuente: (MTOPE., 2003)

1.1.3. CLASE DE CARRETERAS.

El MTOPE, ha clasificado a las carreteras de nuestro país de acuerdo a su importancia y al TPDA que existe en la misma, de acuerdo a la tabla mostrada a continuación:

Tabla 2. CLASE DE CARRETERA.

FUNCIÓN	CLASE DE CARRETERA (Según MOP)	TPDA (t) (AÑO FINAL DE DISEÑO)
CORREDOR ARTERIAL	RI-RII(")	> 8000
	I	3000 - 8000
COLECTORA	II	1000 - 3000
	III	300 - 1000
VECINAL	IV	100 - 300
	V	< 100

Fuente: (MTOPE., 2003)

1.1.4. VELOCIDAD DE DISEÑO.

Se trata de la velocidad máxima adoptada por los vehículos al circular por la carretera; los parámetros que intervienen para elegir una adecuada velocidad de diseño están bajo la acción de: condiciones físicas y topográficas de la franja de vía, volúmenes de tránsito, entre otros; de ahí que su correcta selección es de vital importancia ya que permite realizar los cálculos de algunos de los componentes del proyecto vial; además de que brinde condiciones de seguridad al momento de transitar por la vía. La selección de la velocidad de diseño puede analizarse a través de la siguiente tabla:

CATEGORIA DE LA VIA	T.P.D.A ESPERADO	VELOCIDAD DE DISEÑO K/MH													
		BASICA						PERMISIBLE EN TRAMOS DIFICILES							
		(RELIEVE LLANO)		(RELIEVE ONDULADO)		(RELIEVE MONTAÑOSO)		(RELIEVE ONDULADO)		(RELIEVE MONTAÑOSO)		(RELIEVE MONTAÑOSO)			
Para el calculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal.	Utilizada para el calculo de los elementos de la seccion transversal y otros dependientes de la velocidad.	Para el calculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal.	Utilizada para el calculo de los elementos de la seccion transversal y otros dependientes de la velocidad.	Para el calculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal.	Utilizada para el calculo de los elementos de la seccion transversal y otros dependientes de la velocidad.	Para el calculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal.	Utilizada para el calculo de los elementos de la seccion transversal y otros dependientes de la velocidad.	Para el calculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal.	Utilizada para el calculo de los elementos de la seccion transversal y otros dependientes de la velocidad.	Para el calculo de los elementos del trazado del perfil longitudinal.	Utilizada para el calculo de los elementos de la seccion transversal y otros dependientes de la velocidad.				
Recom		Absoluta		Recom		Absoluta		Recom		Absoluta		Recom		Absoluta	
R-1 o R-II (Tipo)	> 8000	120	110	100	95	110	90	95	85	90	80	90	80	90	80
I	3000-8000	110	100	100	90	100	80	90	80	80	60	80	80	80	80
II	1000-8000	100	90	90	85	90	80	85	80	70	50	70	70	70	50
III	300-1000	90	80	85	80	80	60	80	60	60	40	60	60	60	40
IV	TIPO 5, 6E, 6 y 7	80	60	80	60	60	35	60	35	50	25	50	50	50	25
V	4 y 4E	60	50	80	50	50	35	50	35	40	25	40	40	40	25

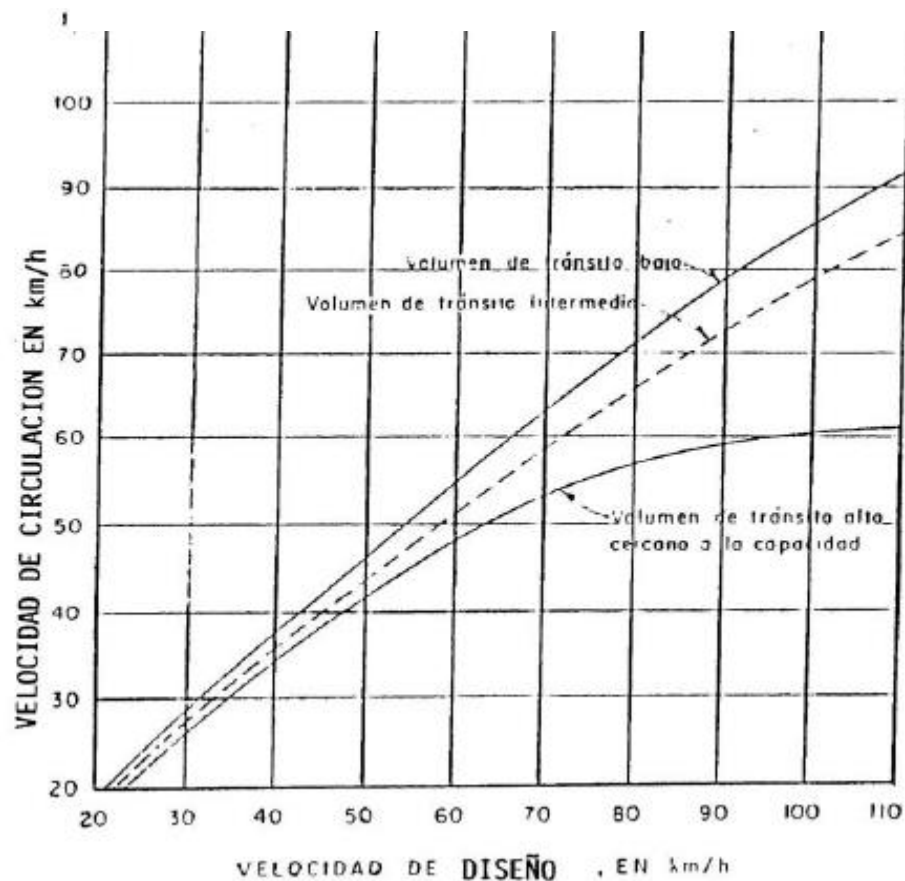
Notas:

- Los valores recomendados se emplearán cuando el T.P.D.A. es cercano al límite superior de la respectiva categoría de vía.
- Los valores absolutos se emplearán cuando el T.P.D.A. es cercano al límite inferior de la respectiva categoría de vía y/o el relieve sea difícil o escarpado.
- La categoría IV incluye además los caminos vecinales tipo 5, 5E, 6 y 7 contenidos en el manual de caminos vecinales "Berger-Protecvia" 1984 y categoría V son los caminos vecinales 4 y 4E.
- En zonas con perfiles de meteorización profundo (estibaciones) requerirán de un diseño especial considerando los aspectos geológicos.
- Para la categoría IV y V en caso de relieve escarpado se podrá reducir la Vd min a 20 Km/h.

1.1.5. VELOCIDAD DE MARCHA.

Denotada también como la velocidad de circulación, hace referencia a la eficacia del servicio de una carretera frente al tránsito de los vehículos; además, la circulación de los vehículos depende de un factor importante tal como el volumen de tránsito. La tabla mostrada a continuación indica la relación existente entre las velocidades de: circulación de diseño.

Tabla 3. RELACIÓN VELOCIDAD D MARCHA VS VELOCIDAD DE DISEÑO.



Fuente: (MTO, 2003)

1.1.6. VELOCIDAD DE OPERACIÓN:

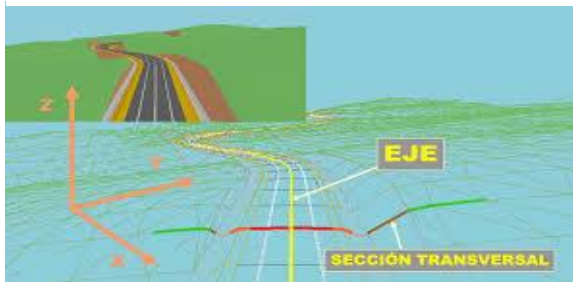
Es un parámetro fundamental para definir la velocidad de operación, ya que la misma no es más que una velocidad media adoptada por los vehículos al transitar en una carretera tomando como referencia la velocidad de diseño.

Las condiciones climáticas adecuadas, y flujos de tránsito normal desempeñan un papel fundamental para adoptar una adecuada velocidad de los vehículos al circular por una carretera, brindando de esta manera condiciones de seguridad y confiabilidad.

1.1.7. CONCEPTO TRIDIMENSIONAL DE UNA VÍA.

Para diseñar y analizar una carretera, es necesario considerar todos los puntos obligados por los cuales pasa la vía, además de considerar la alternativa más favorable económicamente.

Gráfico 4. ANÁLISIS TRIDIMENSIONAL DE UNA VÍA



Una vez enfocado el diseño de la vía, es necesario considerar que su análisis en tres dimensiones resulta muy difícil y complicado, por lo que su análisis se lo realiza en un espacio bidimensional

despreciando la dimensión vertical o cota para de esta manera generar el diseño geométrico horizontal; formado por tangentes y curvas circulares.

Fuente: (GOOGLE IMAGENES., 2018.)

La utilización de herramientas de diseño como el Civil3D, permite trabajar con elevaciones; accediendo de esta manera a realizar un análisis más completo de la vía al elaborar el diseño geométrico vertical, cuyo objeto es el de visualizar el eje real sobre una superficie vertical paralela al mismo.

Por último, si se considera el ancho de la vía asociado a su eje se obtiene las secciones trasversales. La unión de todos estos elementos da como resultado el análisis tridimensional de una vía.

1.2. RUTAS.

Es un camino o carretera cuya funcionalidad es la de permitir que los vehículos puedan transitar de tal manera que pasen por puntos obligados.

- ❖ **PENDIENTE.** _ La pendiente es básicamente una magnitud que indica la inclinación de la superficie de una carretera con relación a la horizontal, la pendiente está dada como un porcentaje que tiene como finalidad expresar el desnivel en metros que existe en un tramo de carretera.
- ❖ **LÍNEA DE PENDIENTE.** _ Conocida también como línea de ceros, su premisa fundamental es la de conservar la misma pendiente, al pasar por los puntos obligados de la vía a diseñar, además que no existan volúmenes de corte ni relleno al coincidir con el eje de la vía.

1.3. DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS.

No es más que la relación que existe entre sus elementos físicos tales como carriles, bermas, cunetas, entre otros con las características de diseño de la vía tales como velocidad de diseño, radios mínimos; ya que su correlación dará como resultado un adecuado trazado del eje de la carretera en planta y perfil, además del emplazamiento de sus secciones transversales.

1.3.1. DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL.

De acuerdo al manual de diseño de las normas de diseño geométrico de carreteras, elaborado por (T.A.M.S- ASTEC, 2003), establece: **“que un diseño geométrico en planta o alineamiento horizontal es la proyección del eje de la vía sobre un plano horizontal por medio de tangentes y curvas, donde la proyección del eje en un tramo de vía recto, define la tangente mientras que en el enlace de dos tangentes consecutivas se efectúa por medio de una curva”**

1.3.1.1. TANGENTES.

Son proyecciones sobre un plano horizontal cuyo objetivo es unir el punto final de una la curva anterior con el punto inicial de la siguiente curva.

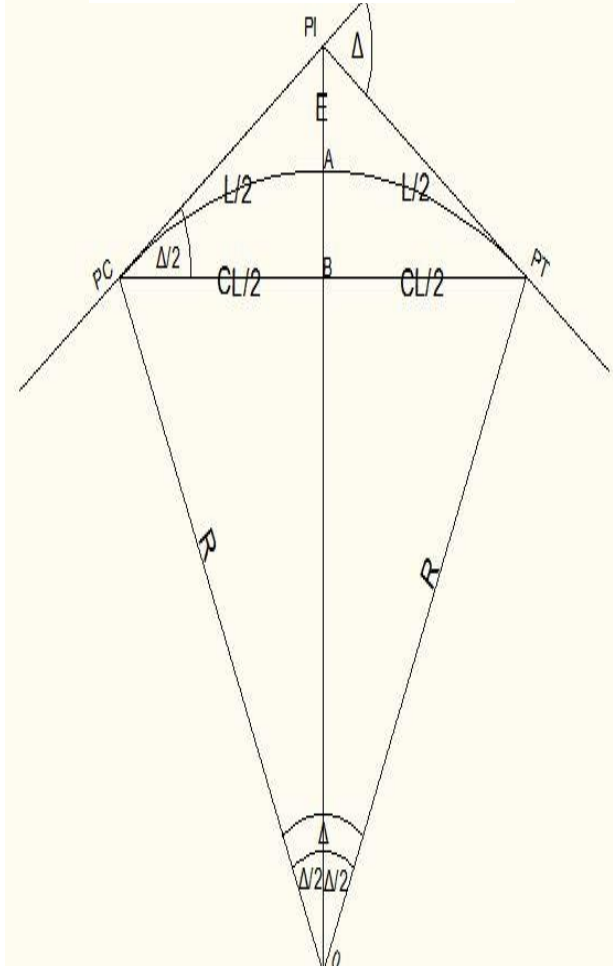
La distancia que existe entre las dos curvas se la denomina como tangente intermedia, misma que está condicionada de acuerdo a tablas normadas por el MTOP.

❖ **ENTRETANGENCIA PARA CURVAS EN EL MISMO SENTIDO.** _ Se consideran como curvas indeseables en cualquier proyecto vial por las condiciones de inseguridad que presenta para los conductores, para casos extremos en los que se exista la presencia de estas curvas es mejor reemplazarlas por una sola.

En el caso de terrenos ondulados, montañosos y escarpados la entretangencia se considera un tiempo mínimo de conducción no menor a 5 segundos, y en terrenos planos no menor a 15 segundos de la velocidad de diseño.

1.3.1.2. CURVA CIRCULAR SIMPLE.

Se consideran como arcos de circunferencia cuya característica es la de poseer un solo radio formado por la unión de dos tangentes consecutivas cuyos elementos se detallan a continuación como se muestra en la tabla.

<p>Punto de vértice (PI): es el punto de intersección de las tangentes o vértice de la curva.</p>	<p>Punto de curva (PC): punto de inicio de curva, también es considerado como el punto donde termina la tangente de entrada y empieza la curva.</p>	<p>Punto de tangencia (PT): punto de inicio de tangente, punto donde termina la curva y empieza la tangente de salida.</p>	<p>Origen (O): Centro de la curva circular.</p>
<p>Angulo de deflexión (Δ): Es el ángulo de deflexión principal subtendido por el arco PC.PT.</p>	<p style="text-align: center;">Gráfico 5. CURVA CIRCULAR SIMPLE.</p>  <p style="text-align: center;">Fuente: (Autora., 2018)</p>		<p>Ordenada media (M): distancia tomada desde el punto medio de la curva A al punto medio de la cuerda larga (PC.PT) B.</p> $M = R(1 - \cos(\Delta/2))$
<p>Tangente (T): distancia existente entre PI-PC o también desde el PI-PT.</p> $T = R \times \tan(\Delta/2)$			<p>Externa (E): distancia desde el PI al punto medio de la curva A.</p> $E = T \times \tan(\Delta/4) = R(\sec(\Delta/4) - 1)$
<p>Deflexión en un punto cualquiera de la curva (θ): ángulo formado por la prolongación de la tangente del PC y tg en un punto dado</p> $\theta = Gc/20$			<p>Radio(R): radio formado por la curva circular simple.</p> $R = T / \tan(\Delta/4)$
<p>Cuerda (C): Es la recta que une 2 puntos de la curva.</p> $C = 2R \times \text{seno}(\theta/2)$			<p>Angulo de la cuerda: Es el ángulo que se forma por la prolongación de la tangente de la vía y la curva.</p> $\theta = (Gc)/40$
<p>Cuerda larga (CL): considerada como la distancia que existe del PC-PT.</p> $CL = 2R \times \text{sen}(\Delta/2)$			<p>Longitud de la curva circular (Lc): Es la distancia medida del PC al PT, a lo largo del arco circular, su fórmula se presenta a continuación:</p> $l_c/2\pi R = \Delta/360 \Rightarrow l_c = \Delta\pi R/180$

<p>Grado de curvatura (Gc): Valor que asegura el recorrido del vehículo en las curvas con relación Al peralte máximo</p> $Gc/20=360/2\pi R \Rightarrow Gc=1145.92/R$	<p>Radio Mínimo de Curvatura Horizontal (R): es el valor más bajo tomado por los vehículos en relación de la velocidad de diseño (V) dada en función del máximo peralte (e) adoptado y el coeficiente (f) de fricción lateral correspondiente, su expresión es la siguiente:</p> $R=V^2/(127(e+f))$
---	--

Tabla 4. ANÁLISIS DE LOS PARAMETROS DE UNA CURVA CIRCULAR SIMPLE.

Además, es necesario mencionar que para realizar el cálculo del radio mínimo podemos adoptar los valores que indican las tablas normadas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, tal como se muestra a continuación:

Tabla 5. RADIOS MÍNIMOS EN FUNCIÓN DEL PERALTE "e" Y DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN LATERAL "f".

VELOCIDAD DE DISEÑO Km/h	"f" maximo	RADIO MINIMO CALCULADO				RADIO MINIMO RECOMENDADO			
		e=0.10	e=0.08	e=0.06	e=0.04	e=0.10	e=0.08	e=0.06	e=0.04
20	0.35		7.32	7.68	8.08		18	20	20
25	0.315		12.46	13.12	13.86		20	25	25
30	0.284		19.47	20.60	21.87		25	30	30
35	0.266		27.88	29.59	31.52		30	35	35
40	0.221		41.86	44.83	48.27		42	45	50
45	0.208		55.36	59.50	64.29		60	60	66
50	0.19		72.91	78.74	85.59		75	80	80
60	0.165	106.97	115.70	125.98	138.28	110	120	130	140
70	0.16	148.39	160.76	175.38	192.91	160	170	185	206
80	0.14	209.97	229.06	251.97	279.97	210	230	266	280
90	0.134	272.56	298.04	328.76	366.55	275	300	330	370
100	0.13	342.35	374.95	414.42	463.18	350	375	415	406
110	0.124	425.34	467.04	517.80	580.95	430	420	620	586
120	0.12	515.39	566.93	629.92	708.66	620	670	630	710

Fuente: (MTOP., 2003)

1.3.1.3. PERALTE.

Las fuerzas que actúan para el análisis del peralte son básicamente: la fuerza motriz direccionada en sentido longitudinal, con su propio peso actuante en forma vertical hacia abajo, y una fuerza centrífuga actuante radialmente hacia afuera de la curva.

Además, se desarrolla una fuerza con dirección al centro de la curva, a causa del rozamiento provocado por la llanta del vehículo y el pavimento, ello con el objeto de impedir que se deslice hacia el exterior de la carretera.

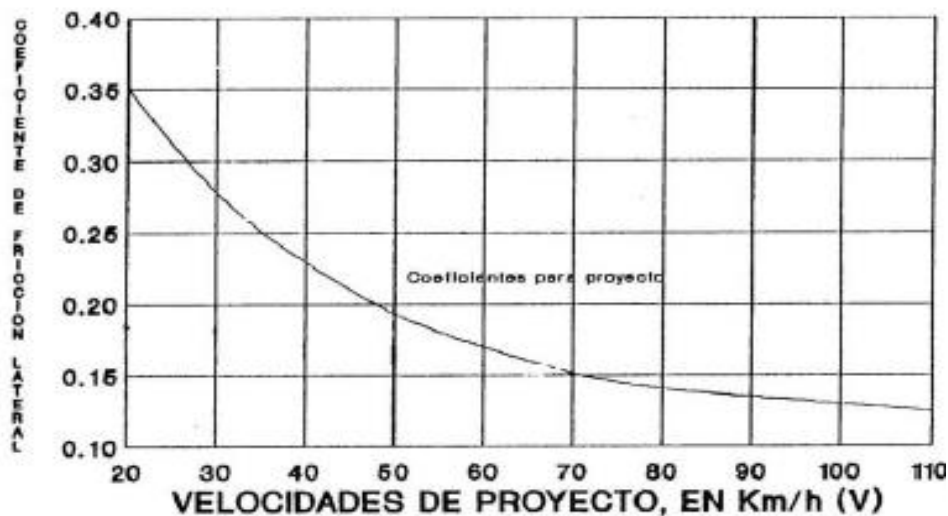
Las tablas que se presentan a continuación detallan los valores de la fuerza centrífuga según el estado en el que se encuentre el pavimento, y los coeficientes de fricción lateral en función de las velocidades.

Tabla 6. VALORES DE LA FUERZA DE FRICCIÓN.

REQUERIMIENTOS	VALORES LIMITES PERMISIBLES DE "F" SEGÚN EL PAVIMENTO ESTE		
	SECO	HUMEDO	CON HIELO
ESTABILIDAD CONTRA EL VOLCAMIENTO	0.6	0.6	0.6
ESTABILIDAD CONTRA EL DESLIZAMIENTO	0.36	0.24	0.12
COMODIDAD DEL VIAJE PARA EL PASAJERO	0.15	0.15	0.15
EXPLOTACIÓN ECOÓNMICA DEL VEHÍCULO	0.16	0.1	0.1

Fuente: (MTOp., 2003)

Tabla 7. COEFICIENTE DE FRICCIÓN LATERAL PARA PROYECTO A DIFERENTES VELOCIDADES.



Fuente: (MTOp., 2003)

El peralte además de ayudar para la evacuación del agua presente en la vía, permite dar condiciones de seguridad y comodidad al vehículo al momento de tomar la curva horizontal, considerando un peralte adecuado sin exagerar en el mismo, ya que ello produciría el desplazamiento del vehículo a la parte interior de la curva al circular con una velocidad menor a la de diseño.

Tabla 8. PERALTE MÁXIMO RECOMENDADO PARA VÍAS DE 2 CARRILES.

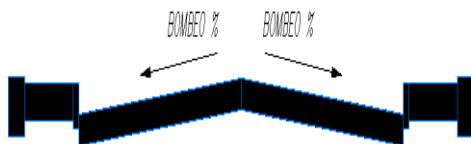
Tipo de Vía	Peralte
<ul style="list-style-type: none"> • Carreteras y Caminos con capa de rodadura asfáltica, concreto o empedrado • Velocidades de diseño mayores a 50 Km/h 	10%
<ul style="list-style-type: none"> • Caminos con capa de rodadura granular • Velocidades hasta 50 Km/h 	8%

Fuente: (MTOP., 2003)

1.3.1.3.1. TRANSICIÓN DEL PERALTE.

Dentro de los parámetros fundamentales que se consideran en el diseño de una vía están básicamente el bombeo considerado únicamente en los tramos rectos de una vía y el peralte considerado a partir de las curvas formadas dentro del análisis y diseño de las curvas presentes en la vía de estudio.

Gráfico 7. BOMBEO.



Fuente: (Autora, 2018.)

Gráfico 6. SECCION PERALTADA.



Fuente: (Autora, 2018.)

Durante el análisis de un diseño geométrico, es indispensable que se consideren estos dos conceptos ya que la correlación de estos parámetros involucra un cambio gradual en la inclinación de la calzada, dando como resultado una adecuada transición del peralte.

1.3.1.4. SOBREALCHO.

El sobreancho es un parámetro que debe considerarse en las curvas horizontales, de modo que al tomar el conductor la curva, lo realice bajo condiciones de seguridad y confiabilidad.



Fuente: (GOOGLE IMAGENES., 2018)

Este concepto es válido al momento de realizar el diseño ya que, para el conductor resulta muy complicado conservar su carril de recorrido, por las características propias del vehículo, requiriendo aumentar su sección en comparación con los tramos rectos de la vía.

Mediante la expresión descrita a continuación podemos realizar el cálculo de sobreanchos en cada una de las curvas presentes en el diseño, expresión que, considerada en base al número de carriles, radio de la curva, y velocidad de diseño; tal como se muestra a continuación:

$$S = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Donde:

R. = Representa el radio de curva en unidades de metro.

S. = Simbología que representa el sobreancho en unidades de metro.

V. = Asignación para identificar la velocidad de diseño, Km/h.

n. = Representación del número de carriles presentes en la calzada.

1.3.2. DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL.

1.3.2.1. DEFINICIÓN:

Consiste en proyectar el eje real de la vía en estudio, sobre la superficie tomada en sentido vertical tomada paralelamente al mismo, con el objeto de obtener la longitud real de la rasante.

Los alineamientos: vertical y horizontal deben ser exactos, precisos y balanceados, en forma tal que los parámetros tomados en alineamiento vertical correspondan con los del alineamiento horizontal, lo cual se logra por un adecuado diseño de la curvas horizontales y verticales en relación a la afluencia de tránsito y características propias de la franja de terreno.

1.3.2.2. ELEMENTOS GEOMÉTRICOS DE UN ALINEAMIENTO VERTICAL.

1.3.2.2.1. TANGENTES VERTICALES.

Las tangentes son rectas que unen las curvas verticales y se caracterizan por estar limitadas por curvas sucesivas, por su longitud y su pendiente. La pendiente esta expresada en porcentaje debe limitarse en un rango de valores es así que deben restringirse entre pendientes máximas y pendientes mínimas.

Tabla 9. VALORES DE DISEÑO DE LAS GRADIENTES LONGITUDINALES MÁXIMAS.

Clase de Carretera				Valor Recomendable			Valor Absoluto		
				L	O	M	L	O	M
R-Io	R-II	>	8000 TPDA	2	3	4	3	4	6
I	3000	a	8000 TPDA	3	4	6	3	5	7
II	1000	a	3000 TPDA	3	4	7	4	6	8
III	300	a	1000 TPDA	4	6	7	6	7	9
IV	100	a	300 TPDA	5	6	8	6	8	12
V	Menos de		100 TPDA	5	6	8	6	8	14

Fuente: (MTOP., 2003)

1.3.2.2.2. CURVAS VERTICALES.

1.3.2.2.2.1. CURVAS VERTICALES CONVEXAS.

Son aquellas cuyas parábolas se abren hacia abajo y la diferencia de sus pendientes es positiva siempre con valores mayores a cero, su longitud mínima está relacionada íntimamente con la distancia de visibilidad.

La longitud mínima para una curva vertical convexa se expresa a través de la siguiente fórmula:

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

- *L. = longitud de la curva vertical convexa, expresada en metros.*
- *A. = diferencia algébrica de las gradientes, expresada en porcentaje.*
- *S. distancia de visibilidad para la parada de un vehículo, expresada en metros.*

Su longitud mínima se puede expresar por medio de la siguiente expresión:

$$L = KA$$

Tabla 10. CURVAS VERTICALES CONVEXAS MÍNIMAS

Velocidad de Diseño Kph	Distancia de Visibilidad para (metros)	Coeficiente $K = S^2/426$	
		Calculado	Redondeado
20	20	0.94	1
25	25	1.47	2
30	30	2.11	2
35	35	2.88	3
40	40	3.76	4
45	50	5.87	6
50	55	7.10	7
60	70	11.50	12
70	90	19.01	19
80	110	28.40	28
90	135	42.78	43
100	160	60.09	60
110	180	76.06	80
120	220	113.62	115

Fuente: (MTOP., 2003)

Tabla 11. VALORES MÍNIMOS DE DISEÑO DEL COEFICIENTE "K" PARA LA DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE CURVAS VERTICALES CONVEXAS MÍNIMAS.

Clase de Carretera					Valor Recomendable			Valor Absoluto		
					L	O	M	L	O	M
R-Io	R-II	>	8000	TPDA	115	80	43	80	43	28
I	3000	a	8000	TPDA	80	60	28	60	28	12
II	1000	a	3000	TPDA	60	43	19	43	28	7
III	300	a	1000	TPDA	43	28	12	28	12	4
IV	100	a	300	TPDA	28	12	7	12	3	2
V	Menos de		100	TPDA	12	7	4	7	3	2

Fuente: (MTOP., 2003)

1.3.2.2.2.2. CURVAS VERTICALES CÓNCAVAS.

Son aquellas en las cuales su parábola se abre hacia arriba; además la diferencia de sus pendientes es un valor negativo menor a cero.

Las curvas verticales cóncavas de igual manera que las convexas se calculan en base a la distancia de visibilidad de tal manera que proporcione la seguridad necesaria.

Su longitud se expresa mediante la siguiente formula:

$$L = KA$$

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

Donde:

L. = longitud de la curva vertical cóncava, expresada en metros.

A. = diferencia algébrica de las gradientes, expresada en porcentaje.

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

K, se presentan en la siguiente tabla, y estan en funcion de vel. de diseño y tipo de terreno

Tabla 12. VALORES MÍNIMOS DE DISEÑO DEL COEFICIENTE "K" PARA LA DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE CURVAS VERTICALES CONCÁVAS MÍNIMAS.

Clase de Carretera					Valor Recomendable			Valor Absoluto		
					L	O	M	L	O	M
R-Io	R-II	>	8000	TPDA	115	80	43	80	43	28
I	3000	a	8000	TPDA	80	60	28	60	28	12
II	1000	a	3000	TPDA	60	43	19	43	28	7
III	300	a	1000	TPDA	43	28	12	28	12	4
IV	100	a	300	TPDA	28	12	7	12	3	2
V	Menos de		100	TPDA	12	7	4	7	3	2

Fuente: (MTOP., 2003)

Tabla 13. CURVAS VERTICALES CÓNCAVAS MÍNIMAS.

Velocidad de diseño Kph	Distancia de Visibilidad (metros)	Coeficiente $K=S^2/122+3$	
		Calculado	Redondeado
20	20	2.08	2
25	25	2.98	3
30	30	3.96	4
35	35	5.01	5
40	40	6.11	6
45	50	8.42	8
50	55	9.62	10
60	70	13.35	13
70	90	18.54	19
80	110	23.87	24
90	135	30.66	31
100	160	37.54	38
110	180	43.09	43
120	220	54.26	54

Fuente: (MTO, 2003)

1.3.2.3. VISIBILIDAD DE CARRETERAS.

La distancia de visibilidad en un tramo de vía es básicamente la longitud a lo largo de la cual el conductor del vehículo pueda tener la suficiente visibilidad como para realizar maniobras, al respetar tanto la velocidad de diseño y la de operación; además de un tránsito bajo condiciones de seguridad que aseguren su eficiencia.

1.3.2.3.1. FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD.

1.3.2.3.1.1. TIEMPO DE PERCEPCIÓN

Según el autor. (Tusa., 2015), define que **“El tiempo de percepción es muy variable de acuerdo de acuerdo al conductor y equivale a 1.5 segundos para condiciones normales de carretera, de acuerdo a varias pruebas realizadas por la AASHTO. Por razones de seguridad, se debe adoptar un tiempo de reacción suficiente para la mayoría de los conductores y equivalente a un segundo”**.

El resultado de la suma de tiempo de percepción más el tiempo de reacción igual 2,5 segundos, es el valor adoptado para realizar los cálculos durante el diseño vial.

Gráfico 9. ELEMENTOS DEL TIEMPO DE PERCEPCIÓN.



Fuente: (Autora, 2018.)

1.3.2.3.1.2. COEFICIENTE DE FRICCIÓN LONGITUDINAL.

Es un factor cuya característica es la de relacionar el efecto de las llantas sobre la capa de rodadura y la superficie de la vía; para la variación de este factor se toma en cuenta la ecuación mostrada a continuación, en la cual se deben tener conceptos claros de velocidades, distancias de maniobra entre otras.

$$f = \frac{1.15}{v_c^{0.3}}$$

Donde:

f . = *coeficiente de fricción longitudinal.*

V_c = *velocidad de circulación del vehículo.*

Tabla 14. VALORES DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN LONGITUDINAL "f" PARA DISTANCIAS DE VISIBILIDAD MÍNIMAS PARA PARADA DE UN VEHÍCULO.

Clase de Carretera			Valor Recomendable			Valor Absoluto		
			L	O	M	L	O	M
R-Io	>	8000	220	180	135	180	135	110
I	a	8000	180	160	110	160	110	70
II	a	3000	160	135	90	135	110	55
III	a	1000	135	110	70	110	70	40
IV	a	300	110	70	55	70	35	25
V	Menos de	100	70	55	40	55	35	25

Fuente: (MTOP., 2003)

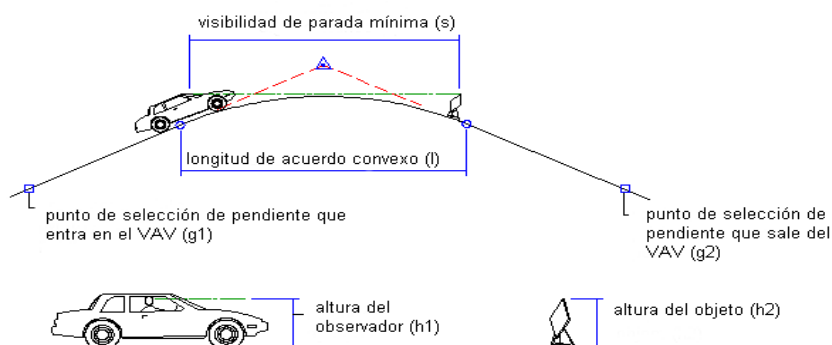
1.3.2.3.1.3. PENDIENTE LONGITUDINAL.

Es el valor tomado a partir de la inclinación natural de la zona de estudio, mismo que se tomara con respecto al eje original de la vía.

1.3.2.3.2. DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA.

Es la distancia que necesita un conductor del automóvil para detenerse cuando este se encuentra en marcha por diferentes causas que se presentan en la vía tales como objetos que se aparezcan inesperadamente poniendo en riesgo la seguridad del conductor a lo largo del tramo vial.

Gráfico 10. DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA.



Fuente: (GOOGLE IMAGENES., 2018)

1.3.2.3.3. DISTANCIA DE FRENADO.

Es la longitud que se mide al aplicar los frenos del vehículo hasta que se detiene, desde el momento en el que el vehículo se encuentra circulando a una velocidad uniformemente desacelerado.

Tabla 15. VALORES DE DISEÑO DE LAS DISTANCIAS DE VISIBILIDAD MÍNIMAS PARA PARADA DE UN VEHÍCULO.

Criterio de Diseño: pavimentos Mojados										
Clase de Carretera					Recomendable			Absoluto		
					L	O	M	L	O	M
R-I	R-II	>	8000	TPDA	220	180	135	180	135	110
I	3000	a	8000	TPDA	180	160	110	160	110	70
II	1000	a	3000	TPDA	160	135	90	135	110	55
III	300	a	1000	TPDA	135	110	70	110	70	40
IV	100	a	300	TPDA	110	70	55	70	35	25
V	Menos de		100	TPDA	70	55	40	55	35	25

Fuente: (MTO., 2003)

Tabla 16. DISTANCIA DE VISIBILIDAD MÍNIMA PARA PARADA DE UN VEHÍCULO.

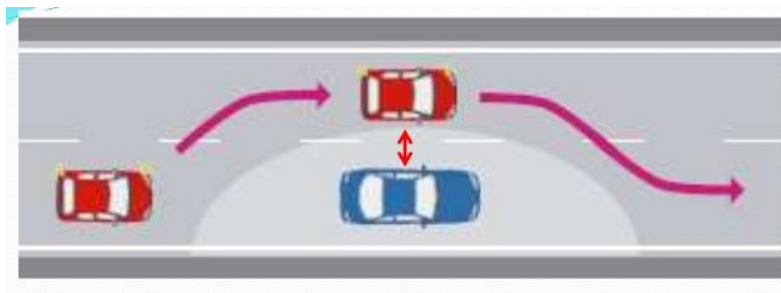
Velocidad de Diseño - Vd (Kph)	Velocidad de Circulación Asumida- Vc (Kph)	Percepción + Reacción para Frenaje		Coeficiente de Fricción Longitudinal "f"	Distancia de Frenaje "d2" Gradiente Cero (m)	Distancia de Visibilidad para parada (d=d1+d2)	
		Tiempo (seg)	Distancia Recorrida "d" (m)			Calculada (m)	Redondeada (m)
20	20	2,5	13,69	0,47	3,36	17,25	20
25	24	2,5	16,67	0,44	5,12	21,78	25
30	28	2,5	19,44	0,42	7,29	26,74	30
35	33	2,5	22,92	0,40	10,64	33,56	35
40	37	2,5	25,69	0,39	13,85	39,54	40
45	42	2,5	29,17	0,37	18,53	47,70	50
50	46	2,5	31,94	0,36	22,85	54,79	55
60	55	2,5	38,19	0,35	34,46	72,65	70
70	63	2,5	43,75	0,33	47,09	90,84	90
80	71	2,5	49,31	0,32	62,00	111,30	110
90	79	2,5	54,86	0,31	79,25	134,11	135
100	86	2,5	59,72	0,30	96,34	156,06	160
110	92	2,5	63,89	0,30	112,51	176,40	180
120	100	2,5	71,53	0,29	145,88	217,41	220

Fuente: (MTO., 2003)

1.3.2.3.4. DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO.

Este parámetro se toma en cuenta únicamente en carreteras donde existe doble carril (uno de ida y otro de vuelta), ya que su objetivo es establecer una distancia en la que el vehículo bajo condiciones de seguridad pueda rebasar al vehículo sin riesgo de encontrarse con otro vehículo transitando en sentido contrario.

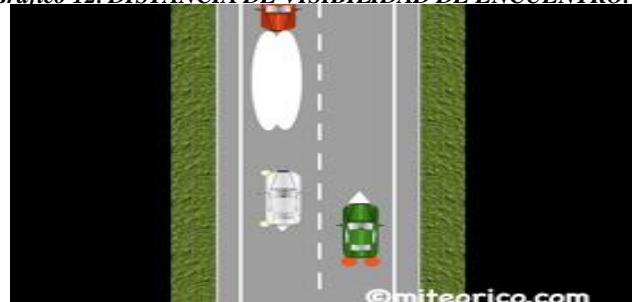
Gráfico 11. DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO.



Fuente: (GOOGLE IMAGENES., 2018)

1.3.2.3.5. DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ENCUENTRO.

Gráfico 12. DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE ENCUENTRO.



Fuente: (GOOGLE IMAGENES., 2018)

Según el autor James Cárdenas Grisales, debe considerarse una longitud lo suficientemente grande como para que dos vehículos que se encuentren transitando bajo condiciones idóneas de diseño y en sentido contrario puedan esquivarse y cruzarse con condiciones de seguridad.

*1.3.2.4. CRITERIOS PARA LA DETERMINACIÓN DE CURVAS
VERTICALES.*

*1.3.2.4.1. LONGITUD MÍNIMA DE CURVAS VERTICALES
CON VISIBILIDAD DE PARADA Y DE
ADELANTAMIENTO.*

Dentro del análisis de las curvas verticales existen las curvas verticales cóncavas y convexas, donde la variación gradual de las mismas dentro del diseño vial y la consideración de distancias de visibilidad y adelantamiento brindan condiciones de seguridad al transitar los vehículos por la vía.

1.3.2.4.1.1. CURVAS VERTICALES CÓNCAVAS.

En cuanto a las distancias de visibilidad de parada de los vehículos, las curvas verticales cóncavas requieren de una excelente señalización, ya que por las noches por su forma no son de visibilidad completa, de ahí que la adecuada intervención de los faros de los vehículos deberá ser proporcional a la distancia de visibilidad de parada; ello con el objeto de brindar una visibilidad nocturna adecuada.

Para el caso de curvas verticales con visibilidad de adelantamiento, en cuanto a la visibilidad nocturna de adelantamiento no es necesaria realizar su cálculo, ya que en un carretero de doble sentido puede visualizarse fácilmente las luces del vehículo en sentido contrario.

Tabla 17. VALORES MÍNIMOS DE K PARA CURVAS VERTICALES CONVEXAS Y CONCÁVAS CON VISIBILIDAD DE PARADA.

VELOCIDAD DE DISEÑO Vd (Km/h)	VISIBILIDAD DE PARADA Dp (m)	COEFICIENTE ANGULAR Kv	
		Curvas Verticales Convexas	Curvas Verticales Concavas
30	25	1	3
40	40	4	6
50	55	7	8
60	75	13	15
70	95	21	20
80	125	37	18
90	150	53	35
100	180	76	43
110	215	109	53
120	255	153	64

Fuente: (MTOPE., 2003)

1.3.2.4.2. LONGITUD MÍNIMA DE CURVAS VERTICALES CON CONTROL POR DRENAJE.

“Las obras de drenaje son elementos estructurales que eliminan el exceso de agua en la calzada, y en la franja de terreno que ocupa el área del estudio vial dando protección a los demás elementos que lo conforman”. (CARLOSAMA, 2013)

En cuanto a los tramos de vía en los que se tienen variaciones de pendientes nulas, es en donde existe mayor problema para drenar las aguas provocadas por la lluvia; por ello el porcentaje de pendiente para drenar las aguas son como mínimo el 0.3%.

Considerando el valor del 0.3% se obtiene un valor de K, dado por la expresión:

$$k = \frac{15m}{0.3\%} = 50$$

Entonces el valor de la longitud máxima para curvas verticales esta dado por:

$$Lv = 50i$$

Otro los parámetros importantes para considerar buenas condiciones de drenaje son la correcta selección de bombeo y pendiente en las zonas de cuneta.

1.3.3. DISEÑO GEOMÉTRICO TRANSVERSAL, SECCIONES, ÁREAS Y VOLÚMENES.

1.3.3.1. DEFINICIÓN.

La correspondencia de los elementos que dan lugar a una carretera con el terreno permitirá determinar la cantidad de corte y relleno de acuerdo al diseño geométrico propuesto.

1.3.3.2. ELEMENTOS DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL.

❖ CALZADA O SUPERFICIE DE RODADURA:

Es la parte de la carretera cuyo objetivo es la de permitir el tránsito vehicular, está conformada por uno o más carriles de circulación. La incidencia del Trafico Promedio Diario Anual, ejercerá un papel importante en cuanto a los anchos de los carriles, mostrados en la tabla 18.

Tabla 18. ANCHOS DE CALZADA.

Clase de la Carretera	Ancho de la Calzada (m)	
	Recomendado	Absoluto
R-I o R-II > 8000 TPDA	7.3	7.3
I 3000 a 8000 TPDA	7.3	7.3
II 1000 a 3000 TPDA	7.3	6.5
III 300 a 1000 TPDA	6.7	6
IV 100 a 300 TPDA	6	6
V Menos de 100 TPDA	4	4

Fuente: (MTOP., 2003)

❖ BERMAS O ESPALDONES:

“Se define como berma como un área de carretera, contiguas y paralelas a la carpeta o superficie de rodadura, que sirven de confinamiento a la capa de base y de zona de estacionamiento accidental de vehículos”. (Iturbide., 2002)

Tabla 19. VALORES DE DISEÑO PARA EL ANCHO DE ESPALDONES.

Clase de la Carretera	Ancho de Espaldones (m)					
	Recomendable			Absoluto		
	L	O	M	L	O	M
	(1,2)	(1,2)	(1,2)	(1,2)	(1,2)	(1,2)
R-I o R-II > 8000 TPDA	3,0 *	3,0 *	2,5 *	3	3,0 *	2,0 *
I 3000 a 8000 TPDA	2,5 *	2,5 *	2,0 *	2,5**	2,0 **	1,5 **
II 1000 a 3000 TPDA	2,5 *	2,5 *	1,5 *	2,5	2,0	1,5
III 300 a 1000 TPDA	2,0 **	1,5 **	1,0 *	1,5	1,0	0,5
IV 100 a 300 TPDA	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
V Menos de 100 TPDA	Una parte del soporte lateral esta incorporado en el ancho de la superficie de rodadura (no se considera el espaldón como tal)					
L= Terreno Llano		O= Terreno Ondulado		M= Terreno Montañoso		
* La cifra en paréntesis es la medida del espaldón interior de cada calzada y la otra es para el espaldón exterior. Los dos espaldones deben pavimentarse con concreto asfáltico						
**Se recomienda que el espaldón debe pavimentarse con el mismo material de la capa de rodadura del camino correspondiente						

Fuente: (MTOPE., 2003)

❖ CORONA:

Es la sección que se encuentra formada por la combinación de la calzada y la berma. La longitud denominada como corona es la que se toma a partir desde el eje de la vía hasta la arista inferior de la cuneta o en su caso del talud.

❖ BOMBEO:

Es la pendiente transversal que se toma en la calzada y en la berma en el caso de su existencia, este porcentaje de pendiente se toma para drenar las aguas lluvia hacia la cuneta. El valor de diseño que se toma para el bombeo es aproximadamente el 2%.

❖ CUNETAS:

Son estructuras generalmente triangulares, aunque lo ideal es que sean de forma trapezoidal; ello con el objeto de permitir un mejor drenaje para la vía, debidamente diseñada para el correcto funcionamiento de la misma.

❖ TALUDES:

Se consideran como las superficies que se presentan a lo largo de la vía, misma que pueden ser consideradas en corte o relleno; la inclinación de los taludes debe estar debidamente diseñadas mediante estudios geológicos y geotécnicos, ello para brindar condiciones de seguridad y estética de la vía, además de influir en el costo del mantenimiento.

❖ PLATAFORMA:

Es aquella dimensión medida desde el eje de la vía hasta las cunetas y hombros de la misma.

❖ DERECHO DE VÍA:

“El área de terreno que el Gobierno suministra para ser usada en la construcción de la carretera, sus estructuras, anexos y futuras ampliaciones”. (Iturbide., 2002)

1.4. PAVIMENTOS.

El autor (SIMÓN., 2004), define que: “Un pavimento de una estructura, asentado sobre una fundación apropiada, tiene por finalidad proporcionar una superficie de rodamiento que permita el tráfico seguro y confortable de vehículos, a velocidades operacionales deseadas y bajo cualquier condición climática. Hay una gran diversidad de tipos de pavimento, dependiendo del tipo de vehículos que transitaran y del volumen de tráfico”.

1.4.1. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS.

1.4.1.1. CLASIFICACIÓN SUCS.

Esta clasificación distingue a los suelos mediante el material retenido en el tamiz #200, siendo agregados gruesos los retenidos en la malla y finos los que pasan.

Gráfico 13. CLASIFICACIÓN SUCS.

DIVISIÓN MAYOR		SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO		
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 ⊕	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4 PARA CLASIFICACIÓN VISUAL, PUEDE USARSE 1/2 cm. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	GRAVAS LIMPIA Poco o nada de partículas finas	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Cu: mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA Cc: entre 1 y 3. $Cu = D_{60} / D_{10}$ $Cc = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW. LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4. Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles. LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7. de símbolos dobles. $Cu = D_{60} / D_{10}$ mayor de 6 ; $Cc = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ entre 1 y 3. No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4. Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles. LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7. de símbolos dobles.	
		GRAVA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	* GM	d		Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo
			u			
		ARENAS LIMPIA Poco o nada de partículas finas	SW	Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.		
			SP	Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.		
		ARENA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	* SM	d		Arenas limosas, mezclas de arena y limo.
	u					
	SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.				
	SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 ⊕ Las partículas de 0.074 mm de diámetro (la malla No.200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido menor de 50	ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.	G – Grava, S – Arena, O – Suelo Orgánico, P – Turba, M – Limo C – Arcilla, W – Bien Graduada, P – Mal Graduada, L – Baja Compresibilidad, H – Alta Compresibilidad CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S.) 	
			CL	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.		
			OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.		
		LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido Mayor de 50	MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos.		
CH			Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.			
OH			Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.			
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	P	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.				

** CLASIFICACIÓN DE FRONTERA- LOS SUELOS QUE POSEAN LAS CARACTERÍSTICAS DE DOS GRUPOS SE DESIGNAN CON LA COMBINACIÓN DE LOS DOS SÍMBOLOS; POR EJEMPLO GW-GC, MEZCLA DE ARENA Y GRAVA BIEN GRADUADAS CON CEMENTANTE ARCILLOSO.
 ⊕ TODOS LOS TAMAÑOS DE LAS MALLAS EN ESTA CARTA SON LOS U.S. STANDARD.
 * LA DIVISIÓN DE LOS GRUPOS GM Y SM EN SUBDIVISIONES d Y u SON PARA CAMINOS Y AEROPUERTOS ÚNICAMENTE, LA SUB-DIVISIÓN ESTA BASADA EN LOS LÍMITES DE ATTERBERG EL SUFIJO d SE USA CUANDO EL L.L. ES DE 28 O MENOS Y EL I.P. ES DE 6 O MENOS. EL SUFIJO u ES USADO CUANDO EL L.L. ES MAYOR QUE 28.

1.4.1.2. CLASIFICACIÓN AASHTO.

Permite clasificar a los materiales de grano grueso, grano fino, suelos altamente orgánicos, en base a ensayos realizados en los laboratorios tales como análisis granulométricos y límites de Atterberg.

Gráfico 14. CLASIFICACIÓN AASHTO.

Clasificación general	Material granular (35% o menos pasa el tamiz N° 200)							Materiales limo- arcillosos (Más del 35% pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Subgrupo	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
Porcentaje que pasa el tamiz: N° 10 (2.00mm) N°40 (0.425mm) N° 200 (0.075mm)	50 máx. 30 máx. 15 máx.	- 50 máx. 25 máx.	- 51 mín. 10 máx.	- 35 máx.	- 35 máx.	- 35 máx.	- 35 máx.	- 36 mín.	- 36 mín.	- 36 mín.	
Características del material que pasa el tamiz N° 40 (0.425mm): Limite líquido Índice de plasticidad	- 6 máx.		- NP	40 máx. 10 máx.	41 mín. 10 máx.	40 máx. 11 mín.	41 mín. 11 mín.	40 máx. 10 máx.	41 mín. 10 máx.	40 máx. 11 mín.	41 mín. 11 mín.*
Terreno de fundación	Excelente a bueno		Excelente a bueno	Excelente a bueno				Regular a malo			

* El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5, es igual o menor a LL-30
El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6, es mayor que LL-30

Fuente: (GOOGLE IMAGENES., 2018)

1.4.2. ELEMENTOS DE UN PAVIMENTO.

Los componentes por los que está conformado un pavimento son los siguientes:

Gráfico 15. ELEMENTOS DE UN PAVIMENTO.

- Sub- rasante.
- Mejoramiento.
- Sub-Base.
- Base.
- Capa de Rodadura.



Fuente: (GOOGLE IMAGENES., 2018.)

Los valores mostrados en la imagen son únicamente referenciales, ya que el espesor de cada capa es básicamente relacionado con CBR obtenido en el terreno además de la influencia de los vehículos sobre la capa de rodadura.

La colocación de estos elementos tiene mucha influencia sobre el suelo que se va a consolidar el pavimento, por ejemplo, en el caso de que se tenga un suelo con un CBR muy alto no hace falta una capa de mejoramiento ya que esta tiene la función de mejorar y estabilizar la subrasante; y como la subrasante posee un CBR alto lo cual caracteriza a un suelo apto para la cimentación.

1.4.2.1. SUBRASANTE.

La capa Subrasante es la última capa de los suelos, rellenos, terraplenes conocido también como suelo natural sobre el cual se construirá el pavimento, el origen de esta subrasante o suelo natural establecerá si existe la necesidad de dar a la estructura de pavimento una capa de mejoramiento ya que si este suelo natural posee un CBR bajo necesita ser estabilizado a través de un suelo de mejor calidad (capa de mejoramiento).

1.4.2.1.1. ESTABILIZACIÓN.

El suelo natural que posea un $CBR < 10\%$ necesita ser mejorado o estabilizado para ser considerado apto para la cimentación y proporcionar seguridad ante pérdida de estabilización para ello se puede considerar diferentes Gráfico 16. ESTABILIZACIÓN CON ARENA. métodos de estabilización los cuales se mencionaran a continuación:

- **Estabilización con Arena o Limo:** En suelos arcillosos los cuales poseen CBR bajos se puede optar por colocar limo hidratado en pequeñas cantidades lo cual logra una reducción de la plasticidad, del



hinchamiento y además logrando aumentar la capacidad soportante.

Fuente: (GOOGLE IMAGENES.,
2018.)

Gráfico 17. ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO.



- **Estabilización con Cemento:** La estabilización con cemento es recomendable realizarla en suelos gruesos, no es aconsejable utilizar en suelos orgánicos y en arcillas muy plásticas, el cemento se adhiere y envuelve las partículas y la pasta los cementa en sus puntos de contacto.

La resistencia del Suelo- Cemento tiende a aumentar linealmente al aumentar el % de cemento.

- **Estabilización con Cloruro de Sodio:** La estabilización mediante el Cloruro de Sodio produce reacciones coloidales que alteran las características del agua contenidas en los suelos, actúa como fluctuante lo cual contribuye a la compactación.

Gráfico 18. ESTABILIZACIÓN CON CLORURO DE SODIO.



Este proceso es efectivo en todos los suelos, pero en menor grado en suelos que poseen materia orgánica, además ayuda en la superficie de deslizamiento contra el polvo.

1.4.2.2. *CAPA DE MEJORAMIENTO.*

La capa de mejoramiento, está conformada básicamente de material rocoso o de material rocoso-granular, obtenido de ríos o de minas; es necesario mencionar que esta capa debe estar totalmente exenta de material orgánico o de escombros.

1.4.2.3. *SUB-BASE.*

Es la primera capa de materiales seleccionados que se construye sobre una capa de la subrasante, tanto en pavimentos rígidos como en flexibles. Se caracteriza por tener menor rigidez que la capa de rodadura, pero presenta mayor rigidez que la Subrasante.

El material que deberá tener la subbase tendrá un CBR mayor que el de la capa de subrasante y su espesor varía de acuerdo a las condiciones del suelo existente. Debe caracterizarse por ser un Suelo Granular, el tamaño de las piedras no deberá ser mayor a los 2/3 del espesor de la capa, debe cumplir con requisitos de plasticidad y límite líquido; además los materiales que la conforman, no deben estar contaminados con materia orgánica, arcillas o impurezas.

1.4.2.3.1. *FUNCIONES DE LA SUB-BASE.*

- Impedir el paso de los materiales que constituyen la base con los de la subrasante.
- Absorber las cargas de tráfico, sin sufrir deformaciones permanentes las cuales podrían verse reflejadas en la superficie de rodamiento.
- Una Subbase de materiales que presenten buenas características sirve como superficie de rodadura en forma temporal.

1.4.2.3.2. *TIPOS DE SUB-BASE.*

Los tipos de subbase se clasifican en función de su granulometría y de su obtención para mayor claridad se muestra a continuación los diferentes tipos:

- Subbase Clase 1: Esta formada por materiales que se obtienen por resultado de la trituración de piedras o gravas, además debe presentar la característica de uniformidad en el cambio de grueso a fino.
- Subbase Clase 2: Son el resultado del cribado de fragmentos de piedra naturalmente, su uniformidad de grueso a fino deberá corresponder a los límites especificados.
- Subbase Clase 3: Es el material obtenido de la excavación en plataformas o materiales de préstamo. Igualmente debe cumplir los requisitos de gradación.

1.4.2.4. BASE.

Capa de espesor diseñada para la transmisión de cargas ocasionadas por la acción del tránsito, la base es la capa más importante del pavimento y deben emplearse materiales de alta calidad y las especificaciones para los mismos son más exigentes que para los materiales de subbase.

1.4.2.4.1. FUNCIONES.

- Absorber y transmitir la mayor parte los esfuerzos producidos por el tráfico vehicular sobre la capa de rodadura a la subbase o subrasante de tal manera que no produzca deformaciones o desplazamientos excesivos en las capas.
- Aprovecharse como capas de rodadura para tráficos livianos.
- Servir como elemento de drenaje de las aguas que, por ascensión capilar hayan atravesado la subbase o la subrasante impidiendo que lleguen a la capa de rodadura.

1.4.2.4.2. TIPOS DE BASE.

Para definir cuáles son los tipos de bases se debe tomar en cuenta que esta división está en función del CBR y de los porcentajes de agregados que han sido triturados, los tipos de bases son los siguientes:

- Base clase 1: Construidas con agregados gruesos y agregados finos triturados en una 100 % y mezclados necesariamente en una planta central. CBR mínimo 80%.
- Base clase 2: Construidas con el 50 % o más de agregados gruesos triturados, también deben ser mezclados necesariamente en planta central. CBR mínimo 80%.
- Base clase 3: Construidas por lo menos con el 25 % de agregados gruesos triturados, mezclados preferentemente en una planta central. CBR mínimo 80 %.
- Base clase 4: Formada por agregados del resultado del cribado de: piedras y gravas, presentado un CBR mínimo del 60%.

1.4.2.5. CAPA DE RODADURA.

Es la parte destinada para el tránsito, la misma que debe proporcionar una superficie que brinde condiciones de uniformidad y estable al tránsito, por estar en contacto directo con el medio debe ser la capa más resistente, mejor acabada y en constante mantenimiento.

1.4.2.5.1. FUNCIONES.

- Imposibilitar el paso de agua a las capas inferiores, mismas que forman la estructura del Pavimento.
- Presentar aguante a la tensión la misma que complemente a la capacidad estructural del pavimento.
- Resistir a los efectos abrasivos del tránsito.

1.4.3. TIPOS DE PAVIMENTO.

A continuación, se muestran los pavimentos más comunes en nuestra zona:

1.4.3.1. PAVIMENTO FLEXIBLE.

A comparación del pavimento Rígido su superficie presenta menor rigidez por lo cual se deforma más, lo cual produce mayores tensiones en la subrasante; además se caracteriza por un tener un revestimiento asfáltico sobre una base granular.

1.4.3.1.1. ELEMENTOS.

El pavimento flexible está formado por 4 capas:

- Capa Sub-rasante.
- Capa Sub-base.
- Base y
- Capa de rodadura la cual esta revestida asfálticamente.

1.4.4. DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE.

Para el diseño del pavimento flexible existen varios métodos, analizaremos el método AASHTO.

$$\log W_{18} = Z_R S_D + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log \left[\frac{4.2 - P_t}{4.2 - 1.5} \right]}{0.4 + \frac{1,094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log M_R - 8.07$$

Las ecuaciones del procedimiento AASHTO está conformada por el Número Estructural (SN), necesario para colocar sobre la capa de subrasante con la presencia de características mecánicas, con el propósito de dar a la estructura más durabilidad en cuanto a un periodo de diseño establecido.

1.4.4.1. VARIABLES.

- **Nivel de Confianza Nominal:** Dicha variable integra en el de diseño cierto grado que tiene como fin asegurar que varias alternativas de diseño alcancen el período de análisis.

Tabla 20. NIVEL DE CONFIANZA NOMINAL.

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	Nivel de confianza Recomendados	
	Urbano	Rural
Interestatal y Autopista	85-99,9	80-99,9
Arteria Principal	80-99	75-95
Calles Colectoras	80-95	75-95
Calles Locales	50-80	50-80

Fuente: (MTOP., 2003)

- **Desviación Estándar:** Determina la capacidad de soporte de la estructura de pavimento de acuerdo a su número de ejes, ello hasta que el índice de servicialidad esté por debajo de un determinado Pt (serviciabilidad final).

Tabla 21. DESVIACIÓN ESTANDAR

Valores de Error Estándar	
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento SIN errores en el tránsito	
So = 0.44	So=0,34
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento CON errores en el tránsito	
So= 0,49	So= 0,39

Fuente: (MTOP., 2003)

- **Distribución de Tráfico (Dt):** La distribución de tráfico es un factor que se encuentra en función del número de carriles y sentidos que pueda prestar la vía.

Dt= 0.50 Tráfico en dos carriles y dos sentidos

$D_t = 1$ Un sentido

- **Periodo de Diseño (n):** Es equivalente al período de vida definido.
- **Número de Ejes Equivalentes:** Este factor está en función de:
 - **Factor de Carga Equivalente (FCE):** el cual está en función de los ejes simples, tándem, tridem, con ayuda de las siguientes ecuaciones:

- FCE para eje simple (eje delantero):

$$F_{ss} = \left(\frac{L_{ss}}{6.6}\right)^4$$

- FCE para eje simple (eje trasero):

$$F_{sd} = \left(\frac{L_{sd}}{8.2}\right)^4$$

- FCE para eje tándem:

$$F_t = \left(\frac{L_t}{15}\right)^4$$

- FCE para eje tridem:

$$F_{tr} = \left(\frac{L_{tr}}{23}\right)^4$$

Donde:

$L_{ss} =$ Carga del eje delantero simple (Ton).

$L_{sd} =$ Carga del eje trasero simple (Ton).

$L_t =$ Carga del eje tándem (Ton).

$L_{tr} =$ Carga del eje trídem (Ton).

- **Número de Ejes equivalentes:** Son las repeticiones del eje de carga equivalente a 8.2 Ton en relación al periodo analizado.

$$N(8.2Ton) = \frac{TPDA_o + TPDA}{2} \times 365 \times Dt \times n \times FCE$$

Donde:

TPDA_o. = *Tráfico promedio diario anual al inicio del periodo de diseño.*

TPDA. = *Tráfico promedio diario anual al final del periodo de diseño.*

Dt. = *Distribución de tráfico.*

N. = *Periodo de diseño.*

FCE. = *Factor de carga equivalente.*

- **Módulo Resiliente de la Subrasante (MR):** Parámetro utilizado para verificar el comportamiento de una capa firme; además nos da la idea general para conocer la calidad y durabilidad al resistir la aplicación de cargas que generan un estado tensional similar al de servicio.

El módulo resiliente puede calcularse por medio de las siguientes expresiones:

$$MR = 10.3 \times CBR \quad (MPa)$$

$$MR = 1900 \times CBR^{0.7} \quad (psi) \quad CBR < 10\%$$

$$MR = 2555 \times CBR^{0.64} \quad (psi) \quad CBR > 10\%$$

- **Coefficiente Estructural (CM):** mediante la siguiente tabla se determinará el coeficiente estructural de las diferentes capas de pavimento en función de su CBR o tipo de agregado que se desee colocar.
- **Coefficiente de Drenaje:** Este coeficiente está función de las condiciones de drenaje predominantes y de la precipitación media anual.

1.4.5. PAVIMENTO RÍGIDO.

La principal característica de este tipo de pavimento es que está conformada por una losa de concreto Portland, ello con el objeto de controlar las tensiones transmitidas al resto de capas por su alta capacidad que tiene al trabajar a flexión.

Por la consistencia de su superficie de rodadura, produce una buena distribución de cargas, por lo cual se produce tensiones muy bajas en la subrasante.

El pavimento rígido por su alta rigidez y módulo elástico se comporta estructuralmente como una viga, absorbiendo de esta manera casi toda la carga.

1.4.5.1. ELEMENTOS DEL PAVIMENTO RÍGIDO.

El pavimento rígido está compuesto básicamente de 3 capas: subrasante, sub-base y capa de rodadura.

- **Capa de Rodadura (Losa de Pavimento Rígido).** _ Capa superior de un pavimento constituida por hormigón hidráulico que absorbe y distribuye de mejor manera las cargas hacia toda la estructura de pavimento.
- **Materiales:**
 - **Cemento Portland:** deberá tener una resistencia a la flexión dada, ensayada a los 28 días.
 - **Agregado Grueso:** consiste en gravas o piedras trituradas de manera que se tenga una granulometría uniforme.
 - **Agua:** de preferencia potable, limpia y libre de aceites, ácidos, entre otros, usada para el mezclado y curado del concreto.

1.4.5.2. DISEÑO.

En el diseño de pavimento rígido se requiere el estudio a detalle y preciso de los materiales empleados en las capas de terracerías y de pavimento, así como también su comportamiento bajo cargas y bajo todas las condiciones climatológicas del sitio de proyecto. El diseño se encarga básicamente de determinar las alturas adecuados de las capas para que soporte el tráfico.

Entre otros los métodos de diseño más conocidos son el método PCA y el método AASHTO para el pavimento rígido, así se tiene:

1.4.5.2.1. MÉTODO AASHTO.

Su diseño corresponde a la realización de tanteos, y con un valor impuesto de los ejes equivalentes, permitirá realizar la evaluación de todos los factores que sean necesarios considerar para el diseño. Los tanteos se deben realizar hasta que exista convergencia en el método.

La ecuación utilizada por AASHTO es:

$$\log_{10}(ESAL) = Z_R S_o + 7.35 \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \left[\frac{\log_{10} \frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} \right]$$

$$+ (4.22 - 0.32P_t) \log_{10} \left\{ \frac{S'_c C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63J \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{E_c}{k}\right)^{0.25}} \right]} \right\}$$

Donde:

Z_r . = Se trata de la desviación estándar normal.

S_o . = *Se trata de la desviación estándar normal.*

D . = *Se trata del espesor.*

ΔPSI . = *Se trata del cambio de serviciabilidad.*

P_t . = *Se trata de la serviciabilidad final.*

$S'c$. = *Se trata del módulo de ruptura.*

Cd . = *Se trata del coeficiente de drenaje.*

J . = *Se trata de la transferencia de carga.*

E_c = *Se trata del módulo de elasticidad.*

k = *Se trata del módulo de reacción de la subrasante.*

1.4.5.2.2. MÉTODO PCA.

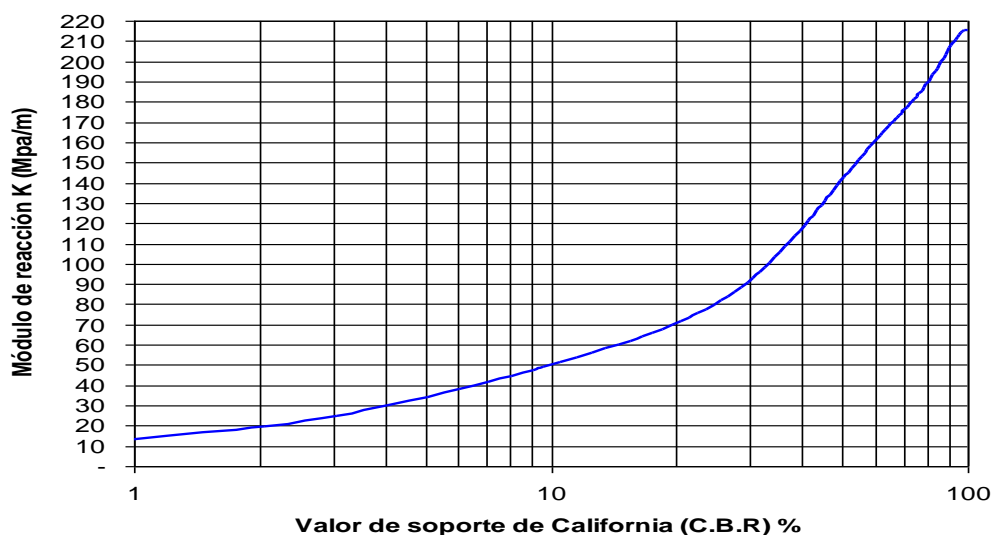
El método PCA (Portland Cement Association) tiene por objeto la obtención del espesor mínimo que tendrá el menor costo en la ejecución de la obra, tanto en costos iniciales como de rehabilitación.

Este método se basa en un análisis mecánico del pavimento que analiza esfuerzos y deflexiones en las juntas, esquinas y bordes.

1.4.5.2.3. FACTORES QUE INTERVIENEN.

- **Capacidad de soporte de la subrasante (K subrasante):** El módulo de reacción K representa el soporte de terreno natural, es calculado por medio del ensayo de placa, pero, debido a su costo elevado puede estimarse por medio de CBR, a través de una correlación que no afecta los valores del espesor requerido.

Tabla 22. CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE.



- **Soporte subrasante- subbase (K):** Se puede aumentar el valor de soporte del suelo (K) a través de la distribución de una capa de sub-base, este incremento se muestra por medio de la tabla siguiente que depende del espesor de capa impuesto:

Tabla 23. CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE - SUBBASE.

Módulo K		Modulo K de Subbase/subrasante							
Subrasante		100mm		150mm		225mm		300mm	
Mpa/m	pci	Mpa/m	pci	Mpa/m	pci	Mpa/m	pci	Mpa/m	pci
20	73	23	85	26	96	32	117	38	140
40	147	45	165	49	180	57	210	66	245
60	220	64	235	66	245	76	280	90	330
80	295	87	320	90	330	100	370	117	430

- **Propiedades Mecánicas del Hormigón:** En la tabla siguiente se encuentran valores recomendados de la resistencia a la flexión (MR) de acuerdo al tipo de carretera:

Tabla 24. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.

Tipo de Carretera	MR recomendados	
	Kg/cm ²	psi
Autopista	48	682.7
Carreteras	48	682.7
Zonas Industriales	45	640.1
Urbanas Principales	45	640.1
Urbanas Secundarias	42	597.4

- **Periodo de Diseño:** El periodo de diseño se define como la vida útil del pavimento dentro de un periodo de análisis del tránsito y que concluye al momento de realizar una rehabilitación.

Tabla 25. CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUBRASANTE - SUBBASE.

Tasa de Crecimiento del Tráfico (%)	Factor de proyección (FP) 20 años	Factor de proyección (FP) 40 años
1	1.1	1.2
1.5	1.2	1.3
2	1.2	1.5
2.5	1.3	1.6
3	1.3	1.8
3.5	1.4	2
4	1.5	2.2
4.5	1.6	2.4
5	1.6	2.7
5.5	1.7	2.9
6	1.8	3.2

- **Factores de Seguridad de Carga (FS):** Los ejes de carga considerados para el diseño se multiplican por factores de seguridad.

Tabla 26. FACTOR DE SEGURIDAD DE CARGA.

Tipo de Carretera	FS
Autopistas con flujo continuo Alto contenido de vehículos pesados Multicarriles	1.2
Autopistas o arterias Moderado volumen de tráfico pesados	1.1
Caminos y calles residenciales Bajo volumen de tránsito	1

Fuente: (GOOGLE IMAGENES., 2018)

- **Juntas:** su objetivo es realizar el control de agrietamientos provocados por acción de la temperatura, estas están dispuestas en dos sentidos en el pavimento rígido:
 - **Junta Longitudinal:** el espaciamiento entre juntas es igual al ancho del carril, es decir menor o igual a 3,6m
 - **Junta Transversal:** el espaciamiento entre juntas es $L \leq 24$ h espesor de la losa.

- **Transferencia de Cargas:** Tiene por finalidad la trasmisión de fuerzas, para controlar las deformaciones y la acción de los esfuerzos sobre la estructura de pavimento.

Tabla 27. PASADORES.

Espesor Pavimento (cm)	Diametro del pasador (mm)	Longitud Total (cm)	Separación (cm)
10	12.70	25	30
11--13	15.80	30	30
14-15	19.00	40	30
16-18	22.00	40	30
19-20	24.40	40	30
21-23	28.90	40	30
24-25	31.75	45	30
26-28	34.90	45	30
29-30	38.10	50	30

Fuente: (MTOP., 2003)

- **Proyección del Tráfico:** Para proyectar el tráfico actual a un periodo de diseño dado se necesita de ciertos factores como son:

- **TPD (Tránsito Promedio Diario):** número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (días completos) entre 1 año y 1 día, para el # de días del periodo.

$$TPD = \frac{N}{T}$$

- **TPDA:** Es la relación tomada entre el tránsito anual y el periodo (365días).

$$TPDA = \frac{TA}{T}$$

- **Aforo:** forman parte de los estudios de tráfico, los mismo que nos facilitan la obtención de datos relacionados con el movimiento de automóviles respecto a dos parámetros: tiempo y espacio.

- **Tráfico Futuro:** consiste en una predicción del tráfico dentro de un periodo de diseño. Con el método PCA se obtiene el TPDA carril que es la proyección del tráfico al periodo de diseño por medio de la siguiente ecuación:

$$TPDA_{carril} = TPDA_0 \times T \times 365 \times FP$$

- Donde:

TPDA0. = Muestra de tráfico inicial.

T. = Es el periodo de diseño tomada en años.

FP. = Definida como el factor de proyección.

- **Composición del Tránsito:** Para cualquier diseño de pavimentos es necesario conocer la composición del tránsito de la vía a ser diseñada, para lo cual debemos clasificar a los vehículos con los siguientes parámetros:

Tabla 28. TIPOS DE VEHICULOS DE ACUERDO A SU EJE.

TIPO	DISTRIBUCION MAXIMA	Peso Bruto maximo	EJES		
LIVIANO		4,2		simple simple	1,7 2,5
BUS (LIVIANO)		10		simple simple	3 7
BUS (MEDIANO)		18		simple simple	6 11
BUS (METROPOLITANO)		18		simple Tandem	6 16,33
2DA		10		simple simple	3 7
2DB		18		simple simple	6 11
3A		26		simple Tandem	6 20
4C		30		simple Tridem	6 24
2S1		30		Simple Simple Simple	6 11 11
2S2		38		Simple Simple Tandem	6 11 20
2S3		42		Simple Simple Tridem	6 11 24
3S1		38		Simple Tandem Simple	6 20 11
3S2		46		Simple Tandem Tandem	6 20 20
3S3		50		Simple Tandem Tridem	6 20 24

Fuente: (MTOP., 2003)

- ✓ Ejes Simples: Sus ejes extremos están formados por una o dos ruedas sencillas.
- ✓ Eje Tándem: Su distribución está dada por la presencia de 2 ejes sencillos con rueda doble en sus extremos.
- ✓ Eje Tridem: su partición de ejes extremos está formada por 3 ejes que corresponden a clasificación de sencillos con la presencia de rueda doble en los extremos.

2. MARCO METODOLÓGICO.

Es necesario analizar el estado actual del terreno en el que se va a llevar a cabo el proyecto, para posteriormente con los datos base proceder al diseño en sí de la carretera en estudio, dicho proceso se describe a continuación:

2.1. RECOPIACIÓN DE DATOS.

Para el diseño es necesario partir de una base de datos, en este caso tomar un ancho de faja del terreno en el que se encuentra la vía para tomar todo tipo de datos, tanto topográficos, datos del estado del suelo, del tráfico existente, etc. De manera a priori al diseño debe tener:

2.2. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.

El levantamiento consiste en capturar con un equipo de precisión (en este caso Estación Total), los puntos importantes de la carretera tanto en planimetría como taquimetría, entre los datos a levantar no se debe olvidar:

- Puntos máximos (lomas y picos en la vía) y mínimos (depresiones de la vía, topografía en quebradas).
- Cambios bruscos en las pendientes.
- Tres puntos que determinen una curva.
- Por lo menos 2 puntos que definan una recta.
- Puntos medios de la calzada.
- Bordes de la calzada.
- Inicio y fin de bordillos.
- Inicio de calzada pavimentada.
- Linderos de viviendas y terrenos.
- Ingresos de vivienda (en especial de garajes).
- Pozos, rejillas, canales, etc.

2.3. MUESTRAS DE SUELO.

Se realizará un muestreo del tipo de suelo de la zona, con el fin de determinar si el terreno existente es apto para que, sobre él se levante la estructura de pavimento.

Los ensayos que se realizarán en la vía son la determinación del contenido de humedad tanto en campo como en laboratorio, análisis de los límites de Atterberg, análisis granulométrico del suelo, realización del ensayo de Proctor modificado y finalmente los ensayos de penetración y CBR de cada muestra con el objeto de determinar la capacidad de portante del suelo.

2.4. CONTEO VEHICULAR.

De la misma manera que en la toma de muestras de suelo, el conteo vehicular sirve para determinar el espesor de cada una de las capas de la estructura de pavimento, por lo tanto, para el diseño se realizará un conteo durante una semana separando a los vehículos según su tipo y número de ejes, datos necesarios como para hacer una estimación anual del tráfico para el periodo de diseño, la clasificación a usar es la de la tabla.

2.5. DISEÑO ESTRUCTURAL.

El diseño estructural consiste en definir el espesor de las capas de: sub-base, base y capa de rodadura, necesarios para soportar la carga vehicular que circulará durante un periodo de diseño establecido, para lo cual se utilizará los resultados obtenidos por los estudios de suelos realizados en laboratorio y por el conteo de tráfico.

Como ya se sabe, se puede diseñar diversas capas de rodadura, las más utilizadas son: pavimento flexible y rígido, como detallaremos a continuación:

2.5.1. DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO.

Se realizará por el método PCA, que consiste en analizar esfuerzos y deflexiones y está en función del CBR obtenido por los ensayos, propiedades del hormigón, periodo de diseño, tráfico anual y tráfico futuro, entre otros.

Este método se realizará con la ayuda de tablas y partiendo de un espesor de sub-base impuesto con anticipación, mismo que se encuentra dentro de los valores permitidos, este tipo de pavimento no posee base.

2.5.2. DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE.

Se realizará la metodología de la AASHTO, que sigue una serie de factores como:

- Propiedades físicas y mecánicas de la sub base, base y subrasante.
- Coeficiente de drenaje
- Propiedades del suelo, obtenidas por ensayos.
- Tráfico vehicular.
- Periodo de diseño.

Con este método se obtienen todos los espesores de la estructura de pavimento, sin necesidad de imponernos ninguno, puesto que se basa en tablas.

2.6. DISEÑO GEOMÉTRICO.

Para el diseño geométrico se hará uso de la topografía, para que de esta manera se proceda al diseño de manera que se acople la vía a las infraestructuras existentes. Este proceso se realizará con la ayuda de la herramienta AutoCad Civil 3D, programa dedicado al diseño geométrico de carreteras.

El diseño geométrico comprenderá los siguientes puntos:

2.6.1. INGRESO DE DATOS.

Con los datos que se van a obtener del levantamiento topográfico se procederá a graficar el estado actual de la carretera, las viviendas existentes y sus niveles (cotas).

2.6.2. DISEÑO GEOMÉTRICO HORIZONTAL.

Para el diseño, se toma en cuenta dos fases que son:

- Ubicación del eje o alineamiento principal de la vía, para lo cual es necesario definir la velocidad de diseño y tipos y radios de curvas, que se acoplen de mejor manera al terreno.
- Ubicación de los ejes o alineamientos laterales, mismos que definirán el ancho de la sección transversal de la vía, para ello es necesario saber valores de sobre-ancho y peralte, para la seguridad de marcha del vehículo.

2.6.3. DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL.

Para esta fase se necesita del alineamiento horizontal y la topografía como sigue en especial de su elevación como se muestra a continuación:

- Trazado del terreno natural en base al alineamiento horizontal, ubicando abscisas cada 10 y 100m, y estableciendo las abscisas de inicio y fin de las curvas horizontales (PT, PI, PC).
- Trazado del proyecto vertical, sobre el perfil del terreno natural, de tal forma que no generen un corte o relleno mayor a 30cm y a la vez esté a nivel de los ingresos. En este punto se debe tomar en cuenta el radio y/o longitud de las curvas que deben estar de acuerdo a las normas MTOP. También se tomará en cuenta el nivel de inicio y fin de la carretera ya que como ésta llega a la Autopista es necesario que el perfil vertical llegue a ese nivel con una curva cómoda.

2.6.4. SECCIONES TRANSVERSALES.

Sabiendo el ancho de la sección vial, se definirá un ancho de calzada, cuneta y bordillo, y a su vez el grosor de la capa de sub-base y capa de rodadura que se definirán con el diseño estructural, con lo que se completa el diseño geométrico tridimensional de la carretera.

También se colocarán muros a los costados de la sección con el fin de confinar la vía en sectores donde no existan predios.

2.7. PRESUPUESTO.

Como punto final del diseño es necesario establecer costos, con esto se determinará cuál de los dos diseños es el más factible desde el punto de vista económico. Para establecer las cantidades de obra se tomarán datos del diseño tridimensional de la vía obteniendo volúmenes, áreas y longitudes de la carretera.

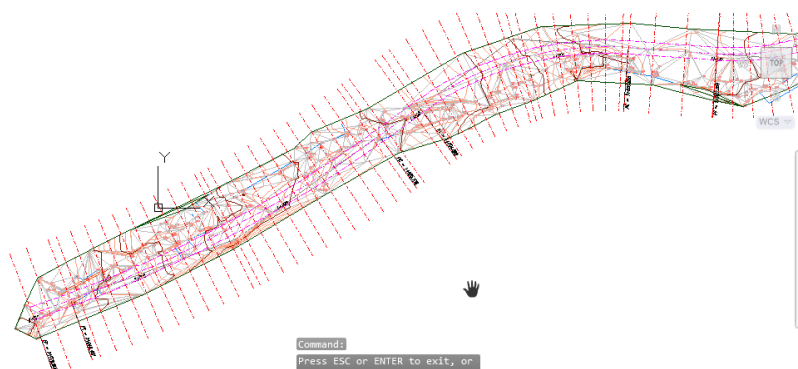
3. APLICACIÓN PRÁCTICA.

El diseño vial está constituido por una serie de factores los mismo que se detallarán a continuación estos factores están especificados en el Marco Metodológico.

3.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.

Los puntos de la vía (bordes, centro) fueron levantados cada 10m aproximadamente, con el fin de obtener una continuidad en la topografía y asegurarnos precisión en las elevaciones.

Gráfico 19. PUNTOS TOPOGRAFICOS DE LA VÍA EN ESTUDIO.



Fuente: (AUTORA., 2018.)

Es muy importante dejar puntos fijos como BM, o estaciones cada uno de ellos debidamente referenciados (2 referencias como mínimo), lo que nos ayudaría en caso de dudas o errores de la topografía o cuando se necesite replantear la zona.

3.1.1. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO.

A lo largo de la vía en estudio se han tomado 5 calicatas, mismas que han sido debidamente analizadas bajo los diferentes ensayos de laboratorio antes mencionados dando como resultado las características presentadas a continuación.

3.1.1. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO.

Gráfico 21. ANÁLISIS DE MUESTRA NÚMERO 1.

RESUMEN DE ENSAYOS REALIZADOS EN LABORATORIO DE LA MUESTRA NÚMERO 1 TOMADA EN LA ABSCISA 0+200 UNA PROFUNDIDAD DE 1m.						
						
PORCENTAJE DE HUMEDAD EN CAMPO:	ANÁLISIS DE LÍMITES ATTERBERG:			ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO.		CBR ALCANZADO EN LA MUESTRA AL 100%:
	L. LÍQUIDO.	L. PLÁSTICO.	L. PLASTICIDAD	DENSIDAD MÁXIMA		
50.38%	57.65%	32.91%	24.75%	HUMEDAD ÓPTIMA	29%	2.15%
DE ACUERDO A LOS DATOS OBTENIDOS EN LABORATORIO, Y MEDIANTE LA CLASIFICACIÓN REALIZADA POR EL MÉTODO SUCS Y AASHTO SE HA CLASIFICADO A LA MUESTRA COMO CH (ARCILLAS DE ALTA PLASTICIDAD).						

Fuente: (AUTORA., 2018)

Gráfico 22. ANÁLISIS DE MUESTRA NÚMERO 2



Fuente: (AUTORA., 2018)

Gráfico 23. ANÁLISIS DE MUESTRA NÚMERO 3.



Fuente: (AUTORA., 2018.)

Gráfico 24. ANÁLISIS DE MUESTRA NÚMERO 4.

RESUMEN DE ENSAYOS REALIZADOS EN LABORATORIO DE LA MUESTRA NÚMERO 4 TOMADA EN LA ABSCISA 1+700 UNA PROFUNDIDAD DE 2.00m.						
						
PO R D E N T A J E D E H U M E D A D E N C A M P O :	A N Á L I S I S D E L Í M I T E S A T T E R B E R G :			E N S A Y O D E P R O C T O R M O D I F I C A D O .		C B R A L C A N Z A D O E N L A M U E S T R A A L 1 0 0 % :
72.57%	L. L Í Q U I D O .	L. P L Á S T I C O .	L. P L A S T I C I D A D	D E N S I D A D M Á X I M A	1273	11.30%
	71.78%	50.87%	20.90%	H U M E D A D Ó P T I M A	36%	
DE ACUERDO A LOS DATOS OBTENIDOS EN LABORATORIO, Y MEDIANTE LA CLASIFICACIÓN REALIZADA POR EL MÉTODO SUCS Y AASHTO SE HA CLASIFICADO A LA MUESTRA COMO CH (ARCILLAS DE ALTA PLASTICIDAD).						

Fuente: (AUTORA., 2018)

Gráfico 25. ANÁLISIS DE MUESTRA NÚMERO 5.



Fuente: (AUTORA, 2018)

De estos valores se debe escoger un valor de manera que, no se sobre dimensione ni se sub dimensione el espesor de la capa de pavimento; por lo tanto, se tomará un percentil del 75% que corresponde a un tránsito aproximado al de la vía a analizar, por lo tanto, se obtiene:

Tabla 29. RESULTADOS CBR.

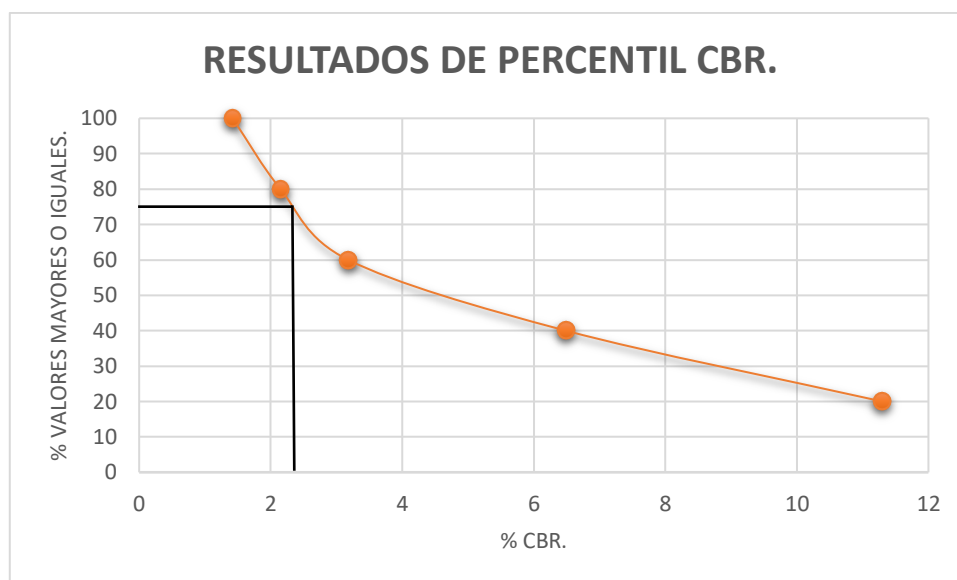
CBR %	VALORES MAYORES O IGUALES.	% VALORES MAYORES O IGUALES.
1.42	5	100
2.15	4	80
3.18	3	60
6.49	2	40
11.3	1	20

Fuente: (AUTORA., 2018.)

- En la primera columna se anotan las cantidades de CBR obtenidos, de menor a mayor según corresponda.
- En la segunda columna, va la cantidad de muestras con CBR mayor o igual al CBR analizado.
- En la tercera columna, se calcula un porcentaje de la columna 2.

De esta tabla se obtiene un gráfico CBR vs % valores mayores o iguales, del mismo determinamos el CBR al 75% como se muestra:

Gráfico 26. RESULTADOS PERCENTIL CBR.



Fuente: (AUTORA., 2018.)

En la tabla se observa que para un 75% se obtiene un CBR aproximado de 2.3%, mismo con el cual se calculará los espesores de las capas de pavimento.

3.1.2. CONTEO DE TRÁFICO.

El análisis de tráfico dentro del diseño de pavimento constituye un pilar fundamental pues a través del mismo se determinará los diferentes espesores de la distribución del espesor de las capas de pavimento, análisis para el diseño geométrico, la clasificación vehicular, el nivel de servicio y además se podrá establecer una evaluación económica y financiera.

Es por ello que se realizó conteos de tráfico diarios en dos puntos de la vía, mismo que se encuentran al principio y al final de la vía; esta medida se ha tomado con el fin de determinar la condición más desfavorable a la cual va a estar bajo la acción de los vehículos que transitaran por ella.

El aforo de los vehículos, se realizó durante una semana corrida, ello con el fin de realizar el cálculo para obtener el tráfico promedio diario semanal y por consiguiente el tráfico promedio diario anual.

Los datos obtenidos durante la semana se muestran a continuación.

Tabla 30. CONTEO VEHICULAR.

TIPO	LUNES:	MARTES:	MIERCOLES:	JUEVES:	VIERNES:	SABADO:	DOMINGO:	TOTAL:	PORCENTAJE:	TPDS:	REDONDEADO:
LIVIANOS.	541	520	536	556	621	638	520	3932	90.54	561.7	562
BUSES.	12	13	13	11	14	14	11	88	2.03	12.6	13
2DA.	26	24	22	28	25	30	14	169	3.89	24.1	24
2DB.	18	18	17	22	20	18	10	123	2.83	17.6	18
2S3.	2	1	2	1	3	5	3	17	0.39	2.4	2
MOTOS.	1	1	5	1	4	2	0	14	0.32	2.0	2
TOTAL.	600	577	595	619	687	707	558	4343	100.00	620.4	621
PORCENTAJE.	13.8	13.3	13.7	14.3	15.8	16.3	12.8	100.0		TPDA	

Fuente: (AUTORA., 2018.)

En la tabla se muestra la composición vehicular, así como el TPD=621 veh/día, ahora se determinará el TPDA:

TPDA.

Para el TPDA utilizamos las siguientes expresiones:

$$TPDA = TPDS \pm K\sigma$$

$$\sigma = \frac{S}{\sqrt{n}} \times \sqrt{\frac{N-n}{N-1}}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TD_i - TPDS)^2}{n-1}}$$

El análisis se realizó para cada tipo de vehículo donde:

K = Se toma como 1.64 y corresponde al número de desviaciones estándar que corresponden un nivel de confiabilidad deseado.

Gráfico 27. NÚMERO DE DESVIACIONES ESTÁNDAR.

Nivel de Confiabilidad (%)	K
89.6	1.5
90.0	1.64
95.0	1.96
96.0	2.0
98.1	2.5

Fuente: (AUTORA., 2018.)

Analizando cada tipo de vehículo se tiene:

Tabla 31. RESULTADO TPDA VEHICULOS LIVIANOS.

<u>LIVIANOS</u>					
DIA	TD	TPDS	K	S	σ
LUNES:	541	562	1.64	48.20	18.066183
MARTES:	520				
MIERCOLES:	536				
JUEVES:	556				
VIERNES:	621				
SABADO:	638				
DOMINGO:	520				

Fuente: (AUTORA., 2018.)

Tabla 32. RESULTADO TPDA BUSES.

<u>BUSES</u>					
DIA	TD	TPDS	K	S	σ
LUNES	12	13	1.64	1.35	0.5075309
MARTES	13				
MIERCOLES	13				
JUEVES	11				
VIERNES	14				
SABADO	14				
DOMINGO	11				

Fuente: (AUTORA., 2018.)

Tabla 33. RESULTADO TPDA 2DA CAMIÓN LIVIANO.

<u>2DA CAMION LIVIANO</u>					
DIA	TD	TPDS	K	S	σ
LUNES	26	24	1.64	5.18	1.941687
MARTES	24				
MIERCOLES	22				
JUEVES	28				
VIERNES	25				
SABADO	30				
DOMINGO	14				

Fuente: (AUTORA., 2018)

Tabla 34. RESULTADO TPDA 2DB.

<u>2DB</u>					
DIA	TD	TPDS	K	S	σ
LUNES	18	18	1.64	3.76	1.4108331
MARTES	18				
MIERCOLES	17				
JUEVES	22				
VIERNES	20				
SABADO	18				
DOMINGO	10				

Fuente: (AUTORA., 2018)

Tabla 35. RESULTADO TPDA 2S3.

<u>2S3</u>					
DIA	TD	TPDS	K	S	Σ
LUNES	2	2	1.64	1.47	0.5517443
MARTES	1				
MIERCOLES	2				
JUEVES	1				
VIERNES	3				
SABADO	5				
DOMINGO	3				

Fuente: (AUTORA., 2018.)

Tabla 36. RESULTADO TPDA MOTOS.

<u>MOTOS</u>					
DIA	TD	TPDS	K	S	Σ
LUNES	1	2	1.64	1.83	0.6843546
MARTES	1				
MIERCOLES	5				
JUEVES	1				
VIERNES	4				
SABADO	2				
DOMINGO	0				

Fuente: (AUTORA., 2018)

En resumen, la composición vehicular del TPDA de la vía será:

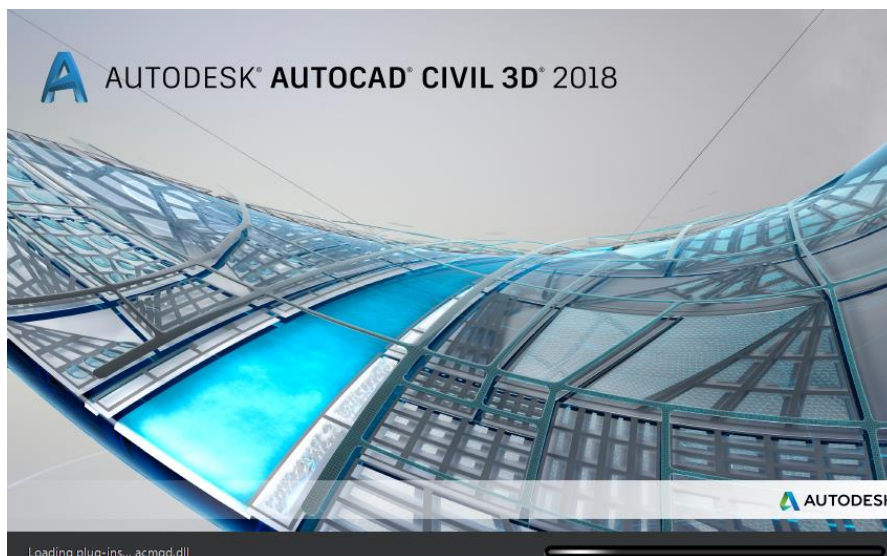
Tabla 37. RESULTADO TOTAL TPDA.

TIPO	# VEHICULOS	PORCENTAJE.
LIVIANOS	562.0	90.54
BUSES	13.0	2.03
2DA	24.0	3.89
2DB	18.0	2.83
2S3	2.0	0.39
MOTOS	2.0	0.32
TOTAL	621.0	100.0
TPD=		621.0

Fuente: (AUTORA., 2018.)

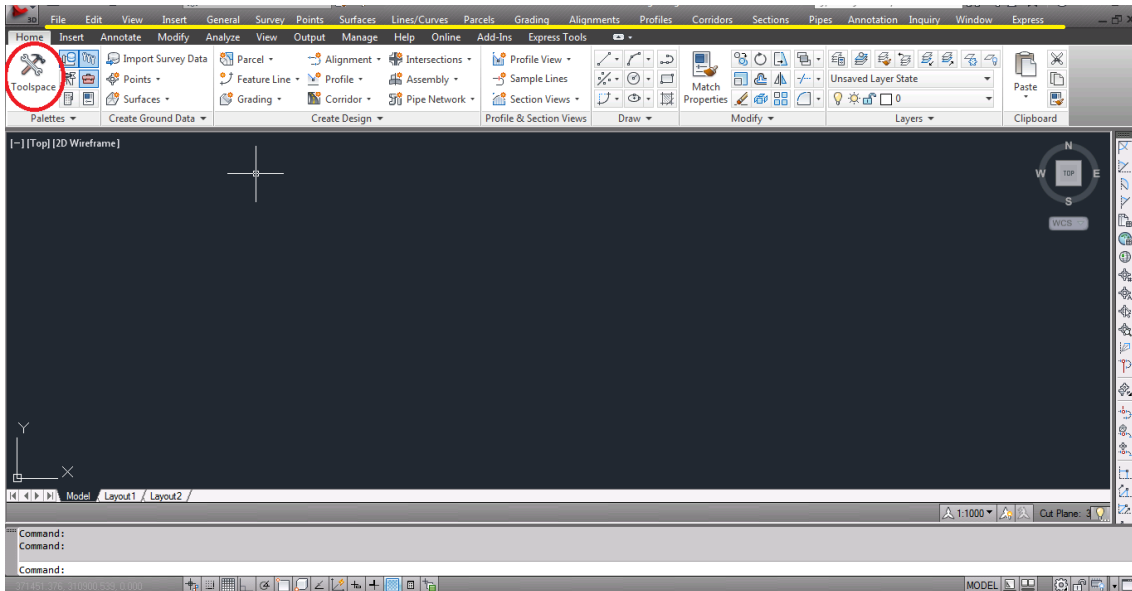
3.1.3. DISEÑO GEOMETRICO APLICACIÓN CIVIL 3D.

Gráfico 28. AUTOCAD CIVIL 3D 2018.



Fuente: (AUTODESK, 2018)

El análisis y manejo de la interfaz de Civil 3D 2018, se detalla a continuación tal como se muestra en la figura:



TOOLSPACE: *Toolspace* Dentro del mismo se encuentran diferentes opciones y ciertos comandos que se hallan también en la barra de herramientas, en las cuales se puede hacer modificaciones a los diferentes elementos que intervienen en un diseño geométrico.

Barra de herramientas: Dentro de esta barra, se encuentran todos los comandos que intervienen en el diseño geométrico vial, todo lo que se refiere a diseño geométrico horizontal, Vertical y Movimiento de tierras y/o cubicación.

A continuación, se detallará cada uno de los comandos, siguiendo una secuencia básica para diseño geométrico.

INGRESO DE DATOS.

- **CREACIÓN DE PUNTOS:**

Uno de los beneficios que brinda el programa, es la creación de puntos con coordenadas norte, este y elevación, es decir puntos con coordenadas en 3 dimensiones.

A través de la herramienta POINTS se pueden generar puntos a partir de una lista de puntos en formato txt, csv. Los mismos que pueden tener un formato como se muestra en el recuadro siguiente:

Tabla 38. COORDENADAS - INGRESO DE DATOS.

PTO	X	Y	Z	ATRIBUTOS
A1	9000000	700000	3033	
1	8999998.42	699991.402	3033.015	
AX1	8999961.89	700010.465	3032.674	
A2	8999814.62	700004.143	3020.951	
5	9000004.49	699985.048	3033.042	V
6	8999997.6	699990.447	3032.956	V
7	9000004.11	699985.456	3032.919	V
8	8999997.85	699989.736	3032.83	V
9	8999997.54	699977.633	3032.696	V
10	8999990.32	699982.711	3032.623	V
11	8999997.14	699978.122	3032.59	V
12	8999988.8	699968.322	3032.179	V
13	8999988.4	699968.736	3032.042	V

Fuente: (AUTORA., 2018)

En la barra de herramientas, se ubica POINTS y se despliega una lista de opciones, se selecciona IMPORT/EXPORT POINTS, se vuelve a desplegar otra lista y escogemos IMPORT POINTS.


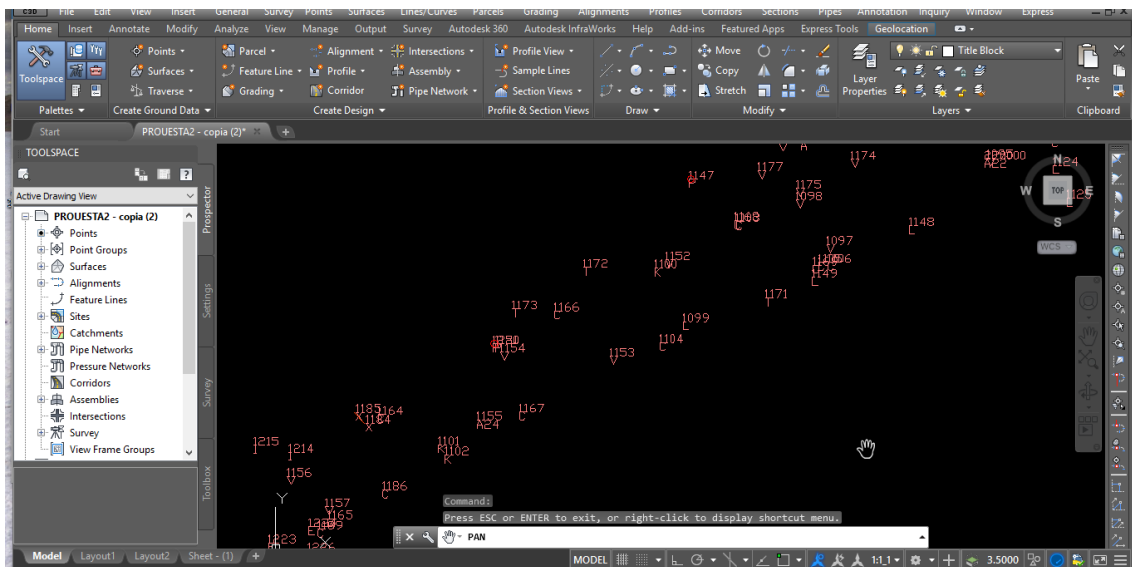
En el cual en la primera ventana se selecciona el icono  y escogemos el archivo en los formatos admisibles, en la siguiente ventana seleccionamos el formato del archivo el cual se quiere cargar, en este caso PNEZD (punto,norte,este,elevación,descripción), posteriormente se crea un grupo de puntos llamado PUNTOS TOPOGRAFICOS, y pulsamos en OK, de esta manera están ya creados los puntos con coordenadas en 3D. para finalmente obtener una lluvia de puntos tal como se muestra a continuación:

Gráfico 29. PUNTOS TOPOGRÁFICOS.

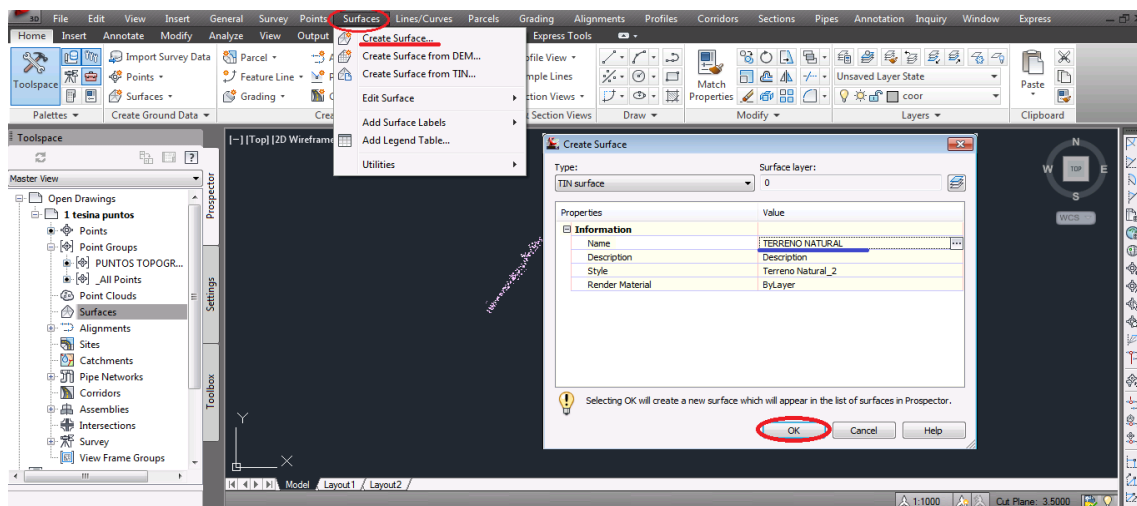


Fuente: (AUTORA., 2018)

- **CREACIÓN DE SUPERFICIES.**

En la barra de herramientas, ubicamos **SURFACES** y se despliega una lista con opciones, en la misma seleccionamos **CREATE SURFACE**, desplegándose una ventana en la cual le nombramos a nuestra superficie como **TERRENO NATURAL**. Luego pulsamos en **OK**.

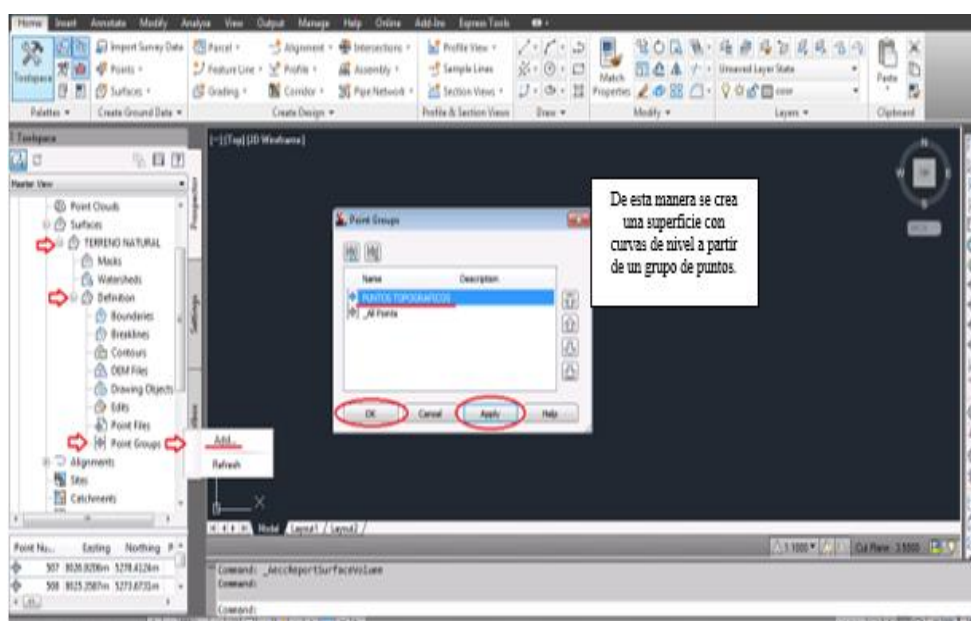
Gráfico 30 CREACIÓN DE SUPERFICIES (CURVAS DE NIVEL)



Fuente: (AUTORA., 2018)

Ingresamos en el **TOOLSPACE**, desplegamos **SURACES**, dentro de este volvemos a desplegar una opción llamada **DEFINITION**, posteriormente seleccionamos la opción **POINT GROUPS**, hacemos clic con el botón derecho y seleccionamos **ADD**, nos aparece un cuadro de diálogo dentro del mismo seleccionamos el grupo de puntos creados anteriormente llamado **PUNTOS TOPOGRAFICOS**. Y pulsamos **OK**.

Gráfico 31. ADICIÓN DE PUNTOS A LA SUPERFICIE.

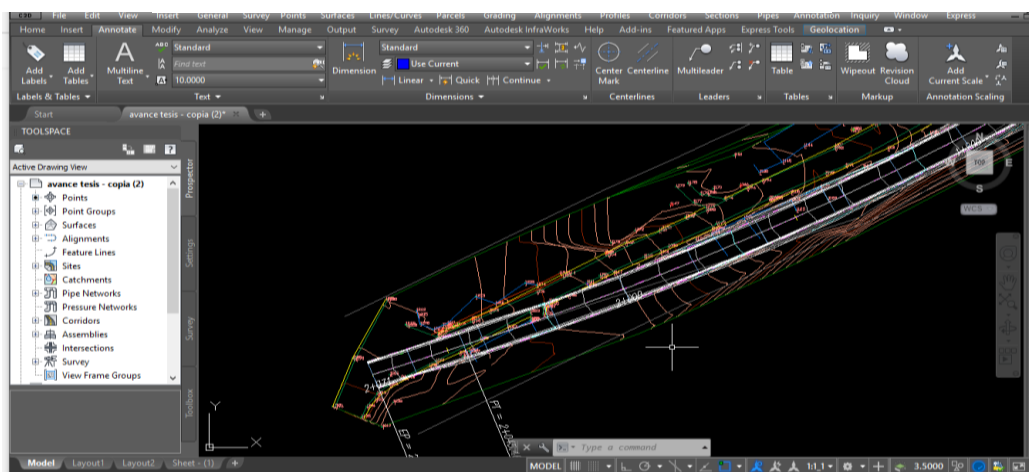


Fuente: (AUTORA, 2018)

- **GRÁFICO FINAL DE TOPOGRAFÍA, PREDIOS Y ESTADO ACTUAL DEL ÁREA DE PROYECTO.**

En la imagen siguiente podemos apreciar la gráfica final en cuanto a topografía se refiere, detallando en el programa los puntos en un formato que contiene nombre y descripción, para facilitar la interpretación del dibujo planimétrico del proyecto. A partir de la topografía ya lista, se procede al diseño geométrico horizontal en planta.

Gráfico 32. ESTADO ACTUAL DEL ÁREA DE PROYECTO.



Fuente: (AUTORA., 2018)

3.1.3.1. DISEÑO GEOMÉTRICO.

Para iniciar el diseño geométrico se deben establecer parámetros de diseño de entre los cuales se debe tomar en cuenta los siguientes:

- **TIPO DE CARRETERA:**

Carretera clase III, de acuerdo con el TPDA entre 300 y 1000 V/D, con dos carriles uno por sentido. De los cuales se desprenden los datos siguientes:

Tabla 39. PARÁMETROS DE DISEÑO.

Parámetros	Recomendable	Mínima
V diseño (Km/h)	60	40
Radio mínimo curvas horizontales (m)	110	42
Peralte	10 - 8 %	
Coeficiente K		
Curvas verticales convexas	12	4
Curvas verticales cóncavas	13	6

Fuente: (AUTORA., 2018)

Tal como se muestra en la gráfica siguiente:

Gráfico 33. VALORES DE DISEÑO RECOMENDADO PARA VIAS DE DOS CARRILES.

NORMAS	CLASE I 3 000 - 8 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE II 1 000 - 3 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE III 300 - 1 000 TPDA ⁽¹⁾						CLASE IV 100 - 300 TPDA ⁽¹⁾						CLASE V MENOS DE 100 TPDA ⁽¹⁾											
	RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA			RECOMENDABLE			ABSOLUTA								
	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M	LL	O	M			
Velocidad de diseño (K.P.H.)	110	100	80	100	80	60	100	90	70	90	80	50	90	80	60	80	60	40	80	60	50	60	35	25 ⁽²⁾	60	50	40	50	35	25 ⁽²⁾	60	50	40	50	35	25 ⁽²⁾
Radio mínimo de curvas horizontales (m)	430	350	210	350	210	110	350	275	160	275	210	75	275	210	110	210	110	42	210	110	75	110	30	20	110	75	42	75	50	20 ⁽³⁾	75	50	20 ⁽³⁾			
Distancia de visibilidad para parada (m)	180	160	110	160	110	70	160	135	90	135	110	55	135	110	70	110	70	40	110	70	55	70	35	25	70	55	40	55	35	25	55	35	25			
Distancia de visibilidad para rebasamiento (m)	830	690	565	690	565	415	690	640	490	640	565	345	640	565	415	565	415	270	480	290	210	290	150	110	290	210	150	210	150	110	210	150	110			
Peralte	MAXIMO = 10%												10% (Para V > 50 K.P.H.) 8% (Para V < 50 K.P.H.)																							
Coefficiente "K" para: ⁽²⁾																																				
Curvas verticales convexas (m)	80	60	28	60	28	12	60	43	19	43	28	7	43	28	12	28	12	4	28	12	7	12	3	2	12	7	4	7	3	2	7	3	2			
Curvas verticales cóncavas (m)	43	38	24	38	24	13	38	31	19	31	24	10	31	24	13	24	13	6	24	13	10	13	5	3	13	10	6	10	5	3	10	5	3			
Gradiente longitudinal ⁽⁴⁾ máxima (%)	3	4	6	3	5	7	3	4	7	4	6	8	4	6	7	6	7	9	5	6	8	6	8	12	5	6	8	6	8	14	6	8	14			
Gradiente longitudinal ⁽⁴⁾ mínima (%)	0,5%																																			
Ancho de pavimento (m)	7,3			7,3			7,0			6,70			6,70			6,00			6,00						4,00 ⁽⁵⁾											
Clase de pavimento	Carpeta Asfáltica y Hormigón						Carpeta Asfáltica						Carpeta Asfáltica o D.T.S.B.						D.T.S.B, Capa Granular o Empedrado						Capa Granular o Empedrado											
Ancho de espaldones ⁽³⁾ estables (m)	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	3,0	2,5	2,0	2,5	2,0	1,5	2,0	1,5	1,0	1,5	1,0	0,5	0,60 (C.V. Tipo 6 y 7)						---											
Gradiente transversal para pavimento (%)	2,0						2,0						2,0						2,5 (C.V. Tipo 6 y 7) 4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						4,0											
Gradiente transversal para espaldones (%)	2,0 ⁽⁶⁾ - 4,0						2,0 - 4,0						2,0 - 4,0						4,0 (C.V. Tipo 5 y 5E)						---											
Curva de transición	USENSE ESPIRALES CUANDO SEA NECESARIO																																			
Puentes	Carga de diseño HS - 20 - 44; HS - MOP; HS - 25																																			
	Ancho de la calzada (m) SERA LA DIMENSION DE LA CALZADA DE LA VIA INCLUIDOS LOS ESPALDONES																																			
	Ancho de Aceras (m) ⁽⁷⁾ 0,50 m mínimo a cada lado																																			
Mínimo derecho de vía (m)	Según el Art. 3º de la Ley de Caminos y el Art. 4º del Reglamento aplicativo de dicha Ley																																			
LL = TERRENO PLANO O = TERRENO ONDULADO M = TERRENO MONTANOSO																																				

Fuente: (AUTORA, 2018)

Luego de definir los componentes y parámetros se procede al diseño geométrico horizontal

3.1.3.1.1. DISEÑO GEOMETRICO HORIZONTAL.

- RADIO MÍNIMO:**

A través de la formula siguiente determinamos el radio mínimo a usarse para el proyecto.

$$R_{min} = \frac{(V_{dis})^2}{127(e + f)}$$

Vel. Dis. (Km/h)	Coef. de fricción lateral	e. max	R. de Calculo. (m)	R. Mín. (m)
40	0.223	0.08	41.58	42

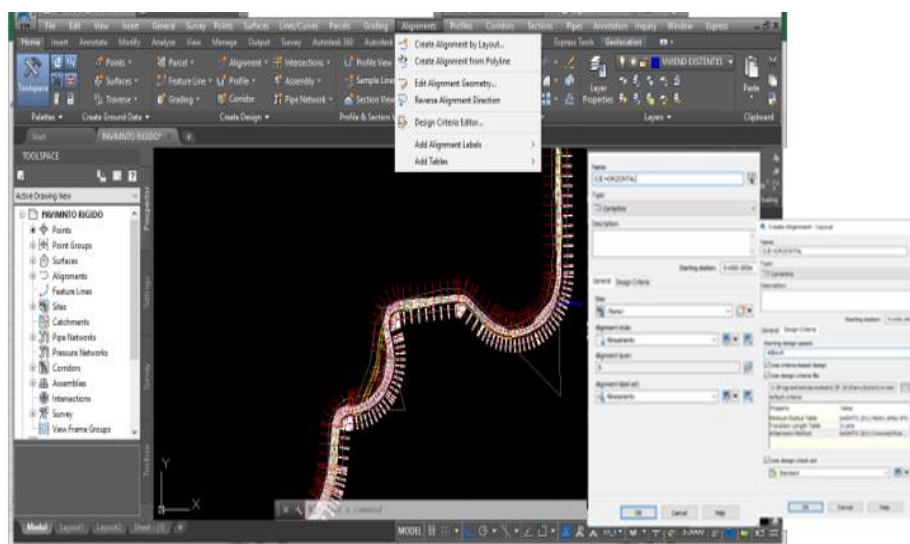
Por lo tanto, el radio mínimo a usarse es 42Km/h.

3.1.3.1.1.1. ALINEAMIENTOS.

Se crea una poli-línea (comando básico de AutoCAD) la cual debe ser el eje del trazado geométrico horizontal. A partir de esta se creará un alineamiento.

En la barra de herramientas, ubicamos **ALIGNMENTS** y se despliega una lista con opciones, en la misma seleccionamos **Create Alignment from Polyline**, posteriormente se marca la poli-línea que se quiere convertir en alineamiento se presiona enter y luego se despliega un cuadro de diálogo donde al mismo le nombramos como **EJE HORIZONTAL**, se da un clic en la pestaña **Dessing Criteria**, en la cual se ingresa la velocidad de diseño, la misma que se asumió de acuerdo a la Normativa Ecuatoriana MTOP 2003 luego se selecciona la normativa existente dentro del programa a aplicar o se puede guiar con la normativa haciendo cumplir de manera manual los criterios de diseño.

Gráfico 34. CREACIÓN DE ALINEAMIENTOS.



Fuente: (AUTORA., 2018)



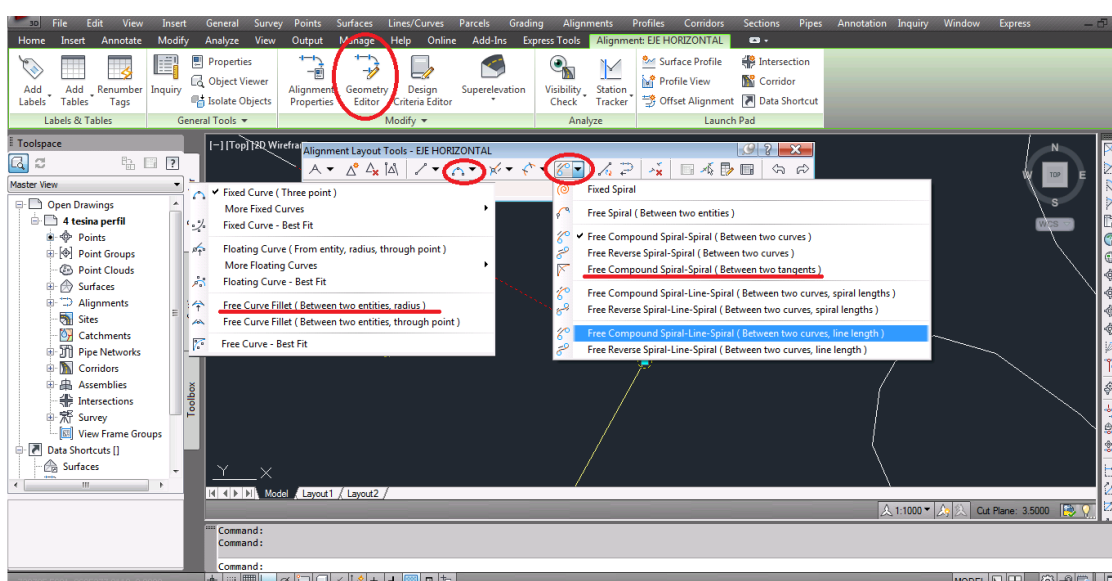
Para construir una curva se selecciona el Alineamiento y aparece en el **RIBBON** la opción **GEOMETRY EDITOR**, donde existe una barra (como se muestra en la figura siguiente, encerradas en un círculo) la opción para crear una curva circular simple  en la cual se escoge la opción Free Curve Fillet y para curva espiral  en el icono mostrado, en el cual escogemos free compound Spiral-Spiral. Y se selecciona la curva que mejor se acople a la topografía y nos brinde el mejor trazado geométrico del proyecto, cumpliendo siempre con la normativa.

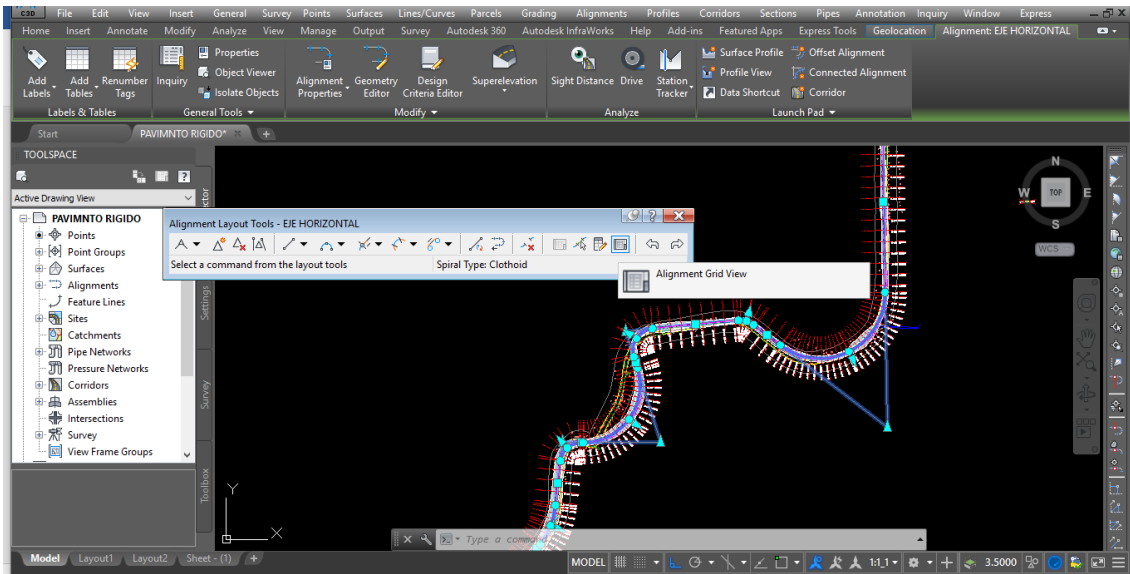
Gráfico 35. CREACIÓN DE CURVAS.



Fuente: (AUTORA., 2018)

Seguidamente para la modificación de los radios en las curvas o a su vez para verificar su magnitud, dirección entre otros parámetros es necesario seleccionar el eje de la vía para que una vez que este marcado hacemos clic derecho sobre el eje, y se nos despliega una ventana en la que escogemos la opción **ALIGNMENT GRID VIEW**, tal como se muestra en la figura a continuación.

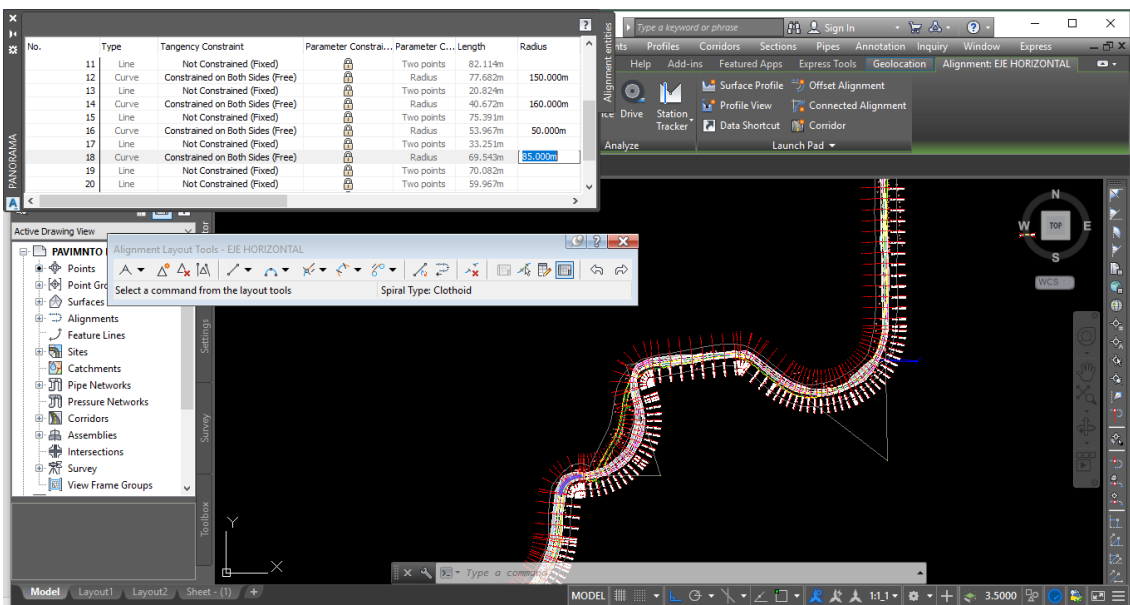
Gráfico 36. ANÁLISIS DE LAS CURVAS HORIZONTALES.



Fuente: (AUTORA, 2018)

Con la elección de la pestaña mostrada en la figura anterior se despliega una ventana en la cual podemos modificar los radios, además de consultar algunos datos tales como la abscisa del punto inicial y final de la curva, la longitud de curva, entre otros. Mostrada en la figura a continuación.

Gráfico 37. ELEMENTOS DE LAS CURVAS HORIZONTALES.

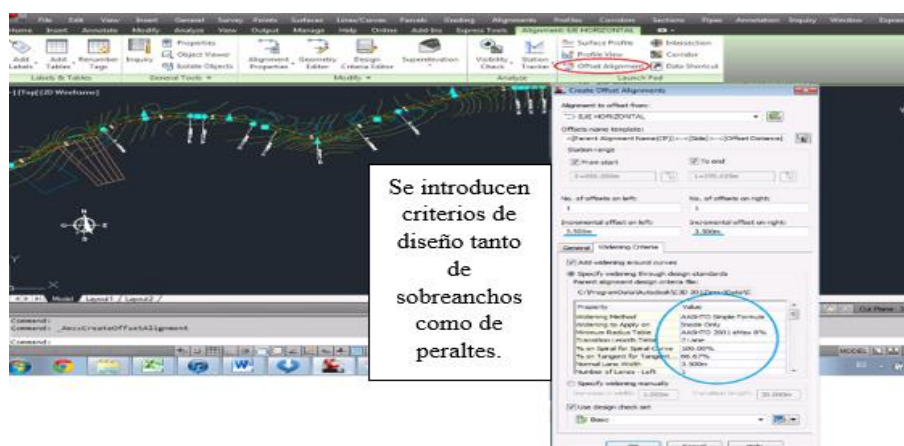


Fuente: (AUTORA., 2018)

3.1.3.1.1.2. SOBREANCHOS Y PERALTES.

Para editar Sobreanchos y peraltes es necesario construir ejes paralelos al alineamiento principal. Para el cual usamos la opción offset alignment, clickeamos en dicha opción y aparece un cuadro de diálogo en la cual podemos ingresar la longitud a la cual se necesitan los ejes paralelos, para este caso 3.5m, ya que se proyectó la vía con una calzada de este ancho. Luego se procede a seleccionar la pestaña **widening Criteria** en el cual colocamos tics de acuerdo a la imagen mostrada a continuación. Y colocamos los criterios de diseño tanto de sobreancho como los de peralte.

Gráfico 38. CREACIÓN DE EJES PARALELOS.



Fuente: (AUTORA., 2018)

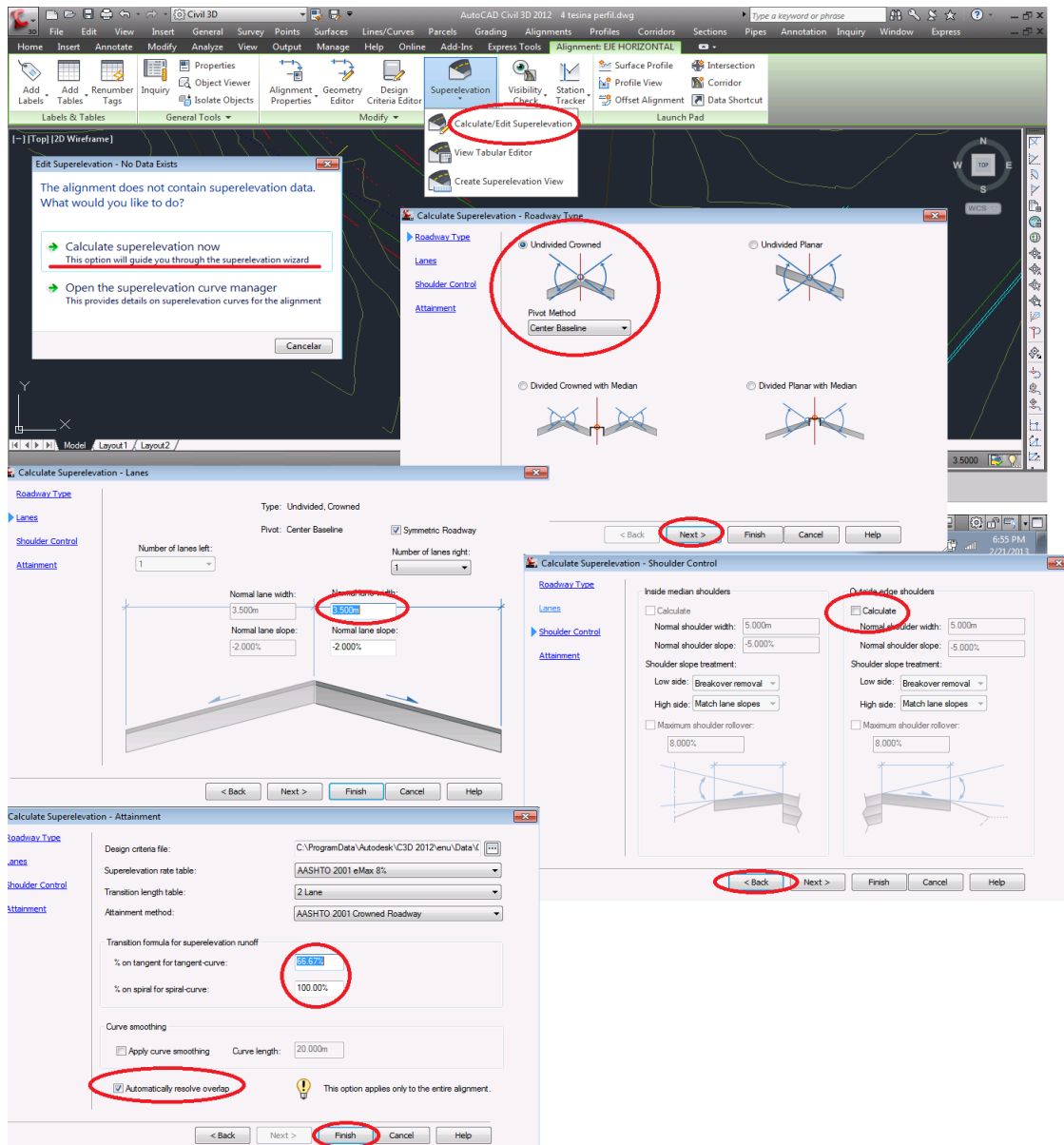
Para este proyecto se ha seleccionado un peralte máximo de **8%** el mismo que en espirales se transicionará **100%** adentro de la curva y para el caso de curvas circulares un **66.667%** dentro de la curva y el restante fuera de ella.

- **PERALTE:**

Para editar el peralte, se procede de la siguiente manera, seleccionamos el alineamiento principal y en el **RIBBON** aparece el icono **SUPERELEVATION** el cual

pulsamos y se despliega una lista de sub-opciones, en la cual seleccionamos **Calculate/edit Superelevation**.

Gráfico 39. CREACIÓN DE PERALTES.



Fuente: (AUTORA., 2018)

- **SOBREANCHOS.**

Para determinar el Sobreancho de una calzada es necesario conocer aspectos y características tanto de la vía como de los vehículos que transitarán la zona, tales como:

- Número de carriles por sentido: **n = 1**

- Longitud desde la parte frontal hasta la rueda posterior de un vehículo tipo: $L = 7\text{m}$.
- Velocidad de diseño: $V_{\text{dis}} = 40\text{Km/h}$

A través de la fórmula siguiente se calculan los sobre anchos para cada curva dependiendo de su radio:

$$S = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + V / (10\sqrt{R})$$

De la fórmula se obtienen los datos siguientes de Sobreancho:

Tabla 40. VALORES DE SOBREANCHO.

CURVA	RADIO (m).	SOBREANCHO CALCULADO
1	120	0.56
2	42	1.20
3	42	1.20
4	105	0.62
5	42	1.20
6	150	0.49
7	160	0.46
8	50	1.05
9	85	0.72
10	150	0.49
11	800	0.17

Fuente: (AUTORA., 2018)

Se selecciona los alineamientos paralelos ya creados anteriormente; respectivamente en cada curva interior a la cual se le quiere adherir un Sobreancho e insertamos y/o seleccionamos los valores de sobre ancho para cada curva dependiendo de su radio y según la normativa.

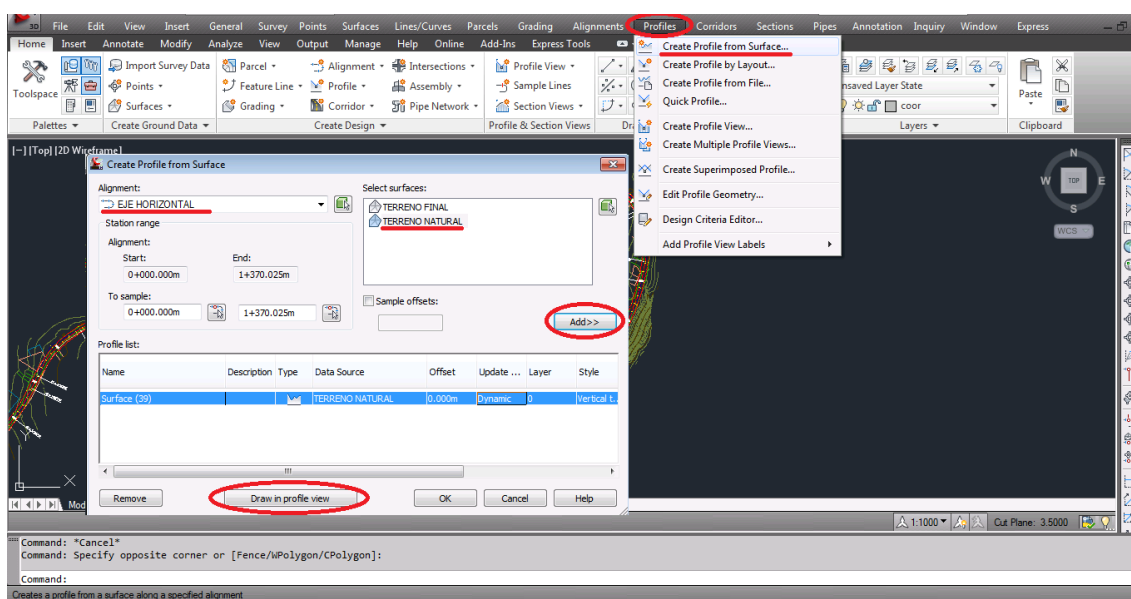
El sobreancho se ingresa manualmente ya que en la normativa ecuatoriana este criterio difiere de los criterios de AASHTO.

3.1.3.1.2. DISEÑO GEOMÉTRICO VERTICAL.

- **CREACIÓN DEL PERFIL VERTICAL DEL TERRENO NATURAL:**

En la barra de herramientas, ubicamos **PROFILES** y aparece una lista con opciones, en la misma seleccionamos **CREATE PROFILE FROM SURFACE**, nos sale un cuadro de diálogo en el cual se selecciona el alineamiento el cual se quiere plasmar en un perfil para el caso actual el alineamiento es EJE HORIZONTAL y la superficie que se toma como referencia es **TERRENO NATURAL**. Luego pulsamos en **ADD**. Posteriormente **Create profile view**.

Gráfico 40. CREACIÓN DEL PERFIL DE TERRENO NATURAL.



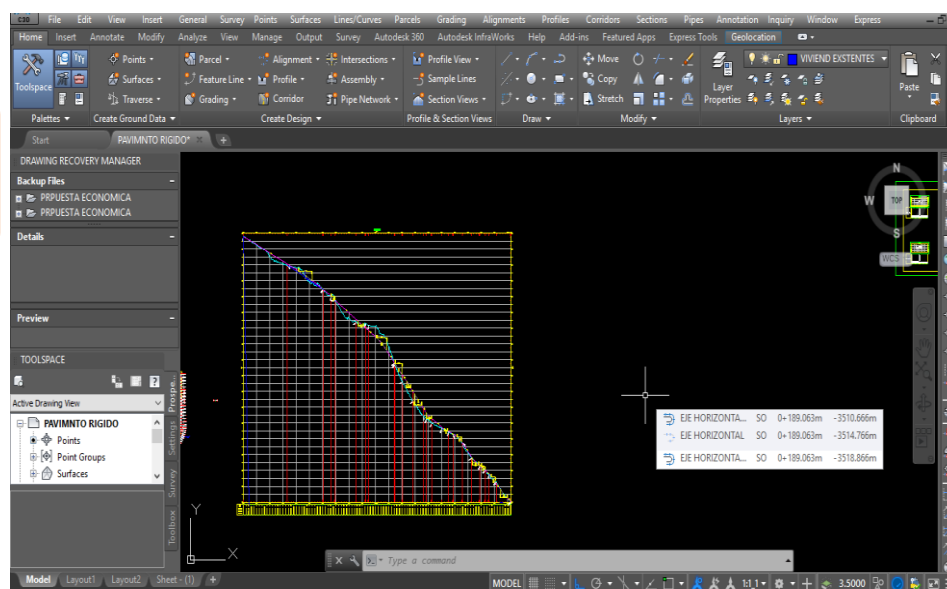
Fuente: (AUTORA., 2018)

Como resultado de la creación del perfil del terreno natural conjuntamente con el alineamiento horizontal, se observa la figura siguiente:

Gráfico 41. PERFIL NATURAL DEL TERRENO.

SIMBOLOGÍA:

Perfil natural del terreno.



Fuente: (AUTORA, 2018)

3.1.3.1.2.1. CREACIÓN DEL PERFIL VERTICAL DEL PROYECTO.

En la barra de herramientas, se ubica nuevamente **PROFILES** y se despliega una lista con opciones, en la misma se escoge **CREATE PROFILE BY LAYOUT**, clickeamos el perfil anteriormente creado, para desplegar una ventana, en la cual nombramos al proyecto como **PROYECTO VERTICAL**. Luego pulsamos en la pestaña Dessing Criteria colocamos ticks de diseño AASHTO 2001 consecutivamente **OK**.

Seguidamente aparece una barra con opciones para el diseño en el cual se elige




dentro de la misma existe tres opciones de las cuales se opta por Curve Setings, donde se ingresa los valores mínimos para diseño de acuerdo a la normativa MTOP 2003.

Tabla 41. VALORES DE DISEÑO.

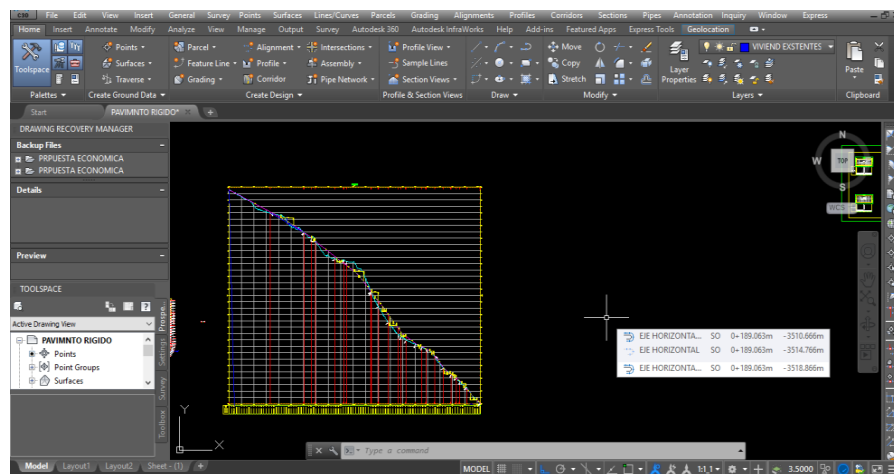
Parámetros de Diseño Vertical	Recomendable	Mínima
Coefficiente K		
Curvas verticales convexas	12	4
Curvas verticales cóncavas	13	6

Fuente: (AUTORA, 2018)

Existen también varias opciones para editar curvas parabólicas que se pueden emplear en diseño geométrico vertical, dentro de los principales tenemos la opción para curvas verticales parabólicas . Dentro de la misma existe una gran variedad de modos de construirlas.

Se procede a graficar la geometría luego de haber seleccionado en el primer icono y en el cual consta el comando **Draw Tangents With Curves** ya que las curvas se graficarán de manera automática debido a que se seleccionó los valores mínimos de K anteriormente. En la gráfica se muestra el perfil vertical ya concluido pudiendo el mismo reeditarse al proceder con las opciones anteriormente descritas.

Gráfico 42. PERFIL VERTICAL DEL TERRENO



SIMBOLOGÍA:

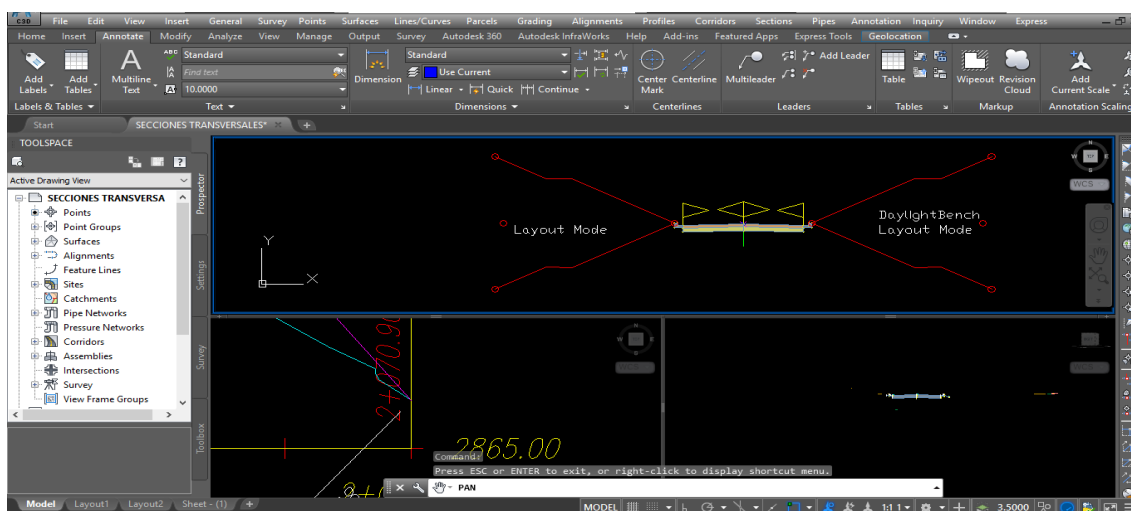
Perfil vertical
del terreno.

Fuente: (AUTORA., 2018)

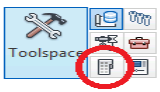
3.1.3.2. SECCIONES TRANSVERSALES TÍPICAS.

Veamos la creación de la sección típica y el uso de la herramienta ASSEMBLY. En la barra de herramientas, ubicamos **CORRIDORS** y se extiende una lista con opciones, en la misma seleccionamos **CREATE ASSEMBLY**, y se nombra a la sección típica como **SECCION TIPICA 1**. Luego pulsamos en **OK**.

Gráfico 43. CREACIÓN DE SECCIÓN TÍPICA.



Fuente: (AUTORA., 2018)

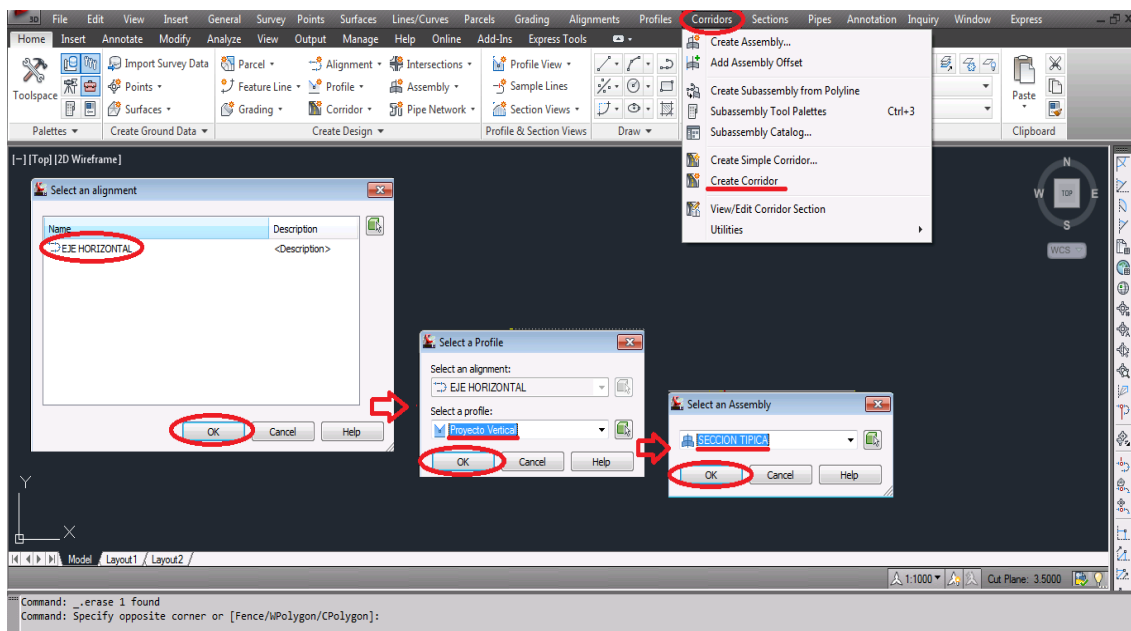
Posteriormente se selecciona el icono  ubicado cerca del **TOOLSPACE** dentro del mismo existen varias opciones para la creación de Secciones típicas, en el Caso presente se escogió un **BASIC ASSEMBLY** mismo que contiene elementos básicos de una vía. Dando como resultado la sección típica mostrada en la figura anterior.

3.1.3.2.1. CORRIDOR.

Ahora vemos la modelación, mediante el uso de la herramienta **CORRIDOR**. En la barra de herramientas, ubicamos **CORRIDORS** y aparece una lista con opciones, en la misma seleccionamos **CREATE CORRIDOR**, nos sale un cuadro de diálogo para

seleccionar parámetros de modelación o referencias que tomará en cuenta el programa, tales como, el alineamiento horizontal para el caso aquí presente se selecciona **EJE HORIZONTAL**, perfil vertical el mismo que es **PROYECTO VERTICAL** y la sección típica que tomará como referencia para la modelación de la Vía para el caso **SECCION TIPICA 1**. Luego pulsamos en **OK**.

Gráfico 44. CREACIÓN DE CORREDOR.



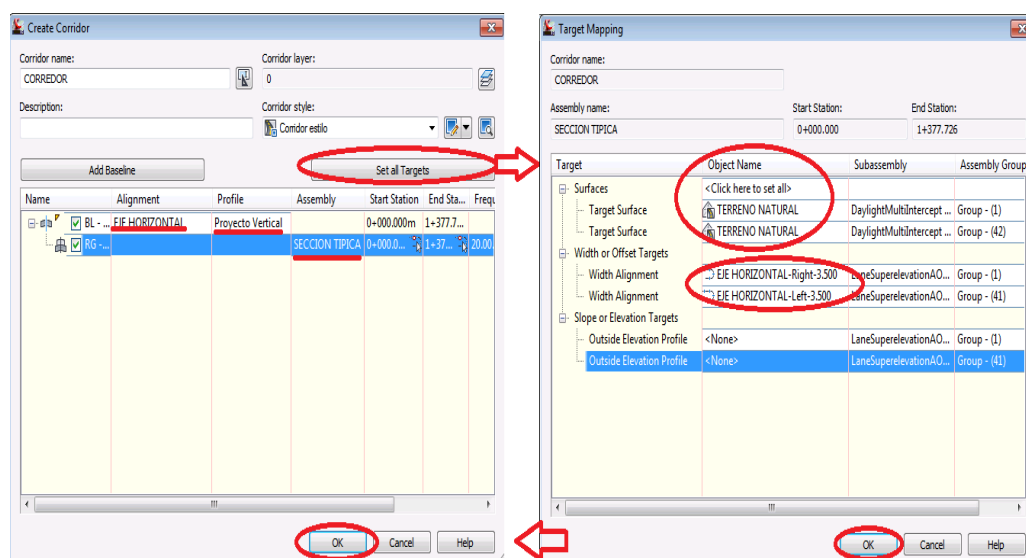
Fuente: (AUTORA, 2018)

Posteriormente se adhiere otros parámetros de referencia tales como:

- **TERRENO NATURAL:**

Mismo sobre el cual se implantará y asentará la infraestructura vial. Y los Alineamientos paralelos al eje principal, mismos que contienen los sobranchos y peraltes especificados y calculados anteriormente. Luego se pulsa **OK**.



Gráfico 45. PARAMETROS ADICIONALES.

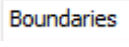


Fuente: (AUTORA., 2018)

- **CREACIÓN DE LA SUPERFICIE DEL CORREDOR.**

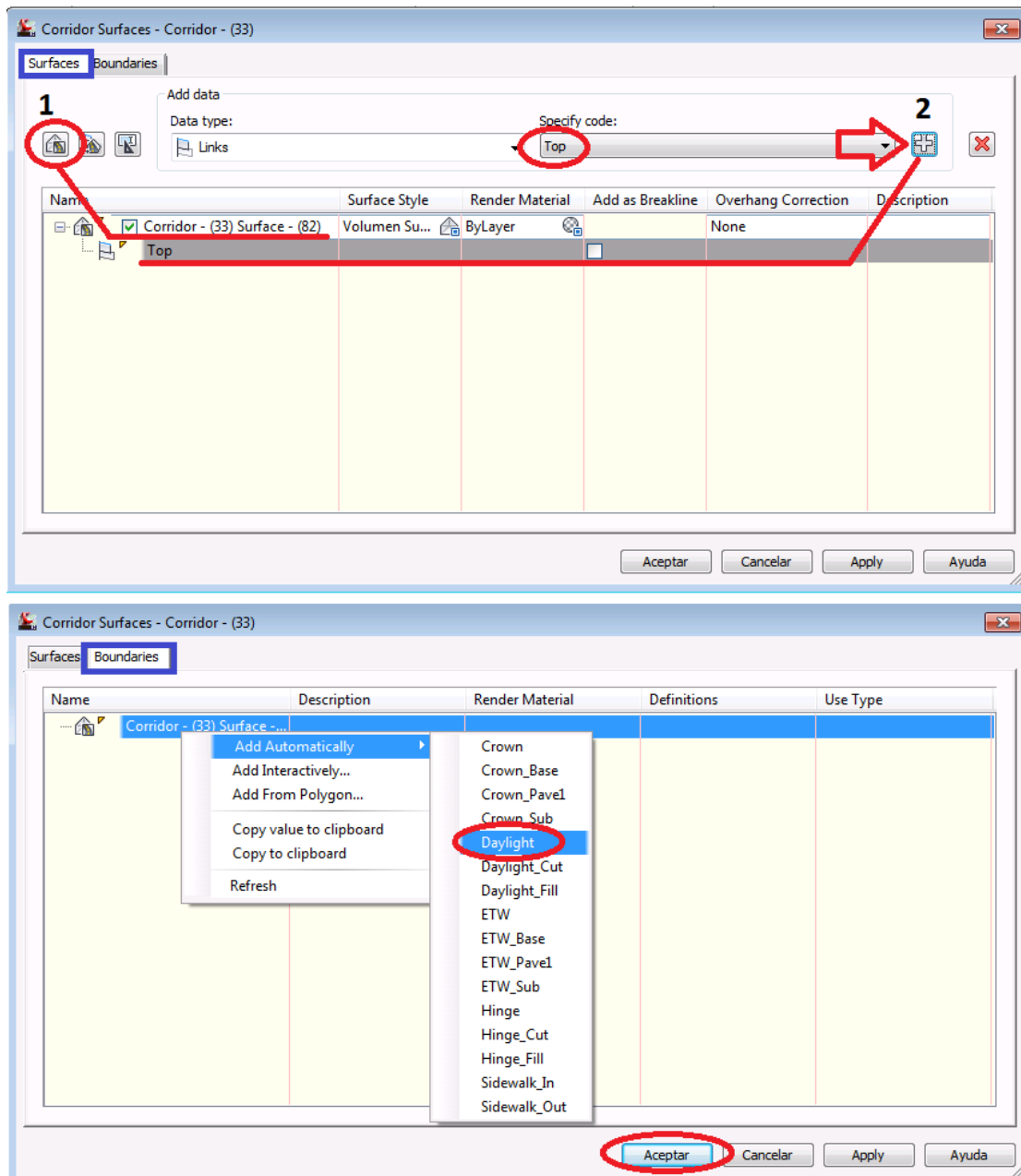
Se da clic en el corredor creado ya, en el RIBBON aparecen las opciones del CORRIDOR, en donde se encuentra marcada la opción para crear la superficie del corredor, se pulsa en esta opción y posteriormente aparece un cuadro en el cual se encuentran las opciones para la creación del mismo.

Como se observa en la gráfica siguiente, en el cuadro de diálogo pulsamos en el icono  y luego en el  las cuales nos sirven para definir parámetros de reconocimiento del programa para la construcción de la superficie.

En la pestaña  se encuentran las opciones para dar los límites de la superficie en la cual procedemos de la siguiente manera:

Click derecho en el texto CORRIDOR y se despliega una lista en la cual marcamos ADD AUTOMATICALLY y se vuelve a desplegar una nueva lista donde escogemos la opción DAYLIGHT, la misma que reconoce como límites de cortes y rellenos.

Gráfico 46. PARÁMETROS DE CREACIÓN.



Fuente: (AUTORA., 2018)

3.1.3.3. CREACION DE SECCIONES TRANSVERSALES.

En la barra de herramientas seleccionamos en **Create Sample Lines** y nos aparece un cuadro de opciones, el cual nombramos como **SECCIONES TRANSVERSALES**, colocamos un **TICK** en los elementos que se quiere tomar en cuenta como se muestra en


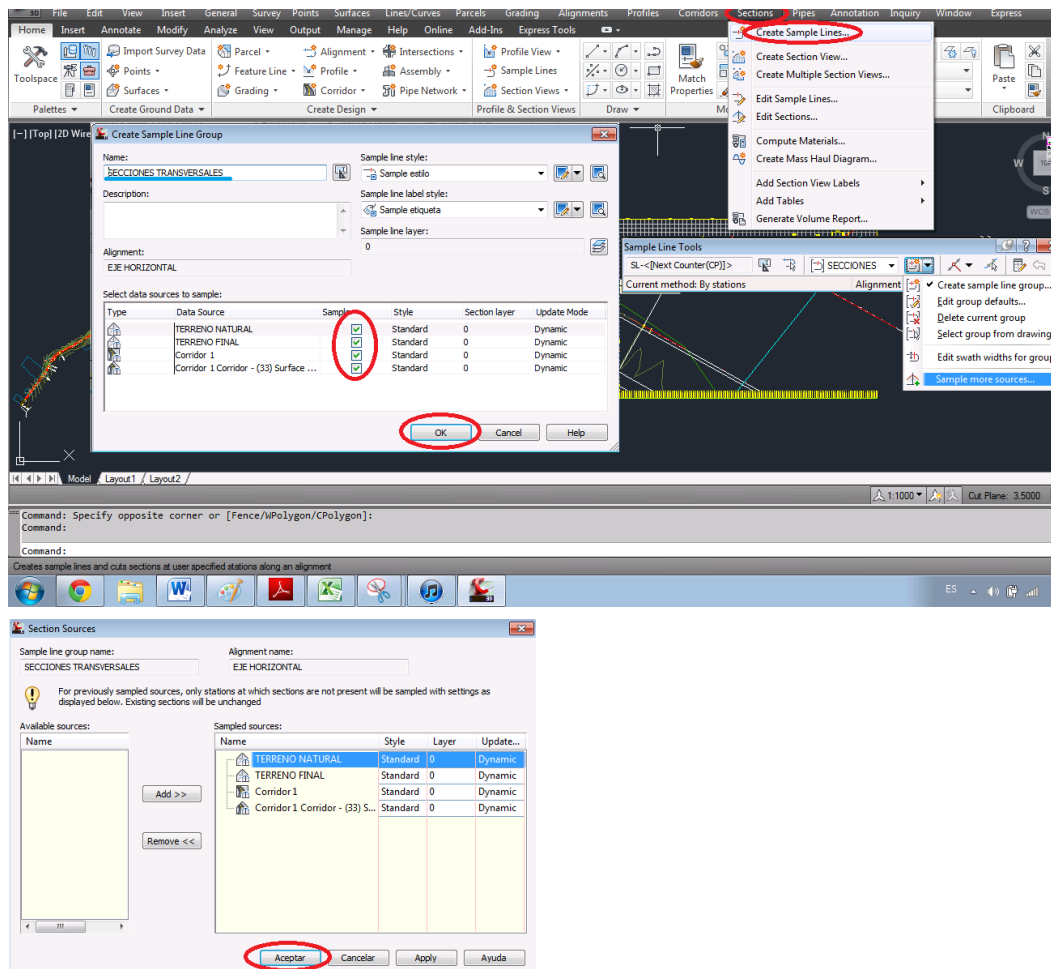
la gráfica y luego **OK**. Luego marcamos la opción  en la cual se despliega una lista, escogemos la opción **Sample More Sources**; para finalmente ingresar los parámetros a considerar para el cálculo y cubicación de Cortes y rellenos. Y marcamos **OK**.

Gráfico 47. CREACIÓN DE LÍNEAS DE SECCIÓN TRANSVERSAL.



Fuente: (AUTORA, 2018)


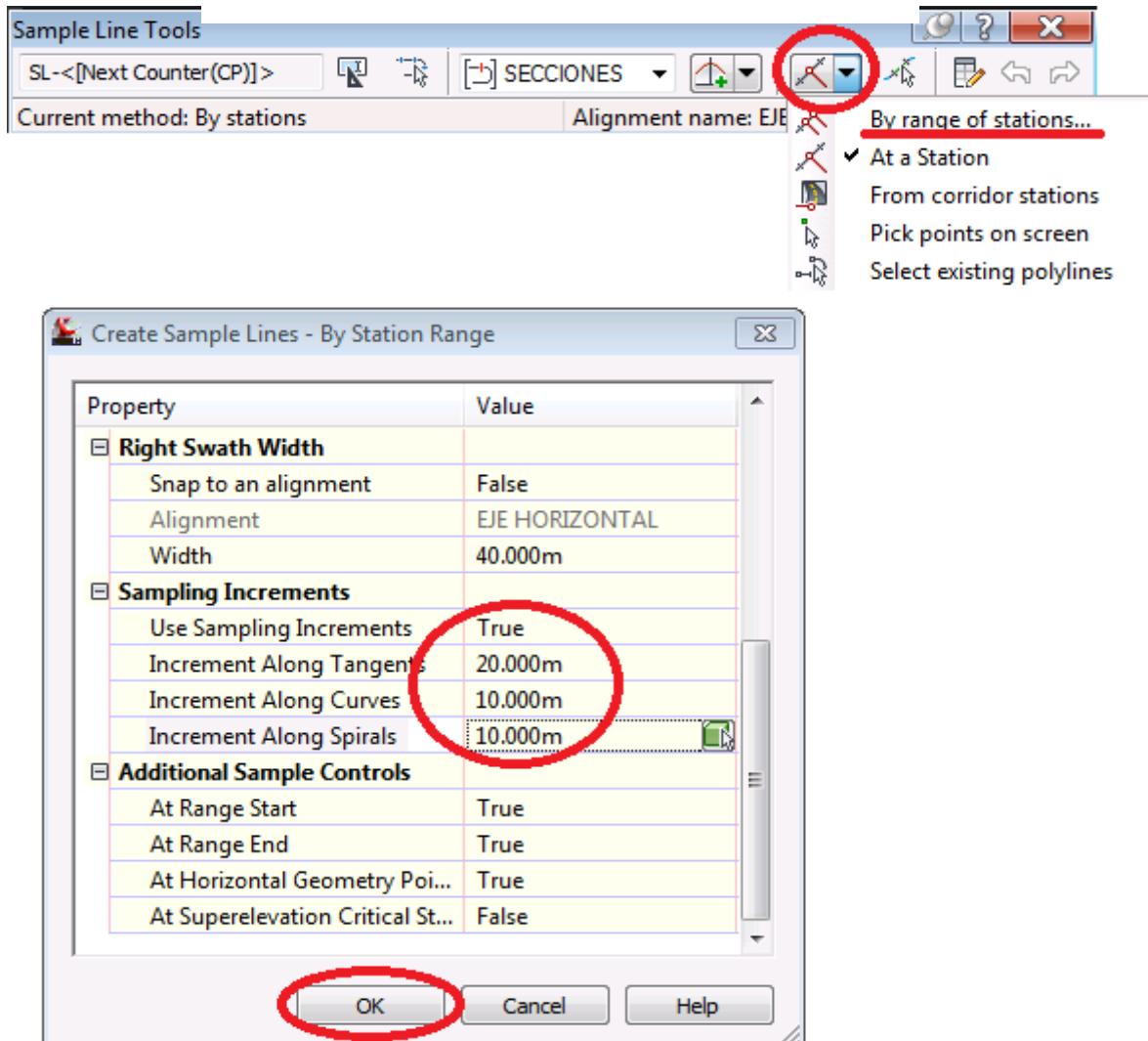
Posteriormente pulsamos en el icono  y escogemos la opción **By Range Of Stations** y se despliega una ventana en donde se selecciona la distancia a la cual se quieren crear las secciones transversales en tangentes cada 20m en curvas circulares y espirales cada 10m según la normativa. Luego marcamos en **OK**.

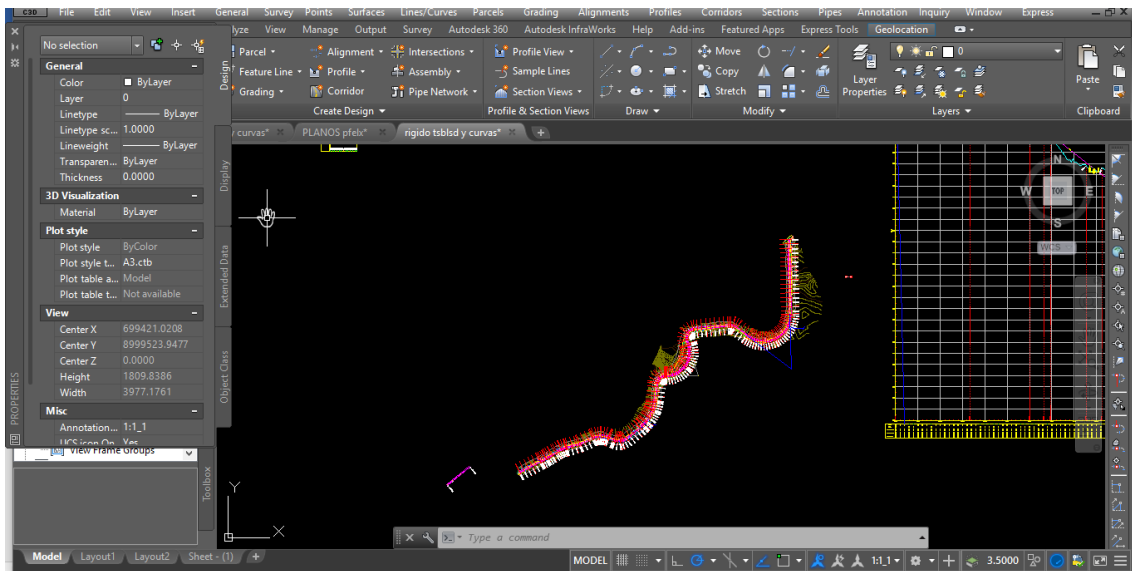
Gráfico 48. ADICIÓN DE PARÁMETROS DE LÍNEAS DE SECCIÓN.



Fuente: (AUTORA., 2018)

En la gráfica se observa las líneas que se tomaran como referencia para la creación de las secciones transversales.

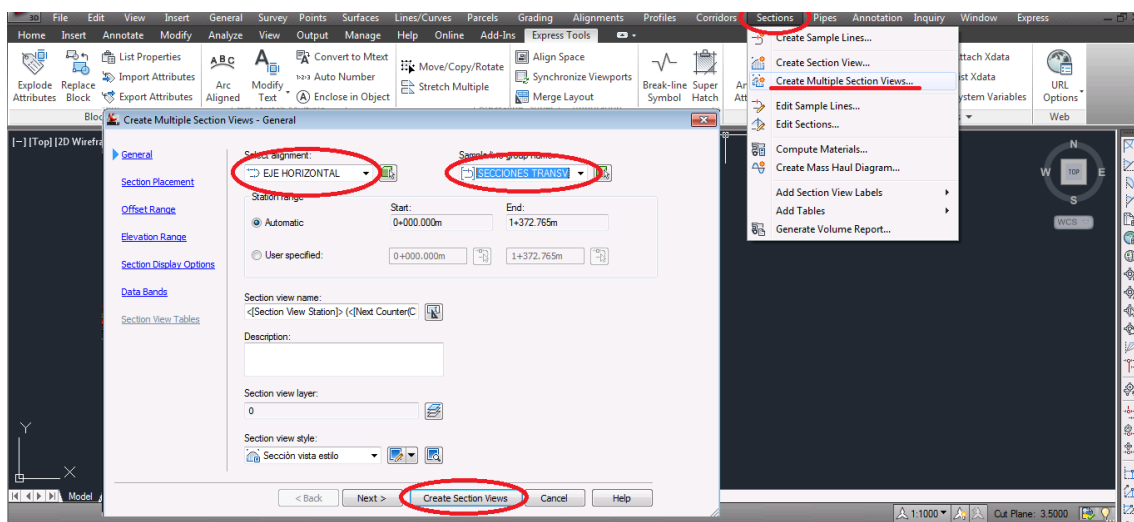
Gráfico 49. LÍNEAS DE SECCIÓN TRANSVERSAL.



Fuente: (AUTORA., 2018)

Dibujos de las secciones transversales como se muestra a continuación: Ubicamos **SECTIONS** en la barra de herramientas, marcamos en **Create Multiple Section Views**. Y seleccionamos el eje a considerar y las líneas de base y pulsamos en **Create Section Views**.

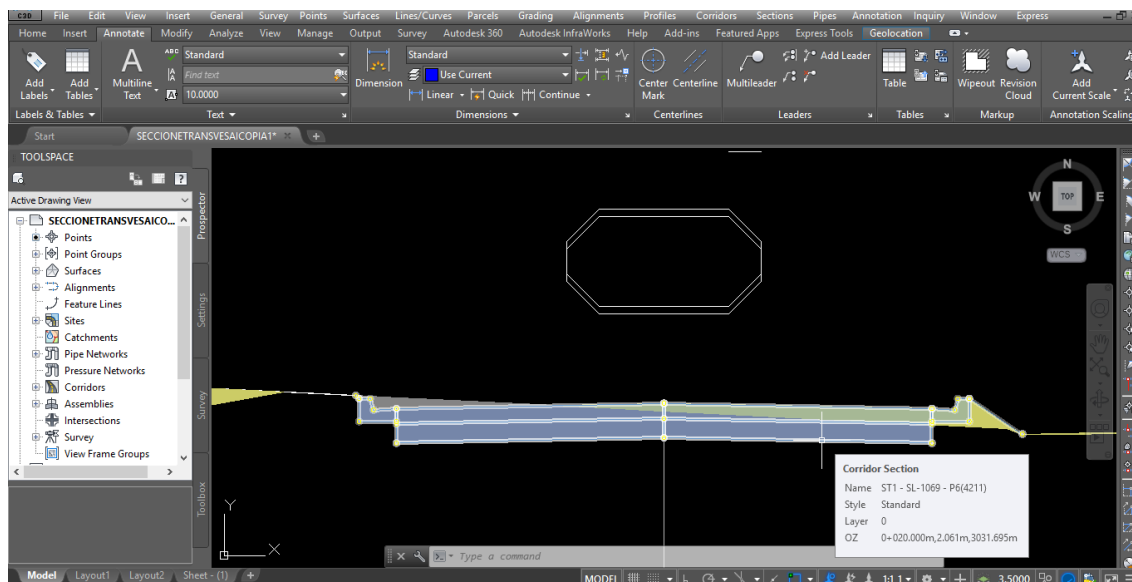
Gráfico 50. CREACIÓN DE SECCIONES TRANSVERSALES.



Fuente: (AUTORA, 2018)

En la gráfica se muestra el resultado obtenido al aplicar la herramienta de creación de secciones transversales. En la cual se muestra la sección típica conjuntamente con la el talud de corte intersectando con la superficie del terreno natural.

Gráfico 51.SECCIÓN TRANSVERSAL.



Fuente: (AUTORA., 2018)

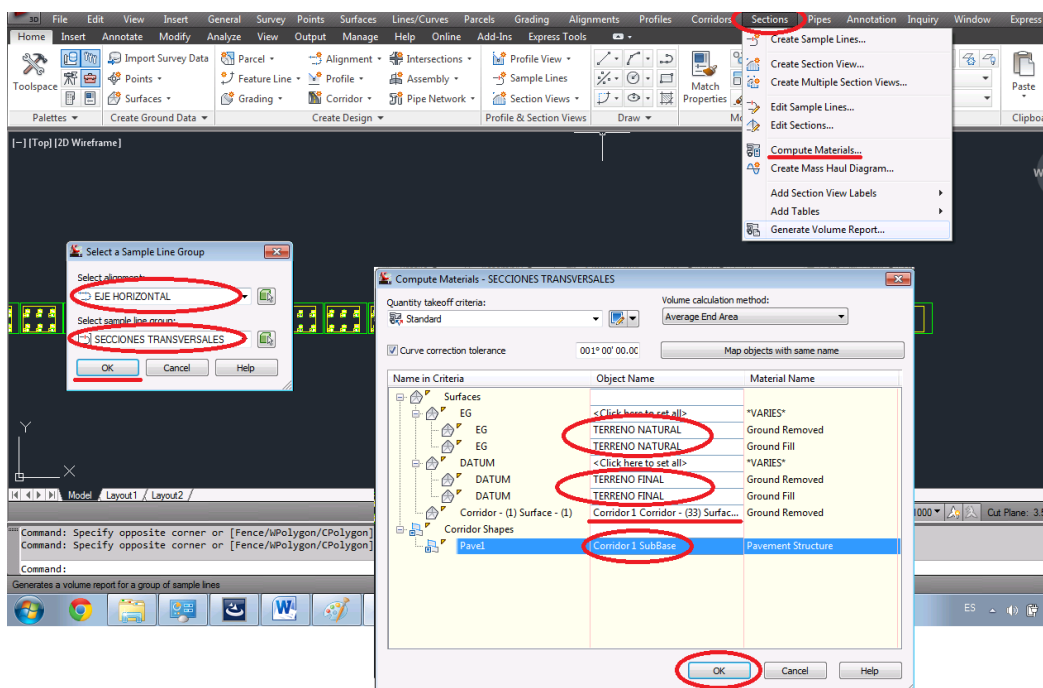
3.1.3.3.1. CÁLCULO DE VOLÚMENES O CUBICACIÓN.

Otra de las herramientas más versátiles y eficientes que contiene el programa es el cálculo de movimiento de tierras. A través de la opción **Compute Materials** que se detalla a continuación:

Ubicamos en la barra de herramientas **SECTIONS**, nos encontramos con una barra en la cual seleccionamos la opción **Compute materials**, luego se muestra un cuadro de diálogo en el cual se ingresan los valores a incidir en el cálculo, siendo estos **EJE HORIZONTAL** y **SECCIONES TRANSVERSALES**, pulsamos OK. Seguido de esto se vuelve a desplegar un nuevo cuadro de diálogo en el cual se ingresan parámetros más específicos de cálculo tal como se muestra en la figura, en los dos primeros espacios se coloca **TERRENO NATURAL**, en los 2 espacios siguientes **TERRENO FINAL** que

es la superficie que queda después de realizada la extracción o corte y también el relleno si fuera así el caso, en el penúltimo espacio se coloca la superficie creada anteriormente del corredor, por último se coloca el nivel al cual se quiere calcular los volúmenes de: corte o relleno para el caso se colocará en el nivel más bajo siendo este el nivel de **SUBBASE**.

Gráfico 52. CÁLCULO DE VOLÚMENES DE CORTE Y RELLENO.

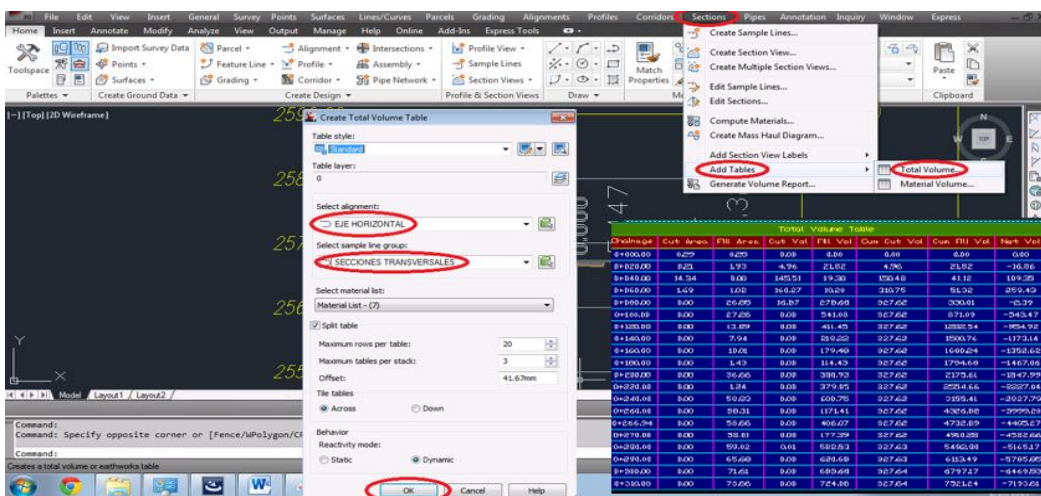


3.1.3.3.2. TABLA DE VOLÚMENES.

El paso final es producir el reporte o la tabla en la cual se detalla los volúmenes de cortes y relleno calculados en el paso anterior, dando como resultado final: el área transversal, el volumen de corte y/o relleno parcial y acumulado y la diferencia entre estos dos valores, en cada una de las abscisas definidas anteriormente.

De igual manera que en el caso anterior pulsamos en la opción **SECTIONS** que se encuentra en la barra de herramientas, luego pulsamos en la opción **Add Tables** y luego pulsamos en Total Volumen y aparece cuadro de diálogo, que permite ingresar el

EJE HORIZONTAL y **SECCIONES TRANSVERSALES** mismos que fueron los parámetros de cálculo y luego clickeamos en **OK**. Y de esta manera se termina el diseño Geométrico Horizontal, Vertical y Transversal.



3.1.4. DISEÑO ESTRUCTURAL.

3.1.4.1. DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO.

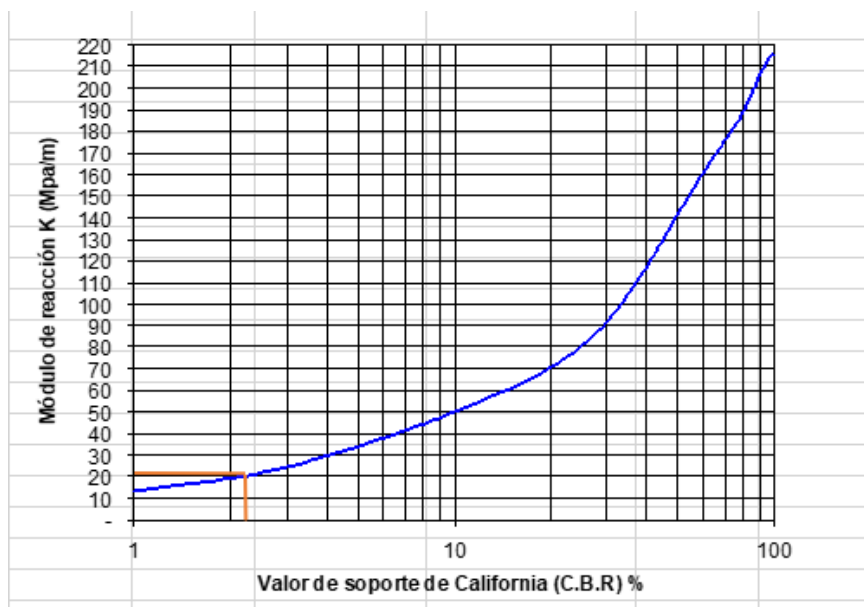
Para su diseño se procede con el método PCA, que sigue el siguiente proceso, donde hemos partido de los siguientes datos:

S´c	3.5	Mpa
CBR Subrasante.	2.3	%
T	20	Años
g (Tasa de crecimiento)	1.03	%

- PROCESO:**

Con el valor del CBR de la subrasante obtenido por medio de los ensayos procedemos a determinar el factor k de la subrasante por medio de la tabla:

Gráfico 53. RESULTADO - CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE.



Fuente: (AUTORA., 2018)

Dando como resultado un módulo de reacción K igual a 21 (Mpa/m).

Mediante la tabla presentada a continuación, determinamos los incrementos de K cuando sobre la subrasante se coloca una sub base granular, es decir obtenemos k subrasante/sub base, que a su vez está en función del espesor de la sub base de ahí que tenemos el espesor supuesto de la sub base:

$$d_{\text{sub base}} = 25\text{cm.}$$

Interpolando se tiene:

Gráfico 54. RESULTADO - CAPACIDAD DE CARGA DE SOPORTE - SUBBASE.

Módulo K		Modulo K de Subbase/subrasante							
Subrasante		100mm		150mm		225mm		300mm	
Mpa/m	pci	Mpa/m	pci	Mpa/m	pci	Mpa/m	pci	Mpa/m	pci
20	73	23	85	26	96	32	117	38	140
40	147	45	165	49	180	57	210	66	245
60	220	64	235	66	245	76	280	90	330
80	295	87	320	90	330	100	370	117	430

Fuente: (AUTORA., 2018.)

Donde:

$$K_{ss}=33.25 \text{ MPa/m}$$

Por otra parte, tomamos en cuenta la composición vehicular de la tabla.

Por otro lado, con el P. de diseño de 20 años y su tasa de crecimiento dada, con ayuda de la tabla tenemos el factor de proyección.

Gráfico 55. RESULTADO - FACTOR PROYECCIÓN.

Tasa de Crecimiento del Tráfico (%)	Factor de proyección (FP) 20 años	Factor de proyección (FP) 40 años
1	1.1	1.2
1.5	1.2	1.3
2	1.2	1.5
2.5	1.3	1.6
3	1.3	1.8
3.5	1.4	2
4	1.5	2.2
4.5	1.6	2.4
5	1.6	2.7
5.5	1.7	2.9
6	1.8	3.2

Fuente: (AUTORA., 2018.)

Interpolando se obtiene el factor de proyección:

$$FP = 1.106$$

Otro dato para diseñar es el factor de seguridad de carga (FSC), que es un factor por el cual se multiplican los ejes de carga, su valor depende del tipo de vía a diseñar:

Gráfico 56. RESULTADO - FACTOR DE CARGA.

Tipo de Carretera	FS
Autopistas con flujo continuo Alto contenido de vehículos pesados Multicarriles	1.2
Autopistas o arterias Moderado volumen de tráfico pesados	1.1
Caminos y calles residenciales Baio volumen de tránsito	1

Fuente: (AUTORA, 2018.)

De donde se obtiene:

$$FSC=1$$

Con todos estos datos se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 42. RESULTADO - TPDA FINAL - PAVIMENTO RÍGIDO.

TIPO	PESO POR EJE			1. Carga 9,81kN	2. TPDo	3. TPD carril
	S(T)	Ta(T)	Tri (T)			
LIVIANO	1.7			16.677	562	22687378
	2.5			24.525		
BUS	3			29.43	13	524797
	7			68.67		
2DA	3			29.43	24	968856
	7			68.67		
2DB	6			58.86	18	726642
	11			107.91		
3S3	6			58.86	2	80738
		11		107.91		
			24	235.44		

Fuente: (AUTORA., 2018)

De los datos expuestos los valores vienen de:

Los pesos por eje se determinan de acuerdo al tipo de vehículo y a su eje como se muestra en la tabla.

- La Columna 1.-Carga se obtiene del producto del peso (en toneladas) del eje del vehículo por 9.81, es decir se transforma de toneladas a Kilo Newtons.
- La columna 2.- TPDo resulta del conteo de tráfico resumido en la tabla anterior, es decir es la representación del tráfico promedio diario actual.
- La columna 3.- TPD carril resulta de la fórmula:

$$TPD_{carril} = TPDo \times FC \times T \times 365 \times FP$$

Donde:

TPDcarril= el tráfico promedio diario al final del periodo de diseño.

TPDo= tráfico promedio diario actual.

FC= factor carril (0.5 por tener 2 carriles)

T= periodo de diseño

FP= factor de proyección

A continuación, se procede al diseño mismo de los espesores, para ello partimos de un valor por tanteo de 25cm, resumiendo así los datos obtenidos tenemos:

Espesor de tanteo.	250
Kss (Mpa/m)	33.25
S'c (Mpa)	3.5
FSC	1
Periodo de Diseño.	20

Luego se realizó el análisis por tipo de eje teniendo los siguientes resultados:

3.1.4.1.1. CÁLCULO DE EJES SIMPLES.

Tabla 43. RESULTADO - EJES SIMPLES.

1	2	3	A. DE FATIGA		A. EROSION		
			6	7	9	10	
CARGA (KN)	CARGA SEGURA	REP. ESPERADAS	Rep. Admis	% FATIGA	Rep. Admis.	% EROSION	
EJES SIMPLES							
4	ESFUERZO EQUIVALENTE			1.405	8. FACTOR DE EROSION	2.8	
5	RELACION DE ESFUERZO			0.35			
a	107.91	107.91	726642	10000000	7.27	30000000	2.42
b	68.67	68.67	1493653	Ilimitado	0	ilimitado	0
c	58.86	58.86	807380	Ilimitado	0	Ilimitado	0
d	29.43	29.43	1493653	Ilimitado	0	Ilimitado	0
e	24.525	24.525	22687378	Ilimitado	0	Ilimitado	0
f	16.677	16.677	22687378	Ilimitado	0	Ilimitado	0

Fuente: (AUTORA., 2018)

Dónde:

- La columna 1.- Carga es igual a la carga de los ejes simples ordenados de mayor a menor.
- La columna 2.- Carga Segura de la multiplicación de la colum. 1 por el factor de seguridad.

$$Carga\ Segura = Carga \times FSC$$

- La columna 3.-Repeticiones esperadas, es la sumatoria del TPD final de todos los ejes con misma carga.

$$Repeticiones\ Esperadas = \sum TPD_{final} \rightarrow (ejes\ de\ carga\ "i")$$

- El valor de 4.-Esfuerzo equivalente se obtiene por interpolación de la tabla siguiente relacionando Kss y el espesor de la losa impuesto, obteniendo:

$$\text{Para: } K_{ss} = 33.25 \text{ MPa/m}$$

$$\text{Espesor} = 25 \text{ cm}$$

Eje simple (single) = primer valor

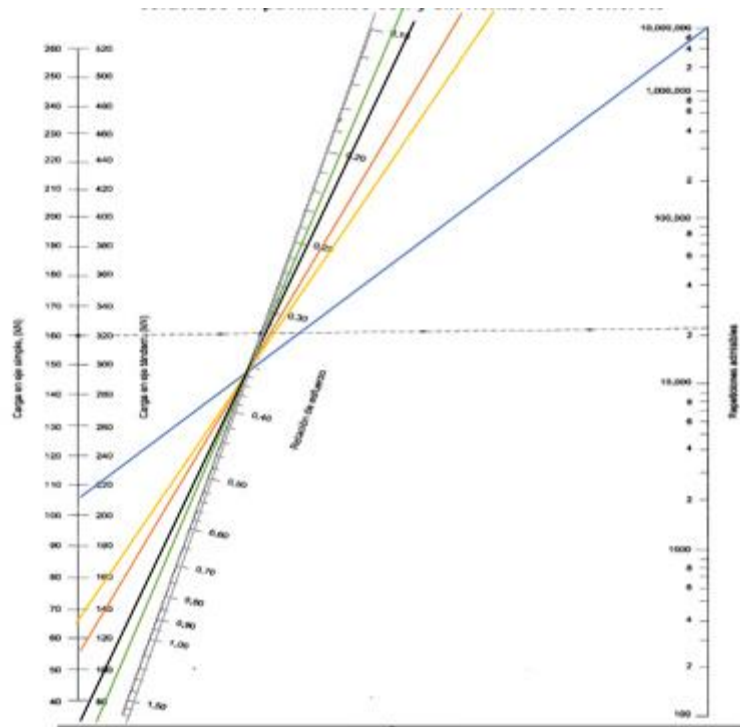
Espesor de losa (mm)	Eje sencillo					
	k del conjunto subrasante / subbase					
	20	40	60	80	140	180
100	5.42	4.75	4.38	4.13	3.66	3.45
110	4.74	4.16	3.85	3.63	3.23	3.06
120	4.19	3.69	3.41	3.23	2.88	2.73
130	3.75	3.30	3.06	2.89	2.59	2.46
140	3.37	2.97	2.76	2.61	2.34	2.23
150	3.06	2.70	2.51	2.37	2.13	2.03
160	2.79	2.47	2.29	2.17	1.95	1.86
170	2.56	2.26	2.10	1.99	1.80	1.71
180	2.37	2.09	1.94	1.84	1.66	1.58
190	2.19	1.94	1.80	1.71	1.54	1.47
200	2.04	1.80	1.67	1.59	1.43	1.37
210	1.91	1.68	1.56	1.48	1.34	1.28
220	1.79	1.57	1.46	1.39	1.26	1.20
230	1.68	1.48	1.38	1.31	1.18	1.13
240	1.58	1.39	1.30	1.23	1.11	1.03
250	1.49	1.32	1.22	1.16	1.05	1.00
260	1.41	1.25	1.16	1.10	0.99	0.95
270	1.34	1.18	1.10	1.04	0.94	0.90
280	1.28	1.12	1.04	0.99	0.89	0.86
290	1.22	1.07	0.99	0.94	0.85	0.81
300	1.16	1.02	0.95	0.90	0.81	0.78
310	1.11	0.97	0.90	0.86	0.77	0.74
320	1.06	0.93	0.86	0.82	0.74	0.71
330	1.02	0.89	0.83	0.78	0.71	0.68
340	0.98	0.85	0.79	0.75	0.68	0.65
350	0.94	0.82	0.76	0.72	0.65	0.62

Esfuerzo Equivalente=1.405

- El valor 5.- Relación de Esfuerzo: es la división entre el esf. equivalente con el m. de ruptura.

$$\text{Relación de Esfuerzo} = \frac{\text{Esfuerzo Equivalente}}{S'c}$$

- La columna 6.- Repeticiones Admisibles del análisis de fatiga se obtiene relacionando en la tabla la carga segura con la relación de esfuerzo para cada carga (a, b,... f) como se detalla a continuación:



- La columna 7.- Porcentaje de Fatiga resulta de la relación de las Repeticiones esperadas y la columna 6.

$$\% \text{ Fatiga} = \frac{\text{Repeticiones Esperadas}}{\text{Repeticiones Admisibles del análisis de fatiga}} \times 100$$

- El valor de 8.- Factor de Erosión está en función de Kss, el espesor impuesto y el tipo de eje y lo obtuvimos interpolando de la siguiente tabla:

Para:

$K_{ss} = 33.25 \text{ MPa/m}$

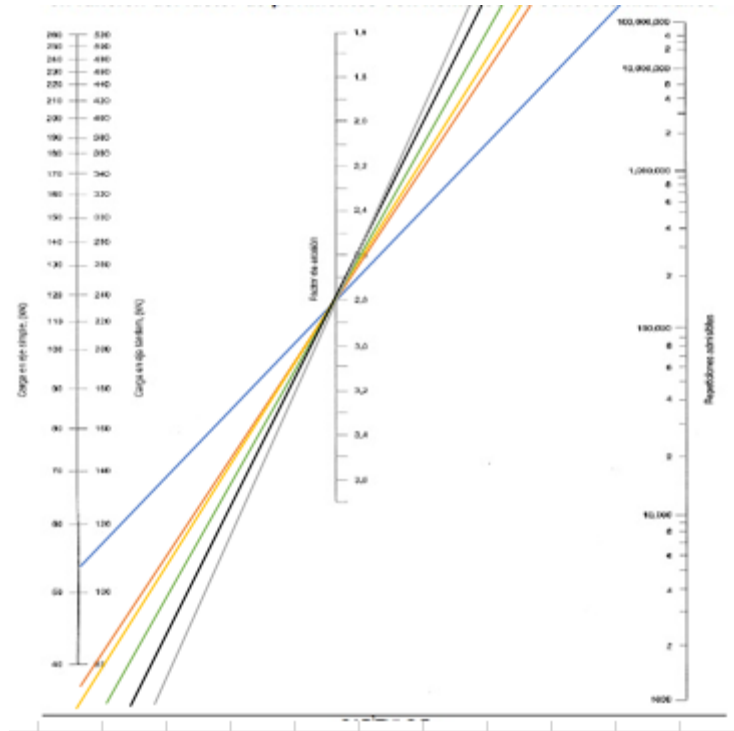
Espesor = 25 cm

Eje simple (single) = primer valor

Espesor de losa (mm)	Eje sencillo					
	k del conjunto subrasante / subbase					
	20	40	60	80	140	180
100	3.94	3.92	3.90	3.88	3.84	3.80
110	3.82	3.79	3.78	3.76	3.72	3.69
120	3.71	3.68	3.67	3.65	3.62	3.59
130	3.61	3.58	3.56	3.55	3.52	3.50
140	3.52	3.49	3.47	3.46	3.43	3.41
150	3.43	3.40	3.38	3.37	3.34	3.32
160	3.35	3.32	3.30	3.29	3.26	3.24
170	3.28	3.24	3.22	3.21	3.18	3.17
180	3.21	3.17	3.15	3.14	3.11	3.10
190	3.15	3.11	3.08	3.07	3.04	3.03
200	3.09	3.04	3.02	3.01	2.98	2.96
210	3.04	2.99	2.96	2.95	2.92	2.90
220	2.98	2.93	2.90	2.89	2.86	2.85
230	2.93	2.88	2.85	2.83	2.80	2.79
240	2.89	2.83	2.80	2.78	2.75	2.74
250	2.84	2.78	2.75	2.73	2.70	2.69
260	2.80	2.73	2.70	2.69	2.65	2.64
270	2.76	2.69	2.66	2.64	2.61	2.59
280	2.72	2.65	2.62	2.60	2.56	2.55
290	2.68	2.61	2.58	2.56	2.52	2.50
300	2.65	2.57	2.54	2.52	2.48	2.46
310	2.61	2.54	2.50	2.48	2.44	2.42
320	2.58	2.50	2.47	2.44	2.40	2.38
330	2.55	2.47	2.43	2.41	2.36	2.35
340	2.52	2.44	2.40	2.37	2.33	2.31
350	2.49	2.41	2.37	2.34	2.29	2.28

Factor de Erosión= 2.81

- La columna 9.- Repeticiones Admisibles del análisis de erosión provienen de una tabla que relaciona la carga de seguridad del eje (simple) con el factor de erosión. Éste análisis se realiza para cada carga mostrada (a, b, ..., f).



- La columna 10.- Porcentaje de Erosión resulta de la relación entre las repeticiones esperadas y su valor correspondiente en la columna 9.

$$\% \text{ Erosión} = \frac{\text{Repeticiones Esperadas}}{\text{Repeticiones Admisibles del Análisis de Erosión}}$$

3.1.4.1.2. CÁLCULO DE EJES TÁNDEM.

Tabla 44. RESULTADO EJES TÁNDEM.

1	2	3	A. DE FATIGA		A. EROSION		
CARGA (KN)	CARGA SEGURA	REP. ESPERADAS	6	7	9	10	
			Rep. Admis	% FATIGA	Rep. Admis.	% EROSION	
EJES SIMPLES							
4	ESFUERZO EQUIVALENTE			1.35	8. FACTOR DE EROSION	3	
5	RELACION DE ESFUERZO			0.39			
a	107.91	107.91	8074	ilimitado	0	40000000	0.02

Fuente: (AUTORA., 2018.)

- El valor de 4 de la tabla:

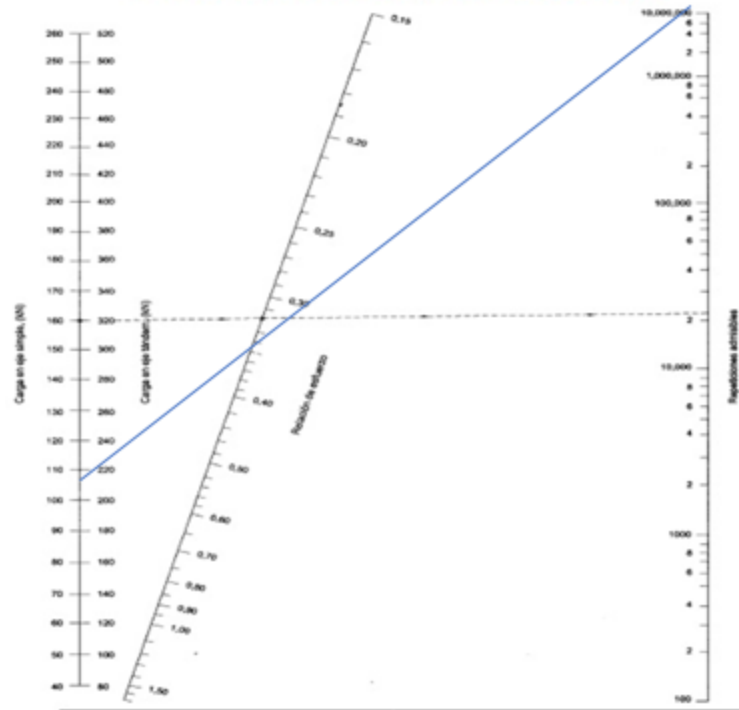
Para: $K_{ss} = 33.25 \text{ MPa/m}$

Espesor = 25 cm

Eje Doble (tándem) = segundo valor

Esfuerzo equivalente = 1.35

- La columna 6 de la tabla:



- El valor de 8 viene de la tabla:

Para: $K_{ss} = 33.25 \text{ MPa/m}$

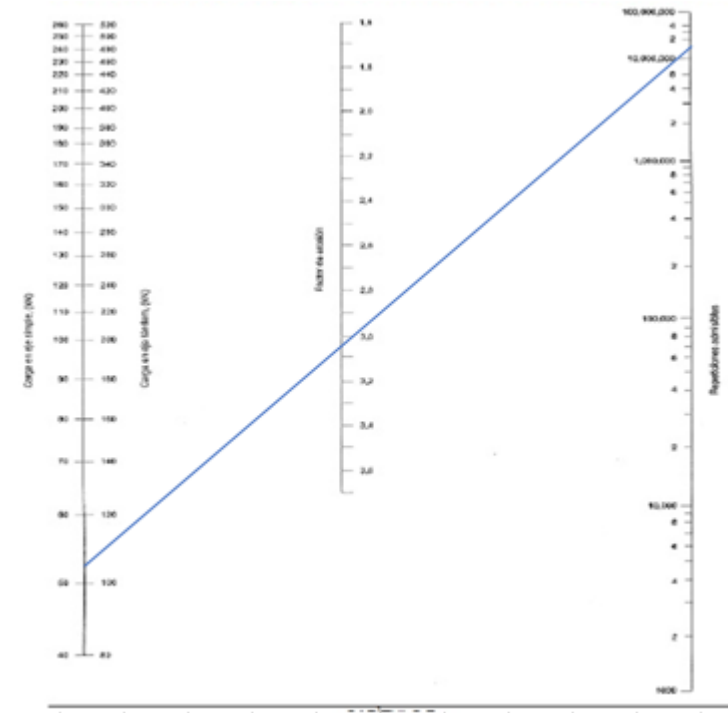
Espesor = 25 cm

Eje doble (tándem) = segundo valor.

De la tabla anteriormente analizada determinamos el factor de esfuerzo equivalente:

Factor de erosión = 3.07

- La columna 9, de igual manera de la tabla:



3.1.4.1.3. CÁLCULO DE EJES TRIDEM.

Tabla 45. RESULTADO EJES TRIDEM.

1	2	3	A. POR FATIGA		A. EROSION	
CARGA (KN)	CARGA SEGURA	REP. ESPERADAS	6	7	9	10
			Rep. Admis	% FATIGA	Rep. Admis.	% EROSION
EJES SIMPLES						
4	ESFUERZO EQUIVALENTE			1.03	8. FACTOR DE EROSION	3
5	RELACION DE ESFUERZO			0.26		
235.44	235.44	80738	ilimitado	0	200000	40.37

Fuente: (AUTORA., 2018.)

- El valor de 4 de la tabla:

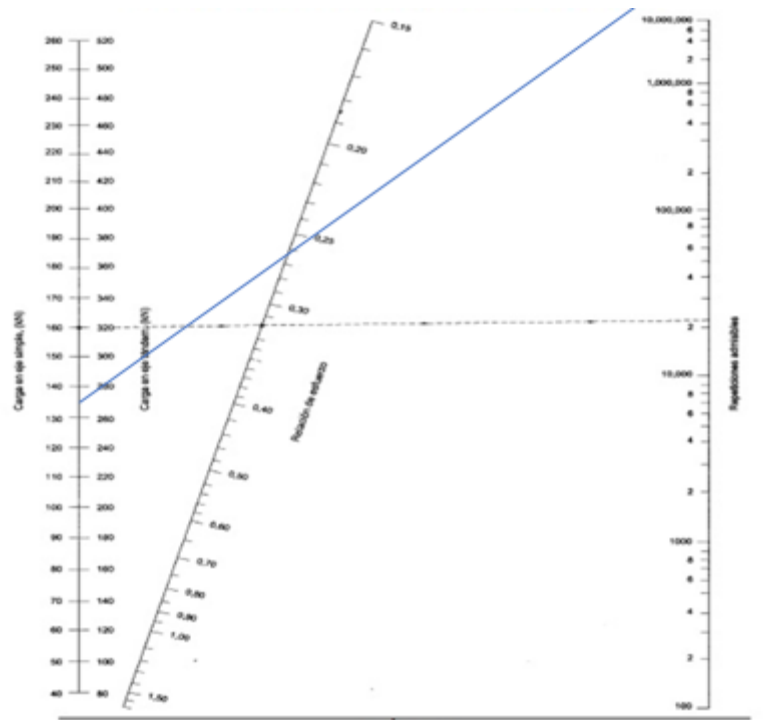
Para: $K_{ss} = 33.25 \text{ MPa/m}$

Espesor = 25 cm

Eje Doble (tándem) = segundo valor

Esfuerzo equivalente = 1.03

- La columna 6 de la tabla:



- El valor de 8 viene de la tabla:

Para: $K_{ss} = 33.25 \text{ MPa/m}$

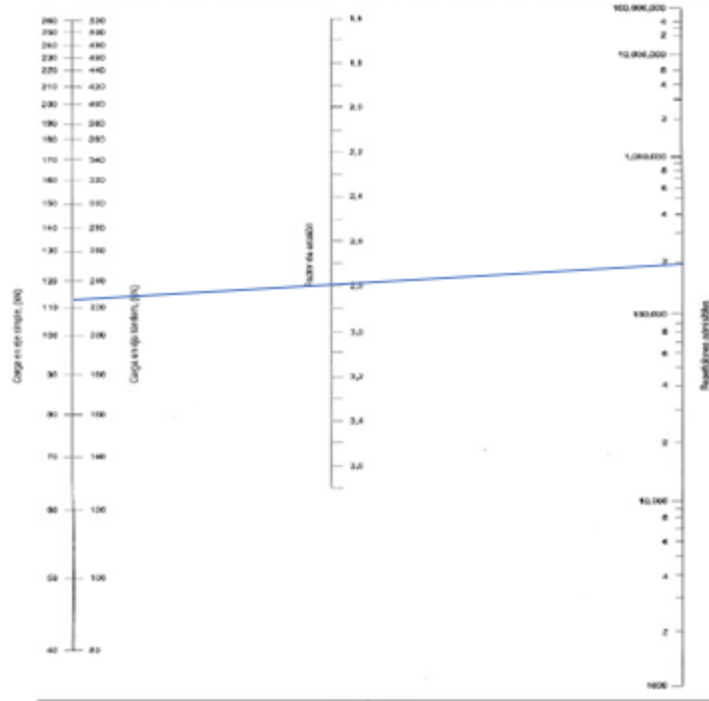
Espesor = 25 cm

Eje doble (tándem) = segundo valor.

De la tabla anteriormente analizada determinamos el factor de esfuerzo equivalente:

Factor de erosión = 2.9

- La columna 9, de igual manera de la tabla:



RESULTADOS:

Tabla 46. RESULTADO FATIGA Y EROSIÓN.

EJES	FATIGA TOTAL.	EROSION TOTAL.
SIMPLE.	7.27	2.42
TANDEM.	0	0.40
TRIDEM.	0	40.37
TOTAL.	27.52	43.19
50%		

Fuente: (AUTORA., 2018.)

El valor total tanto de fatiga como de erosión debe oscilar entre 15% y 85% por lo tanto cumple y el diseño es correcto siendo el espesor requerido de 25cm. Por lo tanto:

3.1.4.2. DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE.

Para el diseño de la vía propuesta puede ser proyectado a un pavimento flexible el cual se detallará la forma de hacerlo a continuación:

3.1.4.2.1. NÚMERO ESTRUCTURAL DE LA SUBRASANTE.

- **Nivel de Confiabilidad.**

El acceso a la vía propuesta, por las características que presenta y que va ofrecer dentro de la clasificación funcional de vías pertenece a las calles Colectoras por lo cual el nivel de confianza que se manejara como parámetro de diseño variara entre 80-95 tomado de la tabla:

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	Nivel de confianza Recomendados	
	Urbano	Rural
Interestatal y Autopista	85-99,9	80-99,9
Arteria Principal	80-99	75-95
Calles Colectoras	80-95	75-95
Calles Locales	50-80	50-80

Fuente: (AUTORA., 2018.)

Por lo tanto, el Nivel de Confianza tomado es= 85.

- **Desviación Estándar**

El tráfico para el cual la vía prestará su servicio mostrara variaciones debido a que es dinámico por lo cual se adoptara los valores mostrados a continuación de acuerdo a sus características.

Valores de Error Estándar	
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento SIN errores en el tránsito	
So = 0,44	So=0,34
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento CON errores en el tránsito	
So= 0,49	So= 0,39

Fuente: (AUTORA., 2018.)

Por lo tanto, se toma una desviación estándar con errores en el tránsito donde $S_0=0.49$

- **Distribución del Tráfico.**

La vía en estudio presentará dos Carriles, con dos sentidos por lo cual la distribución de tráfico D_t será igual a 0,5

- **Periodo de Diseño.**

El periodo de diseño es muy importante dentro del análisis de la vía, pues será la vida útil que la vía ofrecerá a sus usuarios, es por ello que para dicho periodo se debe analizar el flujo de vehículos que circulan y circularán por ella, es por ello que el periodo de diseño para pavimento flexible será tomado de 20 años.

- **Número de Ejes Equivalentes.**

Se tomará en cuenta la proyección del tráfico, el factor de carga equivalente.

- **Proyección del Tráfico**

En la proyección del tráfico se tendrá en cuenta la tasa de crecimiento, el tráfico promedio diario, y el periodo de diseño. Tasa de crecimiento (i) será igual a 1.03 %

Para el cálculo del tráfico promedio final se empleará la siguiente fórmula:

$$TPDA = TPD_0 (1 + i)^n$$

Tabla 47. RESULTADO - TPDA FINAL - PAVIMENTO FLEXIBLE.

TIPO	# de vehículos diarios.	PORCENTAJE	TPDA FINAL
LIVIANO	562	90.9	690
BUS	13	2.0	16
2DA	24	4.0	29
2DB	18	2.8	22
3S3	2	0.2	2
MOTOS	2	0.2	2
TPDA INICIAL	621	100	762

Fuente: (AUTORA., 2018.)

- **Factor de Carga Equivalente de 8.2 toneladas**

Tabla 48. FACTORES DE CARGA EQUIVALENTE - PAVIMENTO FLEXIBLE.

TIPO	C. TOTAL (T)	C. EJE (T)		PORCENTAJE	Fce*EJE
LIVIANO	4.2	Simple	1.7	90.5	0.0040
		Simple	2.5		0.0078
BUS	13	Simple	2	2.1	0.0002
		Simple	11		0.0678
2DA	10	Simple	3	3.9	0.0016
		Simple	7		0.0205
2DB	17	Simple	6	2.9	0.0198
		Simple	11		0.0939
3S3	38	Simple	3	0.3	0.0001
		Tándem	11		0.0009
		Tridem	24		0.0038
FCE					0.2205

Fuente: (AUTORA., 2018.)

Para encontrar el número de Ejes Equivalentes se tendrá en cuenta la siguiente fórmula:

$$N(8.2T) = \frac{(TPDA_o + TPDA_f)}{2} * 365 * Dt * n * FCE$$

Dónde:

TPDA_o=621

TPDA_f= 762

$$Dt = 0.5$$

$$n = 20 \text{ años}$$

$$FCE = 0.2205$$

$$N(8.2T) = \frac{(621 + 762)}{2} * 365 * 0.50 * 20 * 0.2120$$

$$N(8.2T) = 278307$$

- **CBR=2.3%**
- **Modulo Resiliente**

$$MR = 1900 \times CBR^{0.7} \quad (psi) \quad CBR < 10\%$$

$$MR = 1900 * 2.3^{0.7}$$

$$MR = 3403.8 \text{ Lb/pulg}^2$$

- **Serviciabilidad**

Para determinar la pérdida de Serviciosabilidad se debe establecer:

S_o = Serviciosabilidad Inicial = 4.5 condiciones excelentes

S_f = Serviciosabilidad Final = 2.5 vía colectora

$$\Delta PSI = S_o - S_f$$

$$\Delta PSI = 4.5 - 2.5$$

$$\Delta PSI = 2$$

- **Numero Estructural**

Para determinar el número estructural se tendrá en cuenta la serviciosabilidad inicial, serviciosabilidad final, nivel de confiabilidad, desviación estándar, módulo resiliente, y el

número de ejes equivalentes, para lo cual se empleará la ecuación en la que se basa el método AASHTO, la misma que se resuelve mediante una hoja de cálculo que se muestra a continuación.

$$S_o = 4.5$$

$$S_f = 2.5$$

$$\text{Nivel de confiabilidad} = 85$$

$$S_o = 0.49$$

$$MR = 3403.8 \text{ lb/ pulg}^2$$

$$W_{18} = 278307$$

3.1.4.2.2. CÁLCULO DE ESPESORES.

Para determinar los espesores de las diferentes capas se tendrá que primero definir sus características.

Teniendo en cuenta que para la capa de rodadura se diseñara con carpeta asfáltica, la base se analizara con una base clase 4 con agregados triturados y graduados uniformemente, la sub-base clase 1 con arena- grava graduada uniformemente.

De la tabla obtenemos:

CLASE DE MATERIAL	NORMAS	COEF. (CM)
CAPA DE SUPERFICIE		
CONCRETO ASFALTICO	ESTABILIDAD DE MARSHALL 1000 - 1800 LBS	0.134 - 0.173
ARENA ASFALTICA	ESTABILIDAD DE MARSHALL 500 - 600 LBS	0.079 - 0.118
CARPETA BITUMINOSA MEZCLADA EN EL CAMINO	ESTABILIDAD DE MARSHALL 300 - 600 LBS	0.059 - 0.098
CAPA DE BASE		
AGREGADOS TRITURADOS GRADUADOS UNIFORMEM	P.I.O-4, CBR > 100%	0.047 - 0.066
GRAVA GRADUADA UNIFORMEMENTE	P.I.O-4, CBR 30-60 %	0.028 - 0.051
CONCRETO ASFALTICO	ESTABILIDAD DE MARSHALL 1000 - 1800 LBS	0.098 - 0.138
ARENA ASFALTICA	ESTABILIDAD DE MARSHALL 500 - 600 LBS	0.059 - 0.098
AGREGADO GRUESO ESTABILIZADO CON CEMENTO	RESISTENCIA A LA COMPRESION 28 - 46 Kg/cm ²	0.079 - 0.139
AGREGADO GRUESO ESTABILIZADO CON CAL	RESISTENCIA A LA COMPRESION 7 Kg/cm ²	0.089 - 0.119
SUELO - CEMENTO	RESISTENCIA A LA COMPRESION 18 - 32 Kg/cm ²	0.047 - 0.079
CAPA DE SUB - BASE		
ARENA - GRAVA, GRADUADA UNIFORMEMENTE	P.I.O - 6 CBR 30%	0.032 - 0.043
SUELO - CEMENTO	RESISTENCIA A LA COMPRESION 18 - 22 Kg/cm ²	0.025 - 0.071
SUELO - CAL	RESISTENCIA A LA COMPRESION 8 Kg/cm ²	0.059 - 0.071
MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE		
ARENA O SUELO SELECCIONADO	P.I.O. -10	0.020 - 0.025
SUELO CON CAL	3% MINIMO DE CAL EN PESO DE LOS SUELOS	0.028 - 0.029
TRATAMIENTO SUPERFICIAL BITUMINOSO		
TRIPLE RIEGO		* 0.40
DOBLE RIEGO		*0.25
SIMPLE RIEGO		*0.15

Fuente: (AUTORA-, 2018.)

- **Capa De Superficie de Rodadura**

Concreto Asfaltico 1500 LBS

Coefficiente (CM) 0,16

Coefficiente Drenaje (m) 1

- **Capa Base**

Base clase 2

CBR 60 %

Coefficiente (CM) 0,050

Coeficiente Drenaje (m) 1

- **CAPA SUB-BASE**

Sub-Base Clase 3

CBR 30%

Coeficiente (CM) 0,040

RESULTADOS:

La tabla que se muestra a continuación muestra espesores impuestos de las diferentes capas ya que la forma para comprobar que los mismos están correctamente predeterminados es demostrando que la sumatoria de SN de cada una de las capas sea mayor al número estructural que determina el programa.

$$SN = CM \times M \times ESPESOR$$

Tabla 49. RESULTADO NÚMERO ESTRUCTURAL.

CAPA	CM	M	ESPESOR	SN
CAPA DE RODADURA	0.16	1	10	1.6
BASE	0.05	1	25	1.25
SUBBASE	0.04	1	25	1
SUMATORIA SN				3.85

SI SN calculado es mayor al SN calculado programa el valor supuesto de las capas cumple.

3.85 > 3.52 CUMPLE

4. PRESUPUESTO.

"UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA"					
PROYECTO	Propuesta de Diseño Geométrico y de Pavimento de la vía Alternativa María Auxiliadora- San Antonio- Km9 De La Vía Matrama Mazar, ubicada en el Cantón Azogues, Parroquia Luis Cordero.				
FECHA	nov-18				
PRESUPUESTO: PAVIMENTO RÍGIDO.					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	MUROS VEREDAS Y BORDILLOS				243736.5128
1001	Excavación mecánica en suelo sin clasificar.	m3	7272	2.09	15198.48
1002	Excavacion a mano en suelo sin clasificar.	m3	363.6	8.39	3050.60
1005	Bordillo de Hormigón.	ml	4040	10.93	44157.20
1006	Relleno con material de mejoramiento.	m3	7635.6	18.96	144770.976
1007	Cargado de material en volquete	m3	9162.72	1.03	9437.60
1008	Transporte de material hasta 5km.	m3	9162.72	2.96	27121.65
2	OBRAS VIALES.				1024798.8
2001	Excavacion en suelos.	m3	15996.18	2.03	32550.63
2004	Mejoramiento de la subrasante.	m3	32425.21	18.40	596623.864
2005	Sub-base clase 3	m3	4040	24.64	99545.10
2006	Pavimento de Hormigón de cemento portland.	m3	1414	155.23	219489.4564
2007	Cargado de material en volquete	m3	19195.416	1.03	19771.28
2008	Transporte de material hasta 5km.	m3	19195.416	2.96	56818.43
3	SEGURIDAD VIAL.				1605.52
3001	Marcas permanentes del pavimento. (pintura sobre calzada).	m	4131	0.27	1115.37
3003	Señales al lado de la carretera. (vertical hexagonal Pare).	u	1	92.03	92.03
3004	Señales al lado de la carretera. (reglamentaria direccional).	u	3	102.03	306.09
3005	Señales al lado de la carretera. (vertical preventiva).	u	1	92.03	92.03
3	MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES				4194.24
3001	Valla Metálica de Advertencia de obras o desvíos	u	35	100.00	3500
3002	Valla de Madera para Advertencia en Sitio de Obra	u	15	2.82	42.3
3003	Señalización con Cinta (incl. poste)	m	250	0.46	115.5
3004	Señalización con Malla Plastica	m	250	0.97	242.69
3005	Pasos Peatonales con Cantonera	u	50	5.88	293.75
SUBTOTAL					1274335.02
IVA					152920.20
TOTAL					1427255.22
SON:	UN MILLÓN CUATROCIENTOS VEINTE Y SIETE MIL DOSCIENTOS CINCUENTA Y CINCO DÓLARES CON VEINTE Y DOS CENTAVOS				

"UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA"					
PROYECTO	Propuesta de Diseño Geométrico y de Pavimento de la vía Alternativa María Auxiliadora- San Antonio- Km9 De La Vía Matrama Mazar, ubicada en el Cantón Azogues, Parroquia Luis Cordero.				
FECHA	nov-18				
PRESUPUESTO: PAVIMENTO FLEXIBLE.					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	MUROS VEREDAS Y BORDILLOS				354501.033
1001	Excavación mecánica en suelo sin clasificar.	m3	11312	2.09	23627.94
1002	Excavacion a mano en suelo sin clasificar.	m3	565.6	8.39	4746.798
1005	Bordillo de Hormigón.	ml	4040	10.93	44140.7875
1006	Relleno con material de mejoramiento.	m3	11877.6	18.96	225154.755
1007	Cargado de material en volquete	m3	14253.12	1.03	14677.1503
1008	Transporte de material hasta 5km.	m3	14253.12	2.96	42153.6024
2	OBRAS VIALES.				878228.188
2001	Excavacion en suelos.	m3	18654.1	2.09	38963.7514
2004	Mejoramiento de la subrasante.	m3	32252.56	18.40	593359.417
2005	Sub-base clase 3	m3	4040	24.57	99249.165
2006	Base Clase 2	m3	4040	13.36	53990.0146
2007	Asfalto para imprimación	m2	202	1.29	260.8325
2008	Carpeta Asfáltica 4''	m2	202	15.60	3150.7354
2007	Cargado de material en volquete	m3	22384.92	1.03	23050.8714
2008	Transporte de material hasta 5km.	m3	22384.92	2.96	66203.4009
3	SEGURIDAD VIAL.				1598.272
3001	Marcas permanentes del pavimento. (pintura sobre calzada).	m	4131	0.27	1108.14075
3003	Señales al lado de la carretera. (vertical hexagonal Pare).	u	1	92.03	92.02625
3004	Señales al lado de la carretera. (reglamentaria direccional).	u	3	102.03	306.07875
3005	Señales al lado de la carretera. (vertical preventiva).	u	1	92.03	92.02625
4	MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES				4193.8
4001	Valla Metálica de Advertencia de obras o desvíos	u	35	100.00	3500
4002	Valla de Madera para Advertencia en Sitio de Obra	u	15	2.82	42.3
4003	Señalización con Cinta (incl. poste)	m	250	0.46	115
4004	Señalización con Malla Plastica	m	250	0.97	242.5
4005	Pasos Peatonales con Cantonera	u	50	5.88	294
SUBTOTAL					1238521.29
IVA					148622.56
TOTAL					1387143.85
SON	UN MILLÓN TRESCIENTOS OCHENTA Y SIETE MIL SIEN TO CUARENTA Y TRES DÓLARES CON OCHENTA Y CINCO CENTAVO!				

5. CONCLUSIONES.

- Para la realización del diseño geométrico, se ha considerado la necesidad de modificar su diseño inicial como tal; ya que, actualmente en la vía en estudio a lo largo de su eje, hay la existencia de una contracurva que genera malestar para los conductores que transitan en ella, razón por la cual se ha realizado ajustes en el diseño geométrico horizontal y vertical, respetando totalmente los parámetros normados en las leyes que actualmente rigen en nuestro país.
- Además, se ha contemplado la realización de un estudio de suelo dándonos como resultado suelos totalmente malos ya que, el CBR calculado en un percentil del 75%, es de 2.3%, razón por la cual se ha contemplado la necesidad de ocupar una capa de mejoramiento a lo largo de toda la longitud de vía. Por otro lado, la elaboración del ensayo de límites de Atterberg y granulometría han permitido clasificar a los suelos como arcillas de alta y baja plasticidad; otra forma de verificar la mala calidad de los suelos en estudio fue mediante el ensayo de humedad, ya que en las cinco calicatas dieron como resultado que se encuentra en estado plástico y al aplicar una carga sobre este quedaría deformada, o también se encontraba en estado líquido sin poder recibir cargas de ningún tipo.
- También, se ha propuesto el diseño de dos opciones para capa de rodadura (pavimento flexible y rígido). Obteniendo como resultado, en el diseño de pavimento flexible capas de: subbase de 25cm, base de 25cm y capa de rodadura de 10cm; en cuanto al diseño de pavimento rígido de 25cm.
- En base a los presupuestos referenciales realizados de los distintos tipos de pavimentos se ha obtenido que la propuesta más económica es la alternativa de pavimento flexible con un valor de un millón trescientos ochenta y siete mil ciento cuarenta y tres dólares con ochenta y cinco centavos.

6. RECOMENDACIONES.

Para la construcción del proyecto se debe cumplir con las normas y especificaciones de diseño establecidas por el MTOP Y NEVI 12, las mismas que fueron consideradas en el desarrollo del presente trabajo investigativo.

Es importante mencionar que el presupuesto y las cantidades de obra son de carácter referencial, por lo tanto, el mismo debe ser verificado y cuantificado en cada una de sus partes.

Todo proyecto de esta categoría se debe socializar con los moradores del sector, con el objeto de informar las actividades a realizarse, tiempos de ejecución, montos, afecciones a predios, etc.

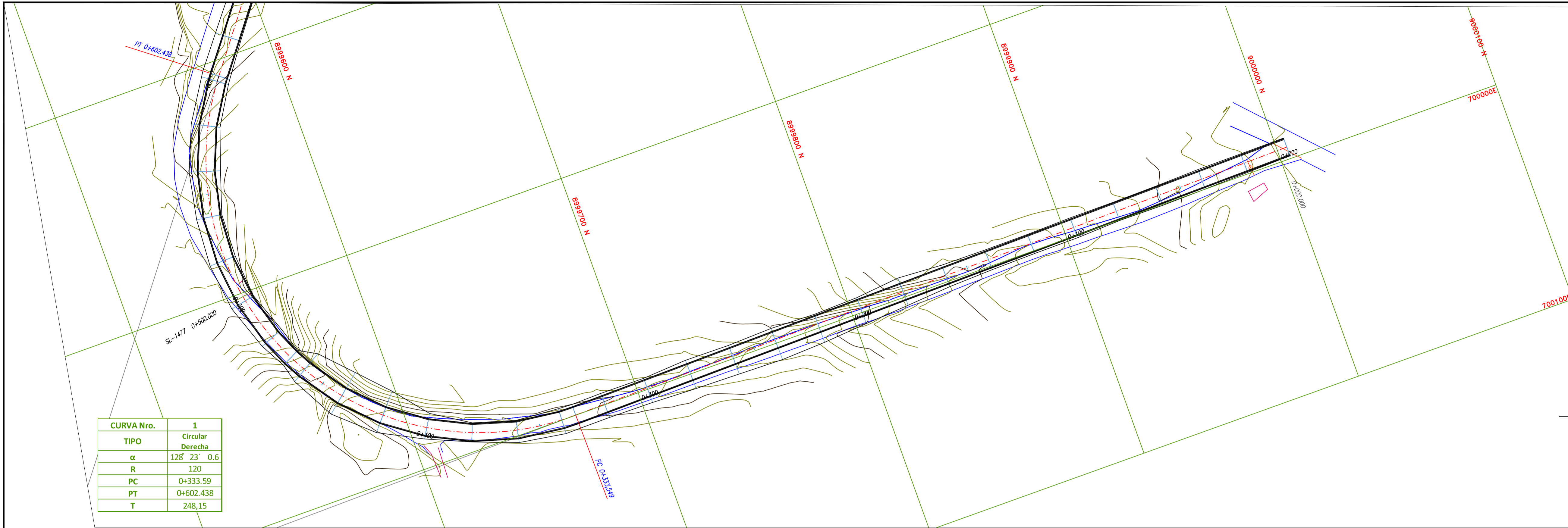
Una vez ejecutado el proyecto, es conveniente realizar mantenimientos parciales en toda el área de la calzada, así como, en el sistema de drenaje para garantizar su funcionalidad y durabilidad.

7. BIBLIOGRAFIA.

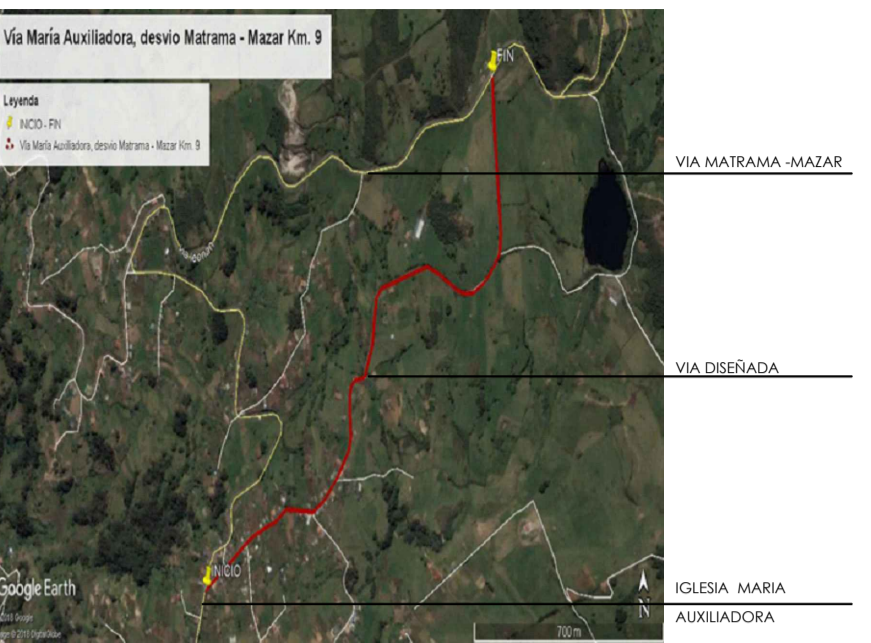
- CÁRDENAS GRISALES, J. (2013). DISEÑO GEOMÉTRICO DE CARRETERAS (SEGUNDA ED.). BOGOTÁ: ECOE EDICIONES.
- MTOP. (2013). NORMA ECUATORIANA VIAL NEVI 12 MTOP. QUITO: MTOP.
- TUSA, OSCAR ROBERTO PÉREZ, (2015). LAS CONDICIONES DE LA VÍA LA LIBERTAD- SAN JORGE, DEL CANTÓN PATATE, PROVINCIA DE TUNGURAHUA. AMBATO.
- CARLOSAMA, SANTIAGO MIGUEL MORENO, (2013). ESTUDIO Y DISEÑO VIAL DE LA AVENIDA 15 DE NOVIEMBRE (ETAPA III DE 1,71KM DE LONGITUD).
- ITURBIDE, ING JORGE CORONADO, (2002). MANUAL CENTROAMERICANO PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS. GUATEMALA.
- CAJO, E. (2015). CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO). UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, LIMA.
- BARROS, E. (2014). COMPACTACIONES DE LOS SUELOS. HUANCVELICA: UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA.
- WHITLOW, R. (1994). FUNDAMENTOS DE MECÁNICA DE SUELOS. MEXICO: CECSA.
- BARRÓN CASANOVA, E., BAUTISTA SANTIAGO, S., & MARTÍNEZ JUÁREZ, G. (2013). OBRAS DE DRENAJE. VERACRUZ.
- VIVANCO MORALES, J., WARH DANIEL, C., & CASANOVA CHIA, C. (2006). *DISEÑO CON CONO DE PENETRACIÓN DINÁMICO EN VÍAS SECUNDARIAS.*
- SUÁREZ ROSALES, C. E., & VERA TOMALÁ, A. J. (2015). *ESTUDIO Y DISEÑO DE LA VÍA EL SALADO - MANANTIAL DE GUANGALA DEL CANTÓN SANTA ELENA*". LA LIBERTAD: UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA.

- REYES ESPÍNDOLA, R. C., & CÁRDENAS GRISALES, J. (1994). *INGENIERÍA DE TRÁNSITO*. MÉXICO DF: ALFAOMEGA S.A.
- POVEDA PENANGOS, M. G., BERNAL ROJAS, F. A., & MARÍN ZAMORA, A. J. (2014). *DISEÑO DE UN PAVIMENTO PARA LA ESTRUCTURA VIAL, DE LA VÍA CONOCIDA COMO “EL KILÓMETRO 19”, DESDE EL K2+000 AL K2+500, QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE CHIPAQUE - UNE, EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA*. TESIS, UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, FACULTAD DE INGENIERÍA, BOGOTÁ.
- MEJÍA, N. C. (2017). *TOPOGRAFÍA APLICADA*. ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL.
- LÓPEZ GARCÍA, J. P., & PARRALES SOLÍS, D. E. (2016). *DISEÑO GEOMÉTRICO Y PROPUESTA DE UNA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO, EN UN TRAMO DE VÍA DE 500 M DEL BO FRAWLEY D-III DEL MUNICIPIO DE MANAGUA, 2016 APLICANDO EL MÉTODO DE LA AASTHO 93 Y EL SOFTWARE WINPASS 1.0.4*. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA - MANAGUA, DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIÓN, MANAGUA.
- IDISA. (2014). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO FINAL PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAMO DE CARRETERA: LLANOS DE COLON- LA CONCORDIA*. MANAGUA.

8. ANEXOS



UBICACIÓN:



PROYECTO:

PROPUESTA DE DISEÑO DE LA VÍA ALTERNA MARIA AUXILIADORA-SAN ANTONIO Km9- MATRAMA-MAZAR

DISEÑO Y DIBUJO:

MARIA GENEVEVA LÓPEZ RIVERA

REVISIÓN:

ING. PAUL ILLESCAS

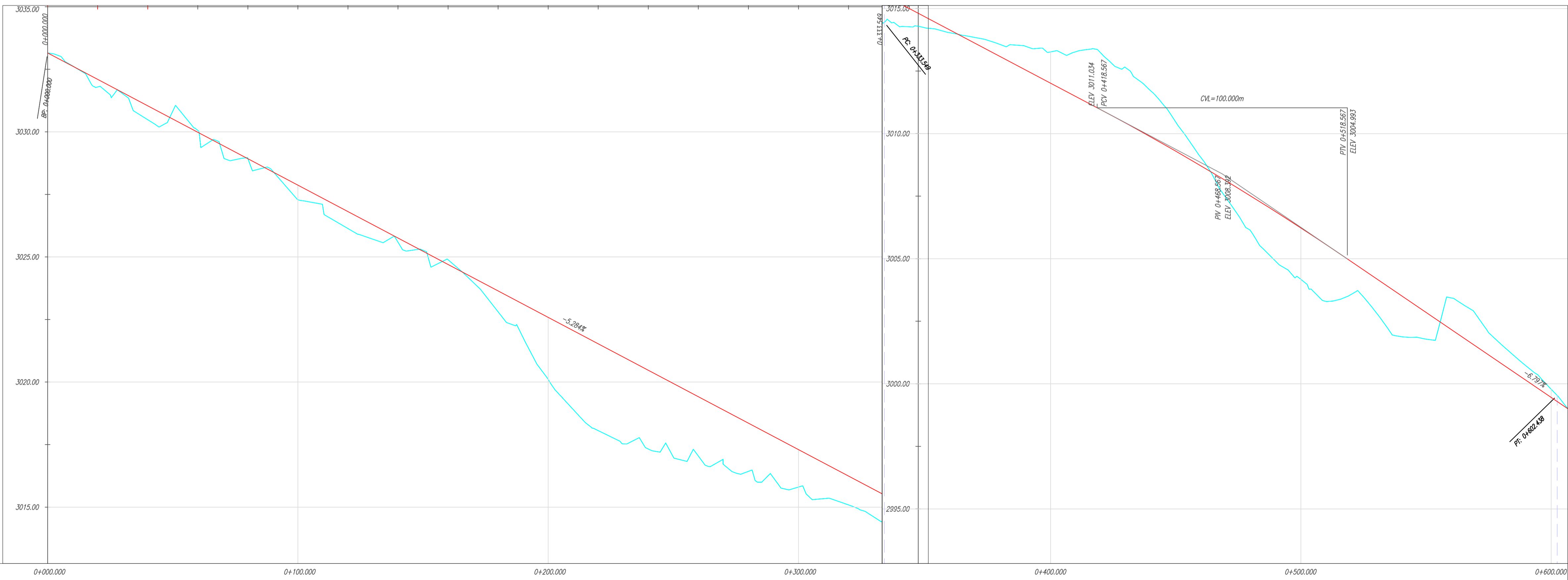
CONTIENE:

TRAMO ABCISCA 0+000 -0+600
 DISEÑO GEOMETRICO HORIZONTAL
 DISEÑO GEOMETRICO VERTICAL
 DETALLES

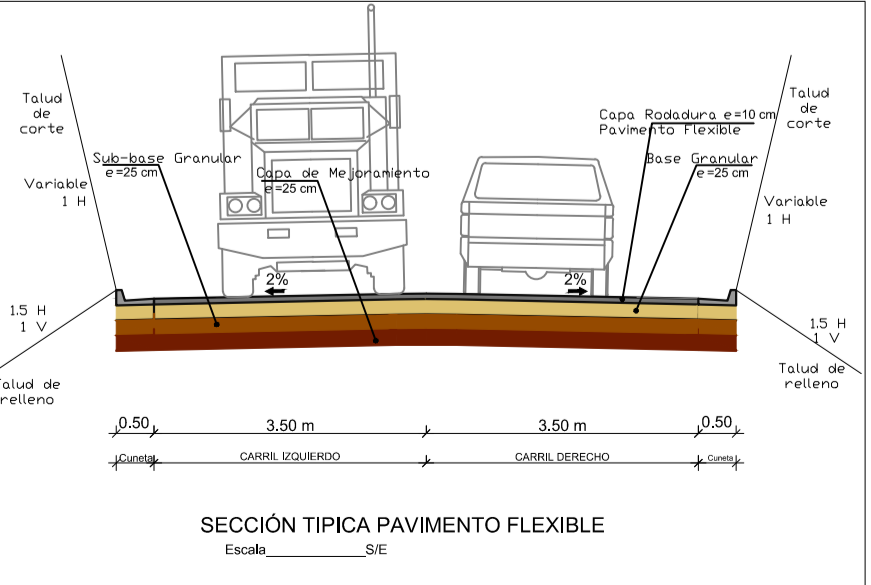
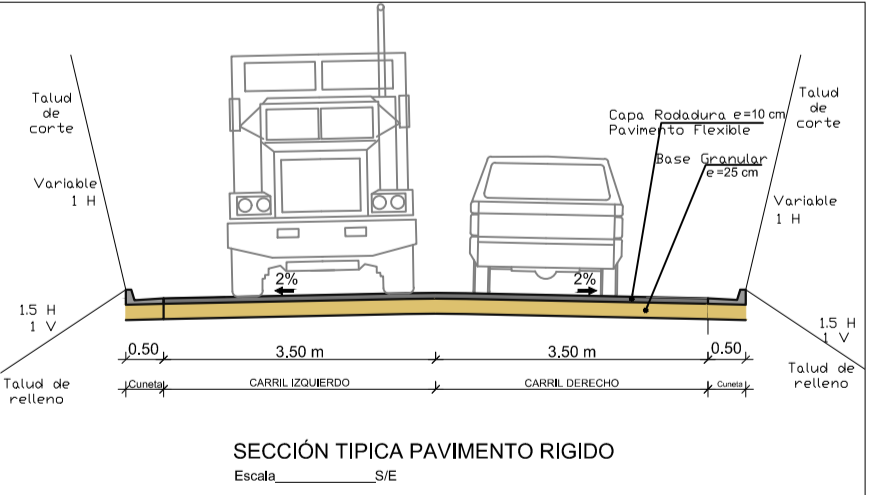
PROVINCIA: CAÑAR:	CANTÓN: AZOGUES	FECHA: DICIEMBRE, 2018
----------------------	--------------------	---------------------------



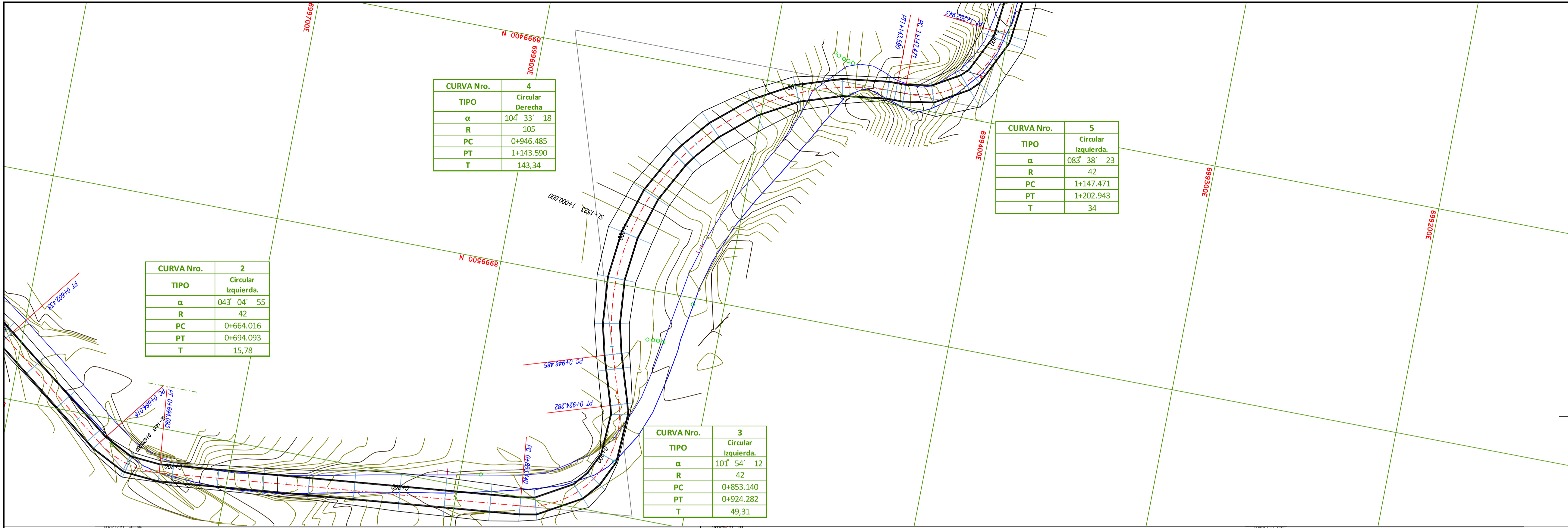
ESCALA: VERTICAL 1:100 HORIZONTAL 1:100 NÚMERO DE LÁMINA: 06 / 06



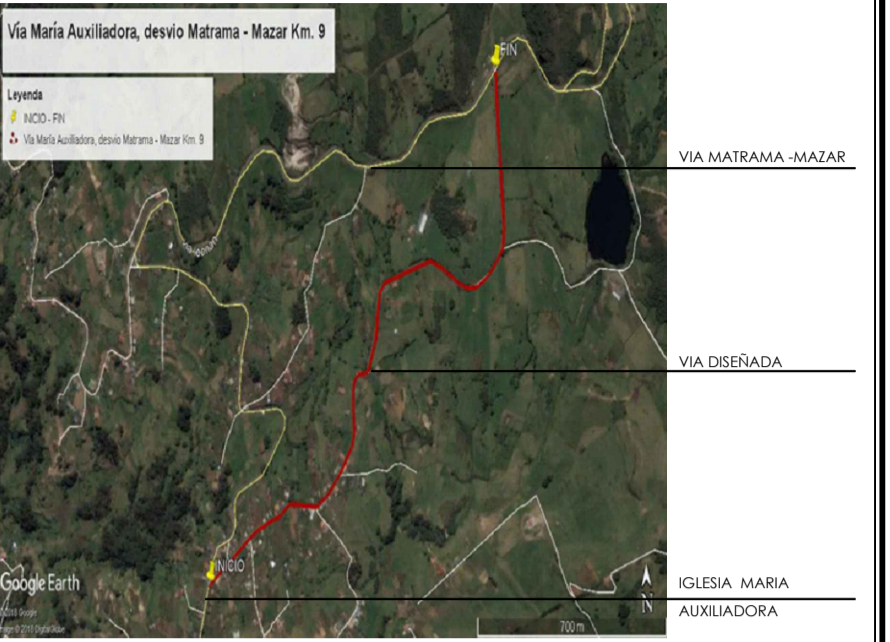
SIMBOLOGÍA	
PLANTA	SECCIONES TRANSVERSALES
BM	PAVIMENTO RIGIDO
Referencia	Capo de Rodadura MR-3.5MPa
Eje Principal	Base Granular
Vías y Aceras existentes	Cunetas
Curva de nivel cada 1 metro	PAVIMENTO FLEXIBLE
Curva de nivel cada 5 metros	Capo de Rodadura
Proyecto vías y aceras	Base Granular
Terreno Natural	Sub-base Granular
Proyecto Vertical	Capo de Mejoramiento
	Cunetas



	0+000.000	0+020.000	0+040.000	0+060.000	0+080.000	0+100.000	0+120.000	0+140.000	0+160.000	0+180.000	0+200.000	0+220.000	0+240.000	0+260.000	0+280.000	0+300.000	0+320.000	0+340.000	0+360.000	0+380.000	0+400.000	0+420.000	0+440.000	0+460.000	0+480.000	0+500.000	0+520.000	0+540.000	0+560.000	0+580.000	0+600.000	
Relleno																																
Corte		0.302	0.554	0.076	0.014	0.276	0.077	0.168	0.634	2.461	3.469	3.147	2.369	1.928	1.488	1.153	0.912	0.102	0.465	1.249	2.270	1.842	0.335	1.403	2.054	1.328	1.649	1.256	0.764	0.328		
TERRENO NATURAL	3033.653	3032.695	3031.794	3030.455	3029.058	3027.293	3025.134	3022.597	3019.641	3016.103	3012.058	3007.470	3002.323	2996.528	2990.087	2983.002	2975.274	2966.907	2957.907	2948.274	2938.002	2927.187	2915.828	2903.928	2891.487	2878.502	2865.074	2851.102	2836.687	2821.774	2807.369	
PERFIL VERTICAL	3033.653	3032.695	3031.639	3030.058	3028.259	3026.293	3024.134	3021.797	3019.241	3016.503	3013.558	3010.410	3007.062	3003.515	2999.769	2995.724	2991.387	2986.750	2981.813	2976.576	2971.039	2965.202	2959.065	2952.628	2945.891	2938.854	2931.517	2923.880	2915.943	2907.706	2899.169	
EJE HORIZONTAL	3033.653	3032.695	3031.639	3030.058	3028.259	3026.293	3024.134	3021.797	3019.241	3016.503	3013.558	3010.410	3007.062	3003.515	2999.769	2995.724	2991.387	2986.750	2981.813	2976.576	2971.039	2965.202	2959.065	2952.628	2945.891	2938.854	2931.517	2923.880	2915.943	2907.706		



UBICACIÓN:



PROYECTO:

PROPUESTA DE DISEÑO DE LA VÍA ALTERNA MARIA AUXILIADORA-SAN ANTONIO Km9- MATRAMA-MAZAR

DISEÑO Y DIBUJO:

MARIA GENOVEVA LÓPEZ RIVERA

REVISIÓN:

ING. PAUL ILLESCAS

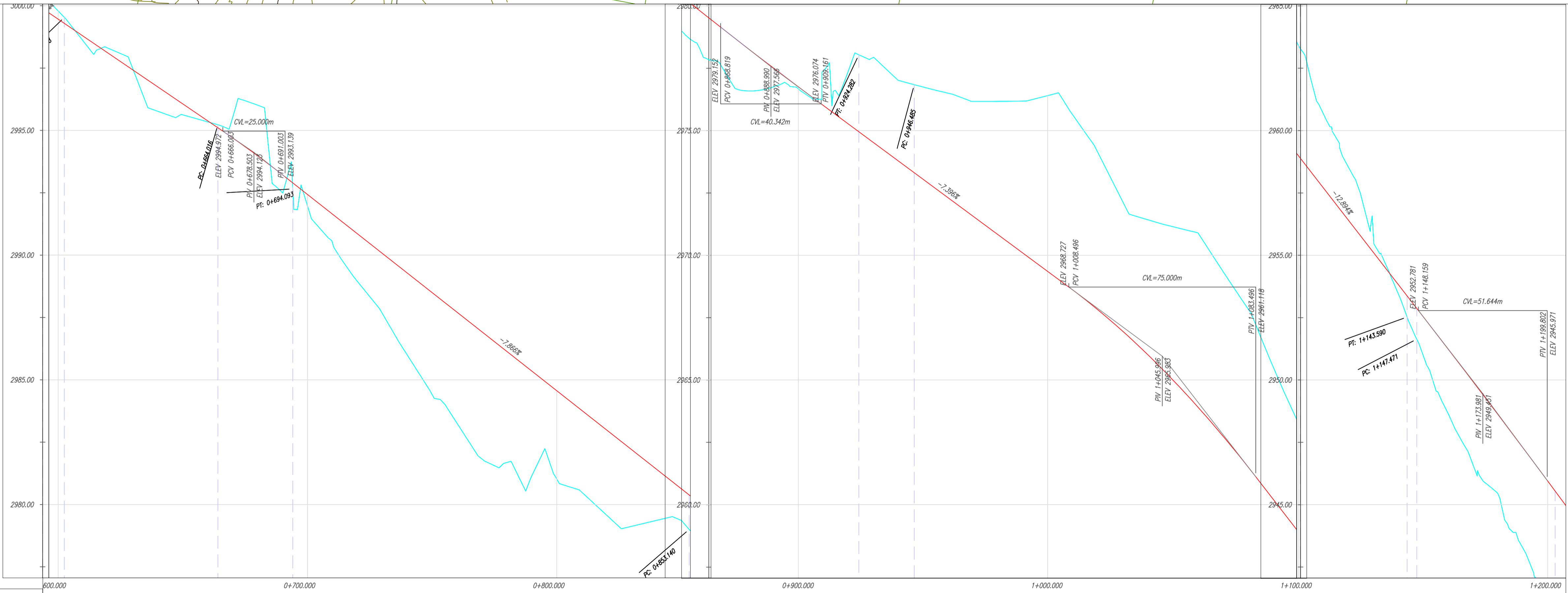
CONTIENE:

TRAMO ABCISA 0+600 - 1+200
DISEÑO GEOMETRICO HORIZONTAL
DISEÑO GEOMETRICO VERTICAL
DETALLES

PROVINCIA: CAÑAR CANTÓN: AZOGUES FECHA: DICIEMBRE, 2018

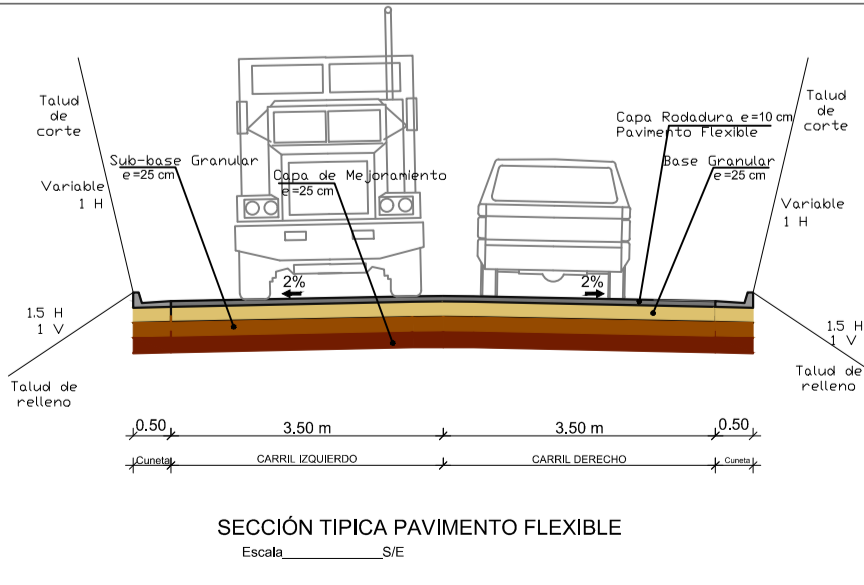
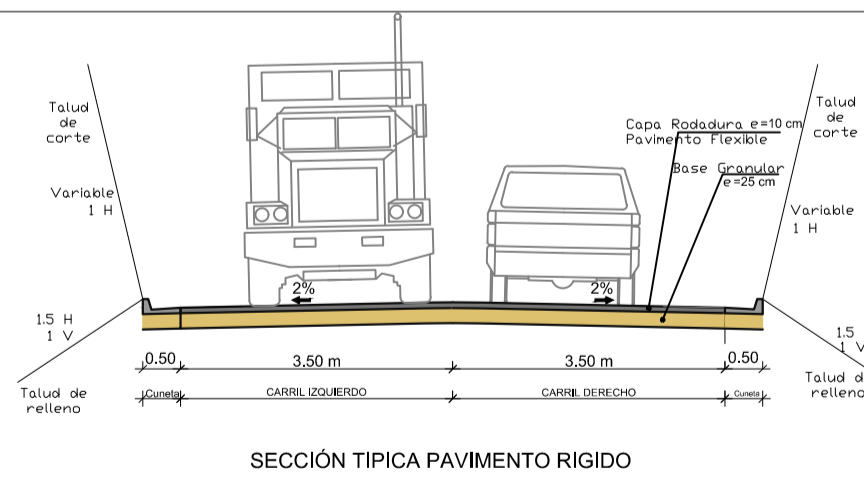


ESCALA:
VERTICAL 1:100
HORIZONTAL 1:1000
NÚMERO DE LÁMINA:
06 / 06

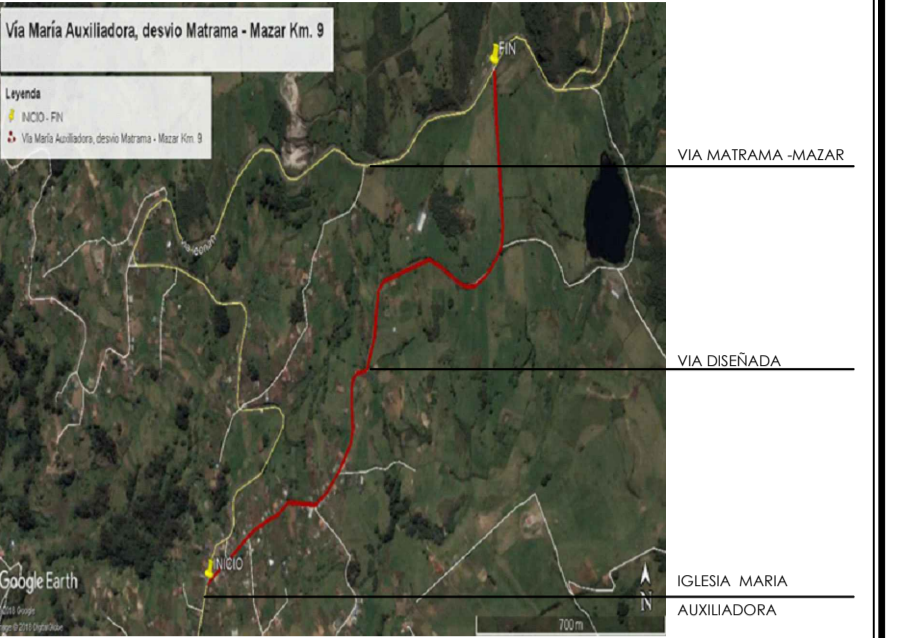


	0+600.000	0+620.000	0+640.000	0+660.000	0+680.000	0+700.000	0+720.000	0+740.000	0+760.000	0+780.000	0+800.000	0+820.000	0+840.000	0+860.000	0+880.000	0+900.000	0+920.000	0+940.000	0+960.000	0+980.000	1+000.000	1+020.000	1+040.000	1+060.000	1+080.000	1+100.000	1+120.000	1+140.000	1+160.000	1+180.000	1+200.000		
Relleno																																	
Corte	0.328	0.198	0.973	0.038		0.463	1.910	3.290	4.464	4.450	3.541	3.417	2.652	1.473	1.686	0.880		2.112	4.191	5.343	7.052	6.329	5.400	6.866	6.350	4.416	2.134	0.360	2.381	3.176	4.302		
TERRENO NATURAL	2999.458	2998.099	2996.767	2995.542	2994.579	2993.616	2992.658	2991.705	2990.758	2989.816	2988.879	2987.947	2987.020	2986.100	2985.184	2984.272	2983.364	2982.460	2981.560	2980.664	2979.772	2978.884	2977.999	2977.117	2976.238	2975.362	2974.490	2973.621	2972.756	2971.894	2971.035	2970.180	2969.328
PERFIL VERTICAL	2999.458	2998.099	2996.740	2995.542	2994.579	2993.616	2992.658	2991.705	2990.758	2989.816	2988.879	2987.947	2987.020	2986.100	2985.184	2984.272	2983.364	2982.460	2981.560	2980.664	2979.772	2978.884	2977.999	2977.117	2976.238	2975.362	2974.490	2973.621	2972.756	2971.894	2971.035	2970.180	2969.328
EJE HORIZONTAL	2999.458	2998.099	2996.740	2995.542	2994.579	2993.616	2992.658	2991.705	2990.758	2989.816	2988.879	2987.947	2987.020	2986.100	2985.184	2984.272	2983.364	2982.460	2981.560	2980.664	2979.772	2978.884	2977.999	2977.117	2976.238	2975.362	2974.490	2973.621	2972.756	2971.894	2971.035	2970.180	2969.328

SIMBOLOGÍA	
PLANTA	SECCIONES TRANSVERSALES
BM	PAVIMENTO RIGIDO
Referencia	Capo de Rodadura MR=3.5MPa
Eje Principal	Base Granular
Vías y Aceras existentes	Cunetas
Curva de nivel cada 1 metro	PAVIMENTO FLEXIBLE
Curva de nivel cada 5 metros	Capo de Rodadura
Proyecto vías y aceras	Base Granular
Terreno Natural	Sub-base Granular
Proyecto Vertical	Capo de Mejoramiento
	Cunetas



UBICACIÓN:



PROYECTO:

PROPUESTA DE DISEÑO DE LA VÍA ALTERNA MARIA AUXILIADORA-SAN ANTONIO Km9- MATRAMA-MAZAR

DISEÑO Y DIBUJO:

MARIA GENOVEVA LÓPEZ RIVERA

REVISIÓN:

ING. PAUL ILLESCAS

CONTIENE:

SECCIONES TRANSVERSALES
PAVIMENTO FLEXIBLE

PROVINCIA:
CAÑAR:

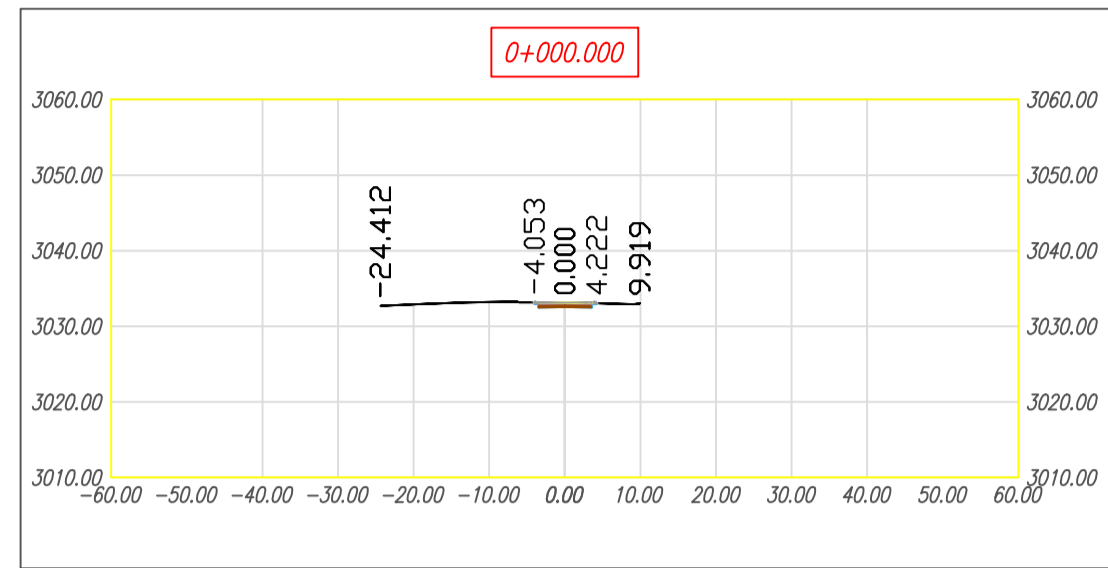
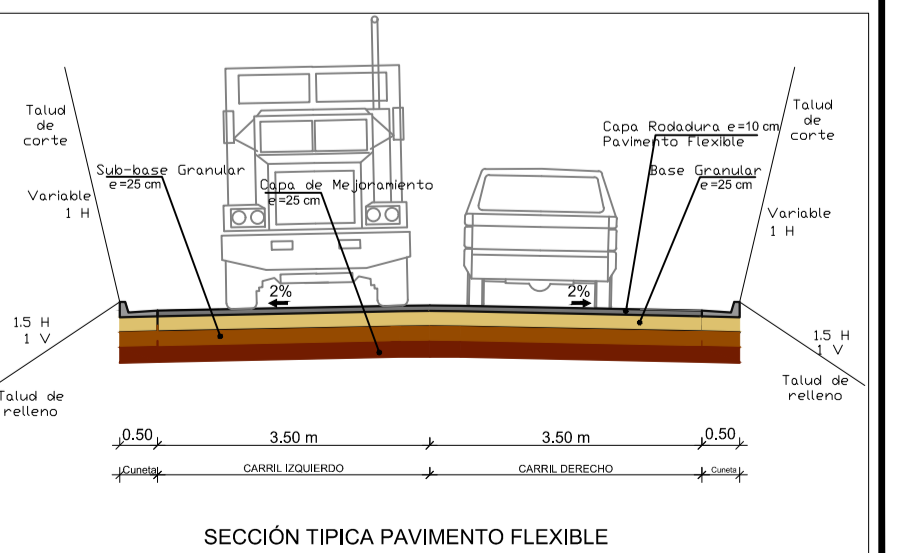
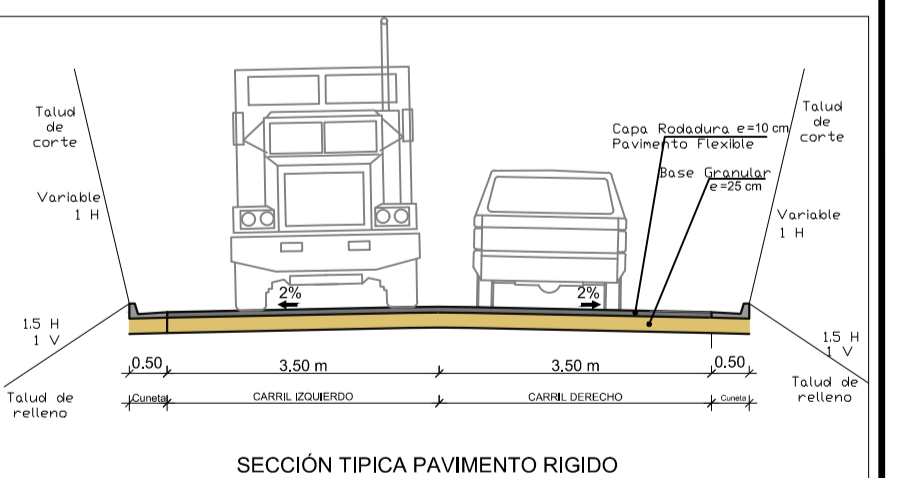
CANTÓN:
AZOGUES

FECHA:
DICIEMBRE, 2018



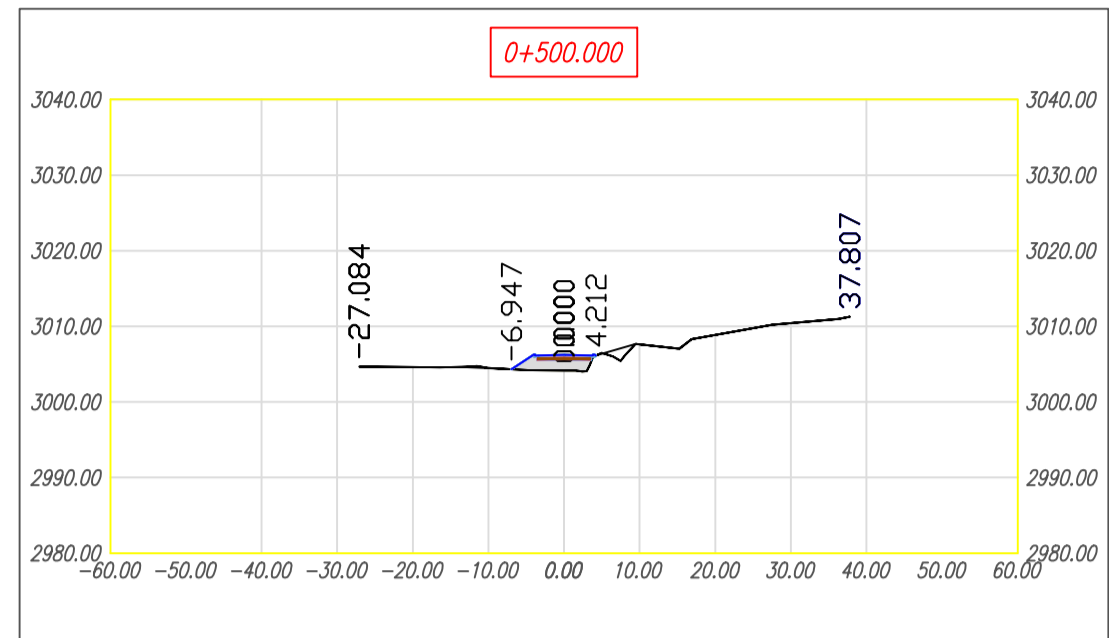
ESCALA:
VERTICAL 1:100
HORIZONTAL 1:1000
NÚMERO DE LÁMINA:
06 / 06

SIMBOLOGÍA	
PLANTA	SECCIONES TRANSVERSALES
	PAVIMENTO RIGIDO
	Capa de Rodadura MR-3.5MPa
	Base Granular
	Cunetas
	PAVIMENTO FLEXIBLE
	Capa de Rodadura
	Base Granular
PERFIL	Sub-base Granular
	Capa de Mejoramiento
	Cunetas



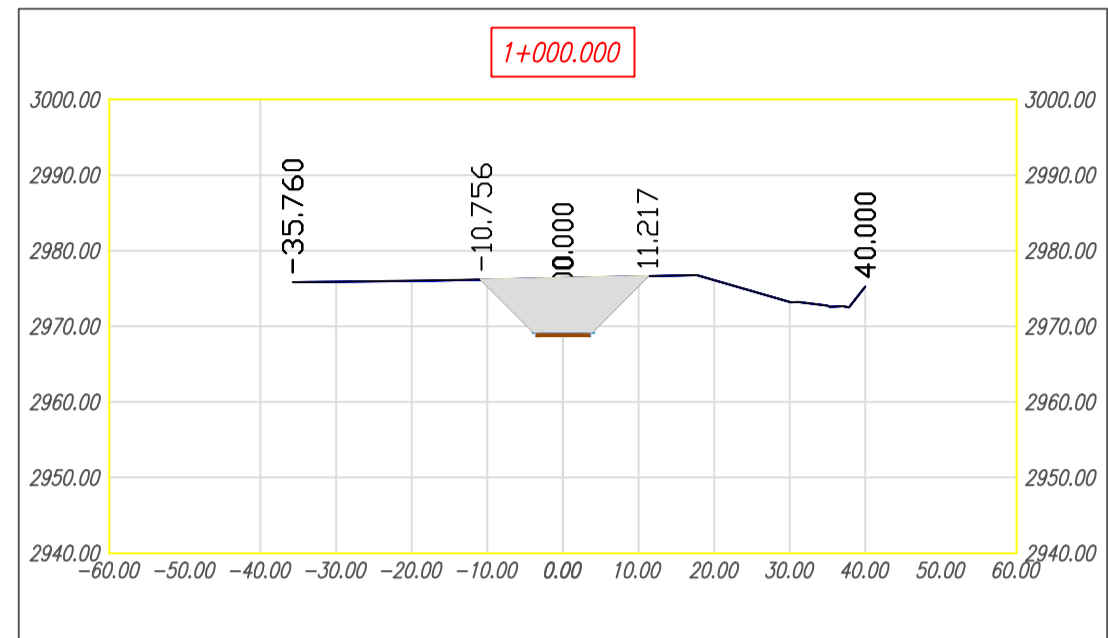
Datos sección

-60.000	3033.157	3033.153	0.000
-55.000			
-50.000			
-45.000			
-40.000			
-35.000			
-30.000			
-25.000			
-20.000			
-15.000			
-10.000			
-5.000			
0.000			
5.000			
10.000			
15.000			
20.000			
25.000			
30.000			
35.000			
40.000			
45.000			
50.000			
55.000			
60.000			



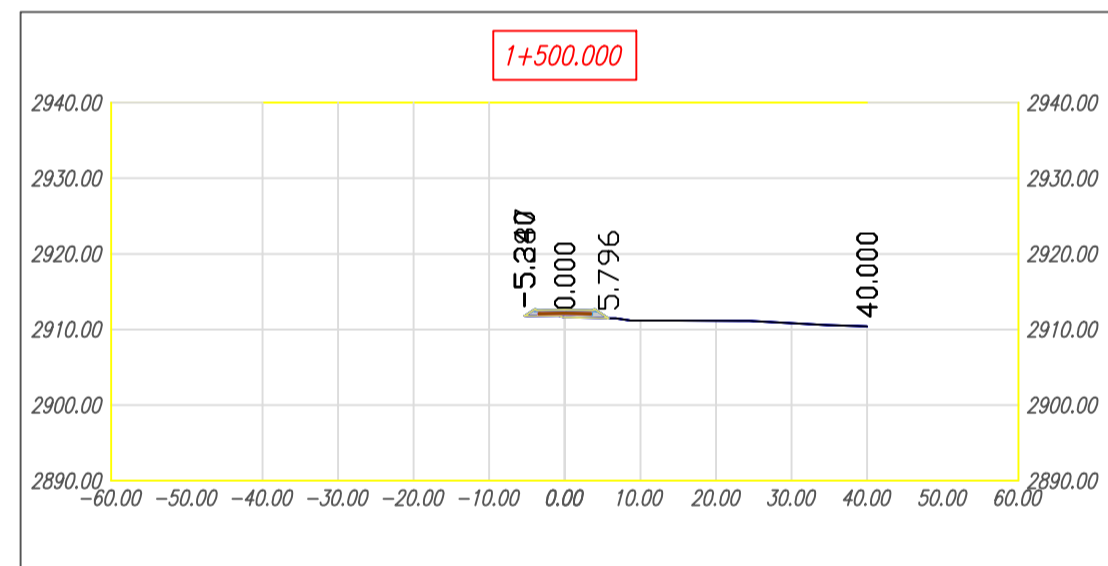
Datos sección

-60.000	3005.619	3005.619	0.000
-55.000			
-50.000			
-45.000			
-40.000			
-35.000			
-30.000			
-25.000			
-20.000			
-15.000			
-10.000			
-5.000			
0.000			
5.000			
10.000			
15.000			
20.000			
25.000			
30.000			
35.000			
40.000			
45.000			
50.000			
55.000			
60.000			



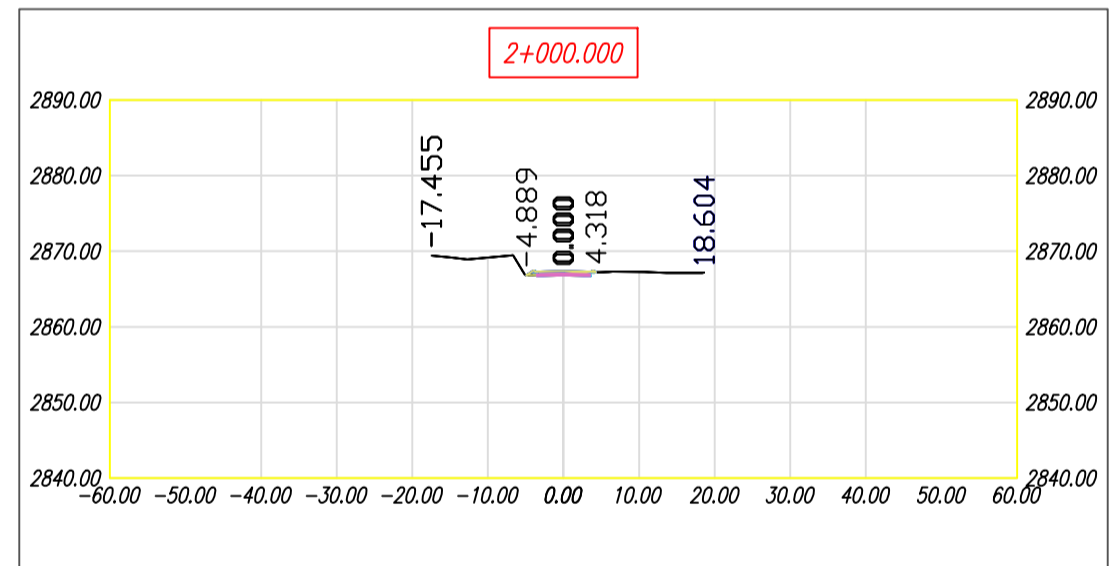
Datos sección

-60.000	2975.425	2975.425	0.000
-55.000			
-50.000			
-45.000			
-40.000			
-35.000			
-30.000			
-25.000			
-20.000			
-15.000			
-10.000			
-5.000			
0.000			
5.000			
10.000			
15.000			
20.000			
25.000			
30.000			
35.000			
40.000			
45.000			
50.000			
55.000			
60.000			



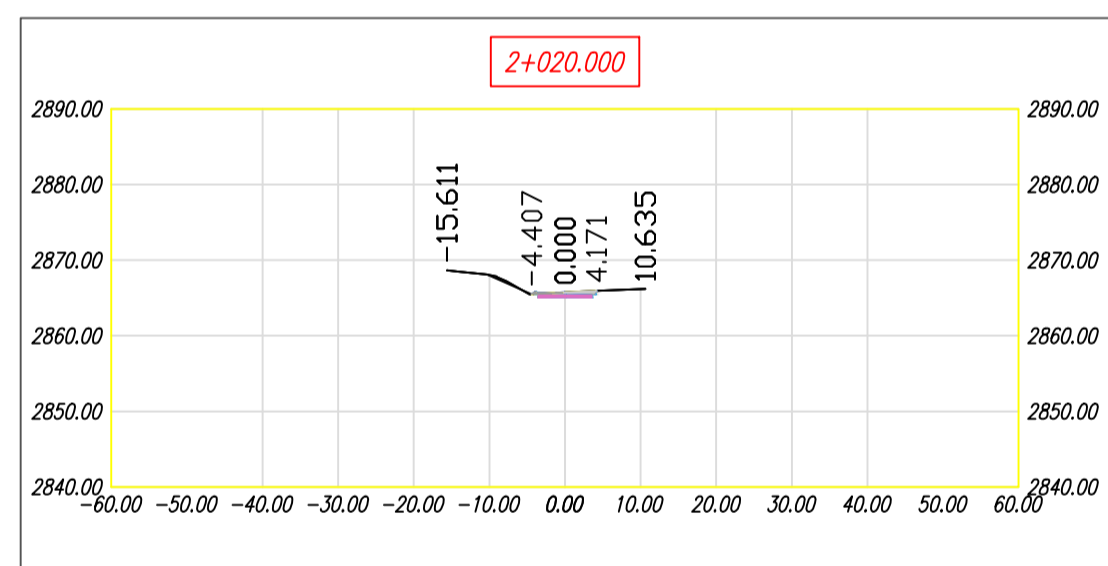
Datos sección

-60.000	2912.000	2912.000	0.000
-55.000			
-50.000			
-45.000			
-40.000			
-35.000			
-30.000			
-25.000			
-20.000			
-15.000			
-10.000			
-5.000			
0.000			
5.000			
10.000			
15.000			
20.000			
25.000			
30.000			
35.000			
40.000			
45.000			
50.000			
55.000			
60.000			



Datos sección

-60.000	2867.383	2867.383	0.000
-55.000			
-50.000			
-45.000			
-40.000			
-35.000			
-30.000			
-25.000			
-20.000			
-15.000			
-10.000			
-5.000			
0.000			
5.000			
10.000			
15.000			
20.000			
25.000			
30.000			
35.000			
40.000			
45.000			
50.000			
55.000			
60.000			



Datos sección

-60.000	2865.709	2865.709	0.000
-55.000			
-50.000			
-45.000			
-40.000			
-35.000			
-30.000			
-25.000			
-20.000			
-15.000			
-10.000			
-5.000			
0.000			
5.000			
10.000			
15.000			
20.000			
25.000			
30.000			
35.000			
40.000			
45.000			
50.000			
55.000			
60.000			



**PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO
INSTITUCIONAL**

Yo, **María Genoveva López Rivera** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° 0302913520. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Propuesta de diseño de la vía alterna Maria Auxiliadora- San Antonio- Km9 de la vía Matrama Mazar”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 01 de febrero de 2019

María Genoveva López Rivera.

C.I.:0302913520.