



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO
DE 6.00 KM, TRAMO CARRETERO EL JÍCARO – MURRA, DEPARTAMENTO DE
NUEVA SEGOVIA”**

Para optar al título de ingeniero civil

Elaborado por:

Br. Alex Lorenzo Huete López

Br. Julio Eduardo Ruíz Hernández

Br. Luis Fernando Agurcia Cerna

Tutor:

Ing. Keving Roberto Sánchez Rocha.

Asesor:

Ing. Francisco Javier Flores Murillo.

Managua, Junio 2022.

DEDICATORIA

A Dios: Que es el Ser por Excelencia, Creador de todas las cosas y dueño de la sabiduría que nos regaló para llegar a este momento tan oportuno en nuestras vidas y que este sueño hoy pueda ser realidad

A nuestros padres y familiares: por ser columnas principales en nuestras vidas y sostenernos cada día, para brindarnos ese apoyo incondicional en todo el caminar de nuestra carrera.

A nuestros maestros: por compartir con dedicación y empeño todo su conocimiento preparándonos para caminar firmes y con la cabeza en alto en cada etapa de nuestro camino profesional.

Br. Alex Lorenzo Huete López
Br. Julio Eduardo Ruíz Hernández
Br. Luis Fernando Agurcia Cerna

AGRADECIMIENTO

Agradecemos primeramente a Dios por ser nuestra fortaleza la cual nos ha sostenido y nos ha dado la fe la esperanza y el amor para no desmayar y poder lograr nuestra meta.

A nuestra familia, nuestros maestros, nuestros amigos y a todos aquellos que han sido parte de nuestro desarrollo y formación profesional como universitarios.

Br. Alex Lorenzo Huete López
Br. Julio Eduardo Ruíz Hernández
Br. Luis Fernando Agurcia Cerna

RESUMEN EJECUTIVO.

El presente trabajo monográfico, comprende todos los criterios y estudios técnicos necesarios para la realización del proyecto titulado: **“Diseño geométrico vial y estructura de pavimento articulado de 6.00 km, tramo carretero El Júcaro – Murra, departamento de Nueva Segovia”**.

CAPÍTULO I. GENERALIDADES.

Este capítulo abordará aspectos tales como: Introducción, Antecedentes, Justificación y Objetivos.

CAPÍTULO II. ESTUDIO DE TRÁNSITO.

Contempla el estudio de tránsito, obtenido mediante un aforo manual en el tramo de carretera, que permitirá conocer el volumen y composición vehicular de ésta, el aforo vehicular se realizará durante 5 días sobre la vía, con una duración de 12 horas consecutivas cada día (6:00 am - 6:00 pm). Se obtendrá el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) por medio de los factores de expansión del tránsito establecidos por el MTI de acuerdo a la Estación de Mayor Cobertura No. 1802 San Marcos – Masatepe y la Estación de Corta Duración No. 1901 Camoapa – Empalme La Subasta. Posteriormente se analizarán las correlaciones de los datos históricos en el periodo 2000-2019 del PIB y POB del país para la determinación de la tasa de crecimiento y calcular el tránsito de diseño. Por último, se determinarán los factores de ejes equivalentes por tipo de vehículo para la obtención de los ejes equivalentes ESAL´S a lo largo de periodo de diseño de la carretera.

CAPÍTULO III. ESTUDIO GEOTÉCNICO.

Se analizarán los resultados de los estudios de suelo realizados a los sondeos manuales in situ de la línea de carretera, sus propiedades físicas y mecánicas, para la selección del material que conformara la estructura de terracería del pavimento articulado.

Posteriormente se analizarán también los posibles bancos de materiales cercanos a la zona de proyecto que permitan obtener suelos con las capacidades de resistencia CBR establecidas por la norma AASHTO y la norma NIC 2019, que permita la correcta configuración de la base, sub-base y sub-rasante.

CAPÍTULO IV. ESTUDIO DE TOPOGRAFÍA.

En este capítulo se analizará y procesará la información de la topografía brindada por la Alcaldía Municipal de Estelí. Posteriormente se definirán las pendientes que rigen sobre el terreno donde se emplazará el proyecto, y establecerá la configuración del relieve del terreno por medio de la obtención de sus curvas de nivel.

CAPÍTULO V. DISEÑO GEOMETRICO VIAL.

Se abordarán los criterios de diseño de los componentes de la carretera en base al Manual Centroamericano de Diseño Geométrico de Carreteras (SIECA 2011) desde los componentes que conforman el alineamiento horizontal y vertical de está, como su sección típica de diseño y los parámetros de distancia de visibilidad en conformidad a la clasificación funcional de la vía y el TPDA de diseño. Se utilizará el software de AutoCAD Civil 3D, para la obtención de la rasante de proyecto, el diseño de curvas horizontales y verticales, las velocidades de diseño por tramo de carretera y tipo de terreno. Finalizando con la conformación del conjunto de planos constructivos que serán presentados posteriormente en anexos.

CAPÍTULO VI. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO.

El diseño de la estructura de pavimento se realizará utilizando el método que plantea la AASHTO-93, aplicando los criterios, variables y características de diseño para la determinación de los diferentes espesores con que estará conformada la estructura de pavimento cumpliendo con los requerimientos establecidos por la AASHTO 93 y la NIC-2019.

INDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I. GENERALIDADES.

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS.....	16
1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.1. Macro localización.....	2
1.1.2. Micro localización.....	3
1.2. ANTECEDENTES.....	4
1.3. JUSTIFICACION.....	5
1.4. OBJETIVOS.....	6
1.4.1. Objetivo General.....	6
1.4.2. Objetivo Específicos.....	6

CAPITULO II. ESTUDIO DE TRÁFICO

2.1. INTRODUCCIÓN.....	8
2.2. RECOPIACIÓN DE DATOS	8
2.3. CLASIFICACIÓN VEHICULAR.....	8
2.4. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	9
2.4.1 Tránsito promedio diario (TPDi).....	9
2.4.2. Tránsito promedio diario anual (TPDA).....	10
2.4.2.1. Ejemplo de cálculo de TPDA para tipo de vehículo: Motos.	12
2.5. PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO.....	13
2.5.1. Tasa de crecimiento vehicular (TC).....	13
2.5.2. Tasa crecimiento poblacional.....	15
2.5.3. Tasa de crecimiento del producto interno bruto (PIB).....	15
2.5.4. Selección de la tasa de crecimiento.....	16
2.5.5. Período de diseño (n).....	17
2.5.6. Factor direccional (Fs).....	17
2.5.7. Factor de crecimiento (FC).....	18
2.5.8. Factor de distribución por carril.....	18
2.5.9. Determinación del tránsito de diseño.....	18
2.6. EJES EQUIVALENTES W18 (ESAL'S).....	19
2.6.1. Índice de serviciabilidad (Po, Pt).....	20
2.6.2. Pérdida de serviciabilidad (Δ PSI).....	20

2.6.3. Factor de equivalencia ($F_{ESAL'S}$).....	20
2.6.4. Obtención de ejes equivalentes (W18).....	22
CAPITULO III. ESTUDIO GEOTÉCNICO	
3.1. INTRODUCCIÓN.....	25
3.2. ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO ...	26
3.2.1. Base	27
3.2.2. Sub-base	27
3.2.3. Sub-rasante o Terreno Natural.....	28
3.3. TRABAJOS DE CAMPO Y LABORATORIO.....	29
3.3.1. Ensayos de suelo en línea	29
3.3.2. Ensayos de CBR de sondeos en línea.....	43
3.4. INVESTIGACIÓN DE BANCOS DE MATERIALES.....	46
3.4.1. Resultados de los ensayos de laboratorio realizados a los bancos de materiales.....	47
3.5. CONFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE TERRACERÍA	49
CAPITULO IV. ESTUDIO TOPOGRÁFICO	
4.1 INTRODUCCIÓN.....	51
4.1.1. Levantamiento topográfico.....	51
4.2 OBTENCIÓN DE RELIEVE DE TERRENO.....	52
4.2.1. Tipo de terreno	54
CAPITULO V. DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL	
5.1. INTRODUCCIÓN.....	57
5.1.1. Uso de software AutoCAD Civil 3D para el diseño geométrico vial...	57
5.2. CONTROLES Y CRITERIOS DE DISEÑO.....	57
5.2.1. Clasificación funcional.....	57
5.2.2. Derecho de vía.....	58
5.2.3. Vehículo de diseño.....	59
5.2.4. Velocidad de diseño.....	60
5.2.5. Importación de puntos levantados y creación de superficie de proyecto.....	62
5.2.6. Definición de curvas de nivel de superficie.....	63
5.2.7. Distancia de visibilidad en carreteras.....	63
5.2.7.1. Distancia de visibilidad de parada.....	63

5.2.8. Alineamiento Horizontal.....	64
5.2.8.1. Peralte.	64
5.2.8.2. Factor de fricción lateral.....	64
5.2.8.2. Radio mínimo.....	64
5.2.8.3. Longitud de Transición y distancia de bombeo.....	65
5.2.9. Alineamiento vertical.	65
5.2.9.1. Pendiente de control para el diseño.	65
5.2.9.2. Curvas verticales convexas (en cresta).	66
5.2.9.3. Curvas verticales cóncavas (en columpio).....	66
5.2.10. Utilización de dispositivos uniformes para el control de tránsito.....	67
5.2.10.1. Señales de reglamentación.	67
5.2.10.2. Señales de prevención.	68
5.2.10.3. Señales de información.	69
5.3. ELEMENTOS DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL.....	69
5.3.1. Plataforma o corona.	70
5.3.1.1. Rasante.	70
5.3.1.2. Pendiente Transversal.	70
5.3.1.3. Ancho de calzada.	71
5.3.1.4. Hombros.	71
5.3.2. Sub-corona o subrasante.	72
5.3.2.1. Subrasante.	72
5.4. DISEÑO GEOMÉTRICO	73
5.4.1. Tangentes o rectas.....	74
5.4.2. Curvas Horizontales.	74
5.4.2.1. Radio mínimo.....	76
5.4.2.2. Grado de curvatura.	76
5.4.2.3 Cálculo de elementos de curvas horizontales.....	77
5.4.2.4. Cálculo de sobreebanco para curvas horizontales.	78
5.5.3. Curvas Verticales.	79

CAPITULO I. DISEÑO DE PAVIMENTO ARTICULADO

6.1. INTRODUCCIÓN.....	82
6.2. MÉTODO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO ARTICULADO (AASHTO-93)	82
6.3. VARIABLES A CONSIDERAR, MÉTODO AASHTO-93	83
6.3.1. Confiabilidad.....	83
6.3.2. Desviación estándar	83
6.3.3. Serviciabilidad	84
6.3.4. Módulo de Resiliencia de la subrasante (Mr).	84
6.3.5. Coeficiente de drenaje.....	84
6.3.6. Coeficientes de las capas estructurales	85
6.3.6.1. Coeficiente estructural de la carpeta de rodamiento (adoquín de concreto) a1.....	85
6.3.6.2. Coeficiente estructural para base estabilizada con cemento a2..	86
6.3.6.3. Coeficiente estructural para sub-base a3.	86
6.3.7. Números estructurales aportados y determinación de espesores.	87
6.3.7.1. Determinación de números estructurales	88
6.3.7.2. Espesor de base granular.....	90
6.3.7.3. Espesor de sub-base granular:.....	90
CONCLUSIONES.....	102
RECOMENDACIONES.....	105
BIBLIOGRAFIA.....	107
ANEXOS.....	108

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico No. 1. Composición vehicular del tráfico promedio diario del tramo.	10
Gráfico No. 2. Porcentaje de Composición Vehicular del Tránsito.	13
Gráfico No. 7. Columna estratigráfica (Sondeo No. 1 al Sondeo No. 3).	33
Gráfico No. 8. Columna estratigráfica (Sondeo No.4 al Sondeo No. 6).	34
Gráfico No. 9. Columna estratigráfica (Sondeo No. 7 - Sondeo No. 9).	35
Gráfico No. 10. Columna Estratigráfica (Sondeo No. 10 - Sondeo No. 12).	36
Gráfico No. 11. Columna Estratigráfica (Sondeo No. 13 - Sondeo No. 15).	37
Gráfico No. 12. Columna Estratigráfica (Sondeo No. 16 - Sondeo No. 18).	38
Gráfico No. 13. Columna Estratigráfica (Sondeo No. 19 - Sondeo No. 21).	39
Gráfico No. 14. Columna Estratigráfica (Sondeo No. 22 - Sondeo No. 24).	40
Gráfico No. 15. Columna Estratigráfica (Sondeo No. 25 - Sondeo No. 27).	41
Gráfico No. 16. Columna Estratigráfica (Sondeo No. 28 - Sondeo No. 30).	42
Gráfico No. 17. Columna Estratigráfica (Sondeo No. 28 - Sondeo No. 30).	43
Gráfico No. 18. CBR de diseño para la sub-rasante.	46
Gráfico No. 19. Nomograma para la Determinación del Coeficiente Estructural a2.	86
Gráfico No. 20. Nomograma para la determinación del coeficiente estructural a3.	87
Gráfico No. 21. Nomograma para la determinación del número estructural SN ₂ .	89

INDICE DE IMÁGENES

Imagen No. 1. Macro localización de Proyecto El Júcaro, Nueva Segovia.	2
Imagen No. 2. Micro Localización de Proyecto El Júcaro – Murra, Nueva Segovia.	3
Imagen No. 3. Composición de la estructura de Pavimento Articulado.	26
Imagen No. 4. Tramo de carretera, Est. 0+000 – Est. 3+000.	51
Imagen No. 5. Tramo de carretera, Est. 4+00 – Est. 6+000.	52
Imagen No. 6. Esquema de perfil longitudinal de elevación Est. 0+000 – Est. 6+000.	56
Imagen No. 7. Componentes de curva circular.....	75
Imagen No. 8. Diseño final de espesores de pavimento articulado del proyecto.	91
Imagen No. 9. Estación de Aforo 0+440.....	I
Imagen No. 10. Aforo de tránsito, lunes 10/05/2021, ambos sentidos.	II
Imagen No. 11. Aforo de tránsito, martes 11/05/2021, ambos sentidos.	III
Imagen No. 12. Aforo de tránsito, miércoles 12/05/2021, ambos sentidos.....	IV
Imagen No. 13. Aforo de tránsito, jueves 13/05/2021, ambos sentidos.....	V
Imagen No. 14. Aforo de tránsito, viernes 14/05/2021, ambos sentidos.	VI
Imagen No. 15. Tipología y clasificación vehicular.	VII
Imagen No. 16. Ubicación de Banco de Material No. 2.	XIV

INDICE DE TABLAS

Tabla No. 1. Tránsito promedio diario.	9
Tabla No. 2. Porcentaje vehicular de estaciones de mayor cobertura.....	121
Tabla No. 3. Factores de cálculo de TPDA a utilizar.	171
Tabla No. 4. Cálculo del tránsito promedio diario anual.	172
Tabla No. 5.Registro histórico de TPDA ECD 5501.	184
Tabla No. 6. Cálculo de tasas de crecimiento vehicular.	19
Tabla No. 7. Datos históricos de población.	15
Tabla No. 8. Datos históricos PIB.....	16
Tabla No. 9. Período de diseño en años.	17
Tabla No. 10. Factor de distribución por sentido (Fs).....	18
Tabla No. 11. Factor de distribución por carril (Fc).....	18
Tabla No. 12. Tránsito de diseño.....	19
Tabla No. 13. Pesos de ejes por tipo de vehículos en kips	21
Tabla No. 14. Factores de equivalencia de carga obtenidos por interpolación. .	22
Tabla No. 15. Cálculo de ejes equivalentes de 18 kips	23
Tabla No. 16. Ensayes practicados a las muestras de suelos de la línea y bancos de préstamo.....	25
Tabla No. 17. Especificaciones de materiales para Base.....	27
Tabla No. 18. Especificaciones de materiales para Sub-base	28
Tabla No. 19. Especificaciones de materiales para terraplenes y subrasante ...	28
Tabla No. 20. Sondeos realizados desde la Est. 0+065 – Est. 1+800.....	300
Tabla No. 21. Sondeos realizados desde la Est. 2+000 – Est. 3+800.....	311
Tabla No. 22. Sondeos realizados desde la Est 4+000 – Est. 6+000.....	322
Tabla No. 23. Ensayos CBR desde la Est 0+065 – Est. 6+000.....	444
Tabla No. 24. Criterio del Instituto dl Asfalto para determinar el CBR de diseño de subrasante.....	455
Tabla No. 25. Valores utilizados para el diseño de CBR de sub-rasante.	455
Tabla No. 26. Propiedades de bancos de materiales.....	477
Tabla No. 27. Valores utilizados para el diseño de CBR de sub-rasante.	488

Tabla No. 28. Granulometría y CBR.....	488
Tabla No. 29. Leyenda de descripción para la identificación de puntos.....	522
Tabla No. 30. Porcentaje de pendiente en tramos de la carretera de proyecto.....	544
Tabla No. 31. Clasificación del tipo de terreno	555
Tabla No. 32. Sistema de clasificación funcional.....	5858
Tabla No. 33. Características del vehículo de diseño.....	59
Tabla No. 34. Características del vehículo de diseño.....	600
Tabla No. 35. Elementos de diseño geométrico de las carreteras regionales..	611
Tabla No. 36. PI, curvas horizontales.....	622
Tabla No. 37. Distancia de visibilidad de parada carretera El Júcaro – Murra (Estación 0+000 – 6+000)	633
Tabla No. 38. Pendiente máxima para carreteras colectoras rurales.....	666
Tabla No. 39. Señales de reglamentación, carretera El Júcaro – Murra (Estación 0+000 – 6+000)	68
Tabla No. 40. Señales de prevención (primera parte), carretera El Júcaro – Murra (Estación 0+000 – 6+000)	68
Tabla No. 41. Señales de prevención (segunda parte), carretera El Júcaro – Murra (Estación 0+000 – 6+000)	69
Tabla No. 42. Señales de información, carretera El Júcaro – Murra (Estación 0+000 – 6+000)	69
Tabla No. 43. Bombeo normal de la calzada.....	700
Tabla No. 44. Anchos mínimos de hombros.....	722
Tabla No. 45. Parámetros de diseño.....	733
Tabla No. 46. Componentes de la curva vertical No. 2.....	7975
Tabla No. 47. Coeficiente de confiabilidad en función del tipo de camino de proyecto.....	8383
Tabla No. 48. Factor de desviación estándar combinado.....	8383
Tabla No. 49. Ecuación de Correlación para Módulo de Resiliencia de la Subrasante (Mr).....	84
Tabla No. 50. Calidad de drenaje en función al porcentaje del tiempo de exposición de humedad.....	85

Tabla No. 51. Espesor Mínimo para Base o Sub-base en función del No. ESAL´s.	900
Tabla No. 52. Vectores geográficos.	VIII
Tabla No. 53. Dependencia de estaciones.	VIII
Tabla No. 54. Clasificación funcional de carreteras.....	IIX
Tabla No. 55. Factores de equivalencia de cargas, ejes simples.	IIX
Tabla No. 56. Factores de equivalencia de cargas, ejes dobles.....	X
Tabla No. 57. Peso de ejes por tipo de vehículos de carga.	XI
Tabla No. 58. Peso de ejes por tipo de vehículos ligero.....	XIII
Tabla No. 59. Puntos de levantamiento topográfico 1 – 100.	XV
Tabla No. 60. Puntos de levantamiento topográfico 101 – 200.	XVI
Tabla No. 61. Puntos de levantamiento topográfico 201 – 300.	XVII
Tabla No. 62. Puntos de levantamiento topográfico 301 – 400.	XVIII
Tabla No. 63. Puntos de levantamiento topográfico 401 – 500.	XIX
Tabla No. 64. Puntos de levantamiento topográfico 501 – 600.	XX
Tabla No. 65. Puntos de levantamiento topográfico 601 – 700.	XXI
Tabla No. 66. Puntos de levantamiento topográfico 701 – 800.	XXIII
Tabla No. 67. Puntos de levantamiento topográfico 801 – 900.	XXIIIIII
Tabla No. 68. Puntos de levantamiento topográfico 901 – 1000.	XXIV
Tabla No. 69. Puntos de levantamiento topográfico 1001 – 1100.	XXV
Tabla No. 70. Puntos de levantamiento topográfico 1101 – 1200.	XXVI
Tabla No. 71. Puntos de levantamiento topográfico 1201 – 1300.	XXVII
Tabla No. 72. Puntos de levantamiento topográfico 1301 – 1400.	XXVIII
Tabla No. 73. Puntos de levantamiento topográfico 1401 – 1500.	XXIX
Tabla No. 74. Puntos de levantamiento topográfico 1501 – 1500.	XXX
Tabla No. 75. Componentes de curvas horizontales.	XXXI
Tabla No. 76. Distancia de visibilidad adecuada para adelantar.	XXXII
Tabla No. 77. Distancia de visibilidad de parada horizontal y con pendiente vertical.	XXXII
Tabla No. 78. Distancia de visibilidad de decisión.....	XXXIIIIII
Tabla No. 79. Peralte de diseño.	XXXIII

Tabla No. 80. Valores del Coeficiente de fricción lateral (f).....	XXXIII
Tabla No. 81. Radios mínimos y grados máximos de curvas horizontales...	XXXIV
Tabla No. 82. Peralte recomendado, longitud de transición y distancia de bombeo.	XXXV
Tabla No. 83. Distancia de visibilidad de parada, curva vertical en cresta. ...	XXXV
Tabla No. 84. Distancia de visibilidad de rebase, curva vertical en cresta. ..	XXXVI
Tabla No. 85. Distancia de visibilidad de parada, curva vertical en columpio.	XXXVI

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS.

AASHTO: Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportación.

ASTM: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (Ing. American Society For Testing and Materials).

BCN: Banco Central de Nicaragua.

CBR: California Bearing Ratio.

CREC: Crecimiento.

EMC: Estación de Mayor Cobertura.

ECD: Estación de Corta Duración.

ESAL: Ejes de Cargas Estándar Equivalentes.

Est: Estación.

FC: Factor de Crecimiento

FD: Factor de Distribución Direccional

fc: Factor Carril.

IDF: Intensidad Duración Frecuencia

INIDE: Instituto Nacional de Información de Desarrollo.

LN: Logaritmo Natural.

MTI: Ministerio de Transporte e Infraestructura.

MR: Módulo Resiliente.

NP: No Plástico.

PIB: Producto Interno Bruto.

PSI: Libras por pulgada cuadrada.

Pt: Pendiente del terreno.

SC: Sub Cuenca.

SIECA: Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos).

TC: Tasa de Crecimiento.

TCA: Tasa de Crecimiento Anual.

TD: Tránsito de Diseño.

Ts: Tipo de suelo.

TPD: Tránsito Promedio Diario.

TPDA: Tránsito Promedio Diario Anual.

TPDi: Tránsito Promedio Diurno.

Us: Uso de suelo.



CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN.

El Municipio de El Jícaro, se encuentra ubicado en la parte norte de Nicaragua, ocupando el extremo central este del departamento de Nueva Segovia. Por su extensión territorial ocupa el tercer lugar entre los doce que conforman el departamento, ubicado a 278 Km de la capital Managua y 56 Km de la cabecera departamental Ocotol, localizado entre las coordenadas 13°43'54" latitud norte 86°08'24" longitud oeste. El tramo Jícaro – Murra tiene una longitud de 6.00 km, el cual no cuenta con una estructura de rodamiento adecuada para la circulación vehicular lo que genera altos costos de operación vehicular (Alcaldía, municipal de Jicaro, Nueva Segovia, 2019).

Con el presente trabajo monográfico, se pretende realizar el diseño de un pavimento articulado, así como el trazado geométrico en planta perfil capaz de resolver las demandas de carga y volumen de tránsito.

Para la elaboración del diseño se hará el análisis del tránsito actual a fin de determinar y estimar la repetición de ejes equivalentes de carga para el diseño apropiado de la estructura de pavimento. Se analizarán los ensayos de Suelos con el objetivo de conocer las características físico-mecánicas de los materiales existentes y poder determinar las unidades típicas de CBR necesarias para hacer correlaciones con el módulo de resiliencia de los materiales. Se utilizará el Método de la AASHTO 93 el cual incorpora parámetros de diseño relacionado a la confiabilidad, módulos resilientes de materiales, coeficientes de drenaje, así como las repeticiones de ejes equivalentes generados por el tráfico vehicular; observando las Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales SIECA 2011.

1.1.1. Macro localización.

El camino objeto de estudio se sitúa en el municipio de El Jícaro, departamento de Nueva Segovia, Nicaragua.

Imagen No. 1. Macro localización de Proyecto El Jícaro, Nueva Segovia.



Fuente: VMAPAS.COM, Elaborado por Sustentantes.

1.1.2. Micro localización.

El inicio del tramo es en el puente El Júcaro, con coordenadas **13°43'40.68" N, 86°07'55.71" W** a una elevación de 518 msnm (Est. 0+000) y finalizando en la comunidad Casas Viejas, con coordenadas **13°45'11.33" N, 86°05'58.60" W** a una elevación de 611 msnm (Est.6+000).

Imagen No. 2. Micro Localización de Proyecto El Júcaro – Murra, Nueva Segovia.



Fuente: Google Earth, Elaboración por Sustentantes.

1.2. ANTECEDENTES.

El gobierno de la república de Nicaragua, en el mes de junio de 2008, presentó oficialmente el Plan Nacional de Desarrollo Humano (PNDH), cuyo contenido económico social tiene como eje una estrategia que apuntala, en principio, a la erradicación de la pobreza elevando los niveles de salud, así como de educación de la población y la generación de empleo. Así mismo, esta estrategia tiene como meta dinamizar la economía, mantener la estabilidad para atraer la inversión extranjera y con ello la de elevar los niveles de exportación y promoción de las inversiones en el país, todo con el objetivo de mejorar los índices de desarrollo humano. Dentro de esta estrategia, se enmarca las demandas y necesidades de la población de la zona norte central este de Nicaragua y sus problemáticas, que a través de la ejecución de propuestas y soluciones se dirigen al mejoramiento vial del municipio y por ende ser elevada la calidad de vida de los pobladores de la región.

No existe un registro histórico de aforos en el tramo, solamente se cuenta con la información de las estaciones de conteo en el municipio por el anuario de aforos de tráfico 2019 emitido por el MTI, por lo que es necesario cuantificar en campo esta información.

La vía actualmente se encuentra en regular estado, debido al tipo de suelo existente y a las escorrentías superficiales e inundaciones que en épocas de invierno ocasiona fácilmente el deterioro del estado de la vía, debido a que no existen obras de drenaje en el sitio.

1.3. JUSTIFICACION.

El tramo en estudio es de vital importancia para el sector agropecuario del municipio El Jícaro, ya que este rubro constituye el principal motor económico de la zona. Este camino atraviesa zonas de cultivos, principalmente de Frijoles y Maíz, además de áreas de uso ganadera. Indudablemente que el mejoramiento de este camino vendría a reducir los costos de transporte considerablemente, brindando como consecuencia, un ahorro sustantivo para los productores, así como para la población en general.

El mejoramiento de este tramo permitiría superar la problemática que presenta actualmente el camino por las malas condiciones en que se encuentra, además de los problemas que se genera precisamente a partir de sus condiciones de deterioro como son: dificultad para trasladar la producción de los centros de producción a los centros de consumo, problemas de comunicación entre las comunidades Nicaragüenses que se encuentran en la zona de influencia del camino, así como que la población asentada a lo largo del tramo tenga mejores perspectivas de desarrollo, mejorando su nivel de vida.

Debido al deterioro en que se encuentra la carretera Jícaro - El Naranjo fue necesario proponer un diseño vial, con el fin de obtener una estructura que responda eficientemente a las condiciones ya sean estas climáticas, de volumen de tráfico, comodidad, seguridad y ahorrar tiempo. En vista de la situación antes descrita la alcaldía municipal y la población preocupados por estos problemas han solicitado el mejoramiento del camino, la alcaldía realizará los estudios necesarios para que se logre ejecutar este proyecto.

La ejecución de este proyecto contribuirá a crear condiciones necesarias para garantizar la salud de niños y adultos, la correcta evacuación de las aguas, un mejor desarrollo económico, se facilitará la circulación vehicular y peatonal, reducción de tiempo de viaje. Se beneficiará a todos los habitantes de las comunidades y zonas aledañas, de diferentes estratos sociales, económicos y culturales.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General.

Realizar el Diseño geométrico vial y estructura de pavimento articulado de 6.00 km, tramo de carretera el Júcaro – Murra, departamento de Nueva Segovia.

1.4.2. Objetivo Específicos.

- Realizar aforo vehicular para calcular la repetición de ejes equivalentes de carga (ESAL).
- Analizar el estudio geotécnico del tramo y los bancos de materiales; determinando características físico-mecánicas esenciales para el diseño de la estructura de pavimento.
- Analizar el levantamiento topográfico correspondiente al tramo Júcaro – Murra, a fin de definir los alineamientos horizontales (línea central) y el alineamiento vertical (rasante) de nuestro proyecto, proporcionado por la Alcaldía Municipal de Júcaro.
- Diseñar geoméricamente el tramo en estudio, cumpliendo las normativas de diseño geométrico vigente en el manual SIECA (2011) para diseño geométrico de carreteras.
- Determinar los espesores de la estructura de pavimento articulado mediante el método de AASHTO-93.
- Elaborar planos de diseño que muestren el diseño geométrico y vial para el tramo de carretera Júcaro - Murra, utilizando el software de Autodesk: AUTOCAD Civil 3D.



CAPÍTULO II

ESTUDIO DE TRÁFICO

2.1. INTRODUCCIÓN

El estudio de tránsito es uno de los parámetros fundamentales para el diseño de pavimentos, ya que proporciona el número de vehículos por año para el posterior análisis de las cargas de los ejes equivalente que soportará la carretera. Este estudio orientará el conocimiento detallado de una serie de elementos que conforman la red vial (dimensión vehicular, intensidad de carga por eje y número de aplicación de dicha carga). El volumen de tráfico y su comportamiento son los que definen los alcances y las demandas de un proyecto vial, por lo que se debe dar importancia a la determinación de volúmenes de tránsito, los tipos de vehículos, el comportamiento de éstos y sus formas de operación, así como también las características socioeconómicas de los usuarios, las características particulares de los vehículos y las formas de explotación de los mismos.

2.2. RECOPIACIÓN DE DATOS

La actividad inicial del estudio de tránsito fue la recopilación y revisión de datos obtenidos de una estación de control con la finalidad de determinar el volumen vehicular, dicho punto de conteo se ubicó al inicio del tramo de estudio que inició en la estación 0+440. (Ver ANEXO I, Imagen No 9, pág. I) Dichos datos se obtuvieron a través de conteos volumétricos que se realizaron a partir del día lunes 10 al viernes 14 del mes de mayo del año 2021, debido que el mayor flujo de movimiento de tránsito productivo y pasajero se manifiesta en estos días de la semana, se empleó el método manual de aforo usando los formatos establecidos por el MTI. Los aforos se realizaron durante 12 horas diurnas continuas entre las 6:00 am y las 6:00 pm. (Ver ANEXO I, Imagen No. 10-14, pág. II-VI)

2.3. CLASIFICACIÓN VEHICULAR

En nuestro país Nicaragua, el MTI ha determinado las clasificaciones vehiculares más comunes (vehículos livianos y pesados), esta es la que se consideró para la realización de nuestros aforos. (Ver ANEXO I, Imagen No. 15, pág. VII)

2.4. PROCESAMIENTO DE DATOS

Los datos obtenidos de los aforos permiten conocer los totales de vehículos por día (en horario diurno), conocer el tipo de vehículo que circula por la zona y el cálculo del tránsito promedio diario anual (TPDA) del tramo de carretera.

2.4.1 Tránsito promedio diurno (TPDi).

Uno de los elementos fundamentales para el diseño vial es el volumen promedio diurno (TPDi), que es el volumen total registrado por el período de conteo, dividido entre los días del aforo en la Estación 0+440 por la ecuación:

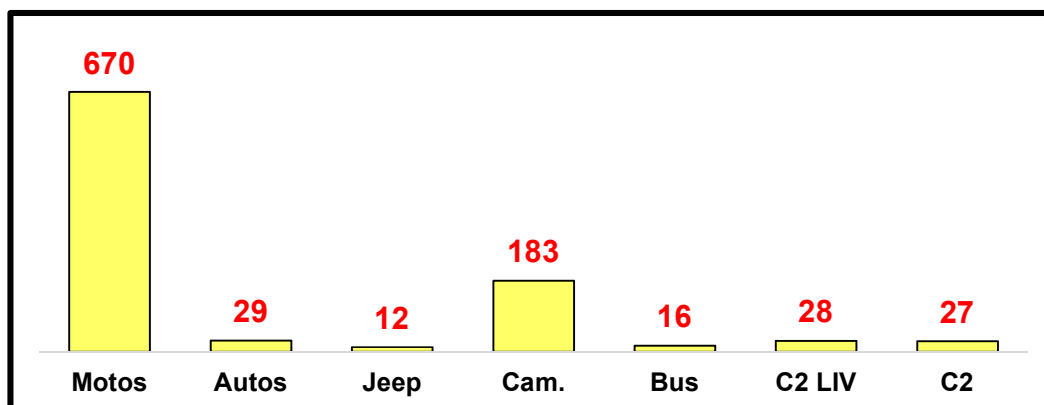
$$\text{TPDi (12hrs)} = \frac{\sum \text{TDiurno}}{5} \quad (\text{Ecuación No. 1})$$

Tabla No. 1. Tránsito promedio diurno

DÍA	MOTOS	VEH. LIVIANOS			VEH. PASAJEROS	PESADO DE CARGAS		TOTAL
		AUTOS	JEEP	CTAs	BUS	C2 LIV.	C2	
LUNES	669	21	10	163	14	22	21	920
MARTES	688	27	10	181	15	30	25	976
MIERCOLES	660	28	11	182	15	29	27	952
JUEVES	665	31	12	190	17	28	30	973
VIERNES	664	36	14	195	18	31	32	990
TOTAL	3346	143	57	911	79	140	135	4811
TPDi	670	29	12	183	16	28	27	965
% vehicular	69.43	3	1.24	18.96	1.66	2.90	2.80	100
		92.63%			7.37%			100
		% Vehículos livianos			% de vehículos pesados			

Fuente: Elaborado por Sustentantes

Gráfico No. 1. Composición vehicular del tráfico promedio diario del tramo.



Fuente: Elaborado por Sustentantes

Según los resultados de la tabla No. 1 y el gráfico No. 1, se aprecia un tránsito promedio diario de **965 v/12hrs**

2.4.2. Tránsito promedio diario anual (TPDA)

El tránsito promedio diario anual es el número de vehículos que pasan en una sección del camino durante un año dividido por 365 días. Este es obtenido por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{TPDA} = \text{TPDi} * \text{fd} * \text{fs} * \text{fe} \quad (\text{Ecuación No.2})$$

Dónde:

TPDi = Tránsito promedio Diario (12hrs).

fd = Factor de ajuste de día por tipo de vehículo.

fs = Factor de ajuste de semana por tipo de vehículo.

fe = Factor de ajuste de expansión por tipo de vehículo.

La selección de estos factores se realiza empleando la metodología expuesta en el Anuario de tráfico 2019 del MTI, seleccionando la estación de mayor cobertura (EMC) que presente mayor grado de similitud en el porcentaje de vehículos livianos y pesados.

Según lo antes descrito, la EMC 1802 San Marcos – Masatepe es la que mayor similitud presenta (ver tabla 2), por tanto, se usaron los factores del segundo cuatrimestre de dicha estación (ver tabla 3)

Tabla 2. Porcentaje vehicular de Estaciones de mayor cobertura

EST.	NOMBRE DEL TRAMO	TPDA	Total Pesados	Σ Tx-Sx y Cx-Rx	% de Livianos	% de Pesados	% Tx-Sx y Cx Rx Vehiculos de carga
101B	Zona Franca - La Garita	23,582	5,132	757	78.1%	21.8%	14.8%
1205	Emp. Chichigalpa - Rotonda Chirandega	11,010	2,696	1,038	75.2%	24.5%	38.5%
200	Entrada al INCAE - El Crucero	9,825	1,464	447	85.0%	14.9%	30.5%
401	Masaya - Granada	9,635	1,167	93	87.7%	12.1%	8.0%
1802	San Marcos - Masatepe	9,178	852	85	90.6%	9.3%	10.0%
107	Sébaco - Emp. San Isidro	7,802	1,788	459	76.8%	22.9%	25.7%
300	Sébaco - Quebrada Honda	6,238	1,420	181	77.0%	22.8%	12.7%
2404	Chinandega - Corinto	5,994	1,952	1,352	67.1%	32.6%	69.3%
2803	Nagarote - La Paz Centro	5,706	2,099	958	62.8%	36.8%	45.6%
2400	Chinandega (Rotonda) - Rancheria	4,302	740	186	81.3%	17.2%	25.1%
700	Emp. Camoapa - Tecolostote	3,355	1,192	256	64.1%	35.5%	21.5%

Fuente: anuario de aforos de tráfico 2019

Tabla 3. Factores del segundo cuatrimestre de la EMC a utilizar

Factores del segundo cuatrimestre del año Mayo - Agosto

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx=>5	Cx-Rx<=4	Cx-Rx=>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.41	1.38	1.29	1.29	1.33	1.27	1.39	1.21	1.26	1.14	1.00	1.18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25
Factor Semana	0.97	1.05	1.12	1.01	0.98	0.96	0.92	0.91	0.85	0.89	1.00	0.91	1.00	1.00	1.00	1.00	1.29
Factor Fin de Semana	1.08	0.89	0.79	0.97	1.06	1.13	1.30	1.31	1.74	1.43	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	0.64
Factor Expansión a TPDA	0.99	1.02	0.97	1.03	1.00	1.00	0.99	0.98	1.05	1.24	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.85

Fuente: Anuario Estadístico MTI, 2019.

Tabla No. 4. Cálculo de tránsito promedio diario anual.

TPDA / Tipo de Vehículo	Vehículos de Livianos					Vehículos de Carga		Total
	Motos	Autos	Jeep	Cam.	Bus	Liv.	C2	
					30+ s.	2-5 t.	5+ t.	
TPDi	670	29	12	183	16	28	27	965
Factor Día	1.41	1.38	1.29	1.29	1.39	1.21	1.26	1297
Factor Semana	0.97	1.05	1.12	1.01	0.92	0.91	0.85	
Factor Expansión	0.99	1.02	0.97	1.03	0.99	0.98	1.05	
TPDA	908	43	17	246	21	31	31	1297
Composición Vehicular	70.01%	3.32%	1.31%	18.97%	1.62%	2.39%	2.39%	100.00%
	95.22%					4.78%		

Fuente: Elaborado por sustentantes

2.4.2.1. Ejemplo de cálculo de TPDA para tipo de vehículo: Motos.

Aplicando la ecuación N° 2, se obtiene el TPDA para motos a partir de los siguientes datos.

TPDi (12hrs) = 670 vpd.

fd = 1.41.

fs = 0.97.

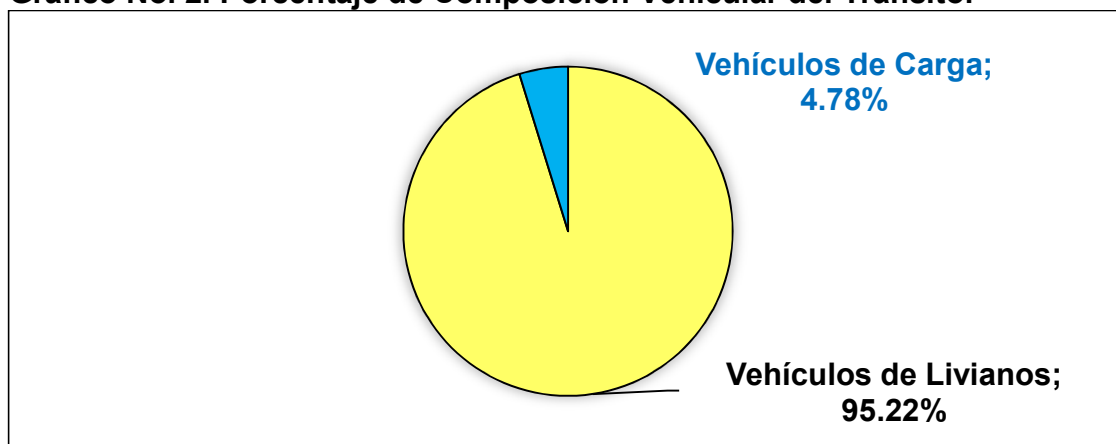
fe = 0.99.

Por lo tanto, el TPDA para motos es:

$$TPDA = 670 * 1.41 * 0.97 * 0.99 = \mathbf{908 \text{ vpd.}}$$

De acuerdo con la tabla No.2 se aprecia que la composición vehicular está conformada con un 95.22% de vehículos livianos y 4.78% de vehículos pesados de carga. Ver Gráfico No.2 a continuación:

Gráfico No. 2. Porcentaje de Composición Vehicular del Tránsito.



Fuente: Elaborado por Sustentantes con Datos de Levantamiento en Campo.

2.5. PROYECCIÓN DEL TRÁNSITO

Se determina basándose en los datos de las estaciones de conteo, así como también tomando en cuenta variables como el listado histórico de TPDA de la EMC a utilizar según datos del MTI e indicadores macroeconómicos como Producto Interno Bruto (PIB) y Tasa de Crecimiento Poblacional (Tc), según el Banco Central de Nicaragua (BCN) en su informe 2019.

2.5.1. Tasa de crecimiento vehicular (TC)

Es el incremento anual de volumen de tránsito en una vía, expresado en porcentajes. Para determinar la tasa aplicamos la ecuación:

$$TC = \left(\frac{TPDAn}{TPDAn - 1} \right)^{\frac{1}{n}} \quad (\text{Ecuación No. 3})$$

Donde:

TC: Tasa de crecimiento vehicular.

TPDAn: Tráfico promedio diario anual actual.

TPDAn-1: Tráfico promedio diario anual del año base.
n: Diferencia de años.

$$TC = (tc1 * tc2 * tc3 \dots tcn)^{1/n} - 1 \quad (\text{Ecuación No. 4})$$

Se utilizaron los registros del anuario de aforos de la estación ECD No.5501 el Jícaro-Murra-El Rosario, con datos históricos de TPDA:

Tabla 5. Registro historico de TPDA ECD 5501

Nº	CODIGO NIC	EST.	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO	Año	Motos	Aulos	Jeep	Cmla.	McBus <15 pas.	MnBus 15-30 s.	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx-Sx <= 4e	Tx-Sx >= 5e	Cx-Rx <= 4e	Cx-Rx >= 5e	V.A	V.C	Otros	TPDA						
281	NIC-55	5501	ECD	El Jícaro - Murra - El Rosario	2016	360	5	8	91	4		19	8	16	1								3	515					
					2015	152	2	4	61			3	10	7													239		
					2010	113	1	7	40					11	2	15	1											190	
					2009	169	1	5	64						12	6	17	3										278	
					2006	72		19	87					3	20	6	13	19										238	
					2002	23		9	29							8	2	11	4										86
					1999	25		6	27							11	7	6	1										81
					1997	16		7	22							8	3	6	1								9	72	
					BMC: 1802					2019	434	6	10	110	5		23	10	19	1								4	623
					Tasa Crecimiento: 6.57%					Liv.		562		Pasaj.		28		Pesado										34	
						90%		4%		5%																			

Fuente: anuario de aforos de tráfico 2019

Tabla 6. Cálculo de tasas de crecimiento vehicular

Año	TPDA	Tasa
1997	72	
1999	81	1.06
2002	86	1.02
2006	238	1.29
2009	278	1.05
2010	190	0.68
2015	239	1.05
2016	515	2.15
2019	623	1.06
TC FINAL	promedio	11.65%

5.2. Tasa crecimiento poblacional

Es el cambio en la población en un cierto plazo, y puede ser cuantificado como el cambio en el número de individuos en una población usando "tiempo por unidad" para su medición. Según las estadísticas poblacionales brindadas por el BCN (Banco Central de Nicaragua), en su informe 2020.

Tabla No.7 Histórico POB.

AÑO	POB
2009	5742
2010	5816
2011	5997
2012	6071
2013	6134
2014	6198
2015	6263
2016	6328
2017	6394
2018	6465
2019	6546

Fuente: Banco Central de Nicaragua, Informe Anual 2019.

Los datos estadísticos del BCN, establecen una población POB₂₀₀₀ de 4957 miles de personas, un POB₂₀₁₉ de 6546 miles de personas, en un periodo de 19 años. La tasa de crecimiento poblacional se calculará por medio de la ecuación No. 3.

$$\text{TC POB} = \left(\frac{6546}{4957}\right)^{\frac{1}{19}} - 1 = 1.47\%$$

2.5.3. Tasa de crecimiento del producto interno bruto (PIB)

El PIB se utiliza como un indicador de la riqueza generada por una nación, durante un año, un trimestre u otra medida de tiempo. Según la información del Banco Central de Nicaragua, se pueden observar estos datos del PIB de los últimos 19 años.

Tabla No. 82. Histórico PIB.

AÑO	PIB
2009	8297
2010	8759
2011	9774
2012	10532
2013	10983
2014	11880
2015	12757
2016	13286
2017	13844
2018	13118
2019	12535

Fuente: Banco Central de Nicaragua, Informe Anual 2019.

Los datos estadísticos del BCN, establecen un PIB₂₀₀₉ de 8297 millones de U\$, un PIB₂₀₁₉ de 12535 millones de U\$, en un periodo de 19 años. La tasa de crecimiento del PIB se calculará por medio de la ecuación No. 3.

$$\text{TC PIB} = \left(\frac{12535}{8297} \right)^{\frac{1}{19}} - 1 = 4.84\%$$

2.5.4. Selección de la tasa de crecimiento

La selección de la tasa de crecimiento óptima para la proyección de nuestro tráfico está determinada por el promedio de la TC_{TPDA} (la tasa de crecimiento de la ECD N°5501), la TC_{PIB} y TC_{POB}, debido a que estos corresponden a valores similares y su comportamiento a lo largo del periodo de análisis son congruentes.

Por lo cual se obtiene que:

$$\begin{aligned} \text{TC Promedio} &= \frac{\text{TCEMC} + \text{TCPIB} + \text{TCPOB}}{3} = \frac{11.65\% + 4.84\% + 1.47\%}{3} \\ &= \mathbf{5.98\%}. \end{aligned}$$

La tasa de crecimiento obtenida es muy alta para las proyecciones socioeconómicas actuales de nuestro país, por lo cual se discriminará la tasa de crecimiento de TPDA y se promediarán solo los resultados de PIB y POB, resultando **3.16%**.

2.5.5. Período de diseño (n)

Es el tiempo total para el cual se diseña el pavimento en función de la proyección del tránsito y el tiempo que se considera apropiado para que las condiciones del entorno comiencen alterar el funcionamiento del pavimento. El Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales (SIECA 2011) establece en el capítulo 2, Tabla 2-1: Clasificación funcional de las carreteras regionales en función del volumen de tránsito sobre la vía, que para carreteras con TPDA entre 500 – 3000 vpd, sean clasificadas como colectoras, debido a que nuestro proyecto es situado en una zona suburbana, su clasificación más específica es **COLECTORA RURAL** (Ver ANEXO I, Tabla No. 54, pág. X). En base a su clasificación la SIECA establece que el período de diseño recomendado para esta vía en estudio es de 10 a 20 años.

Tabla No. 9. Período de diseño en años (n).

TIPO DE CARRETERA	PERIODO DE DISEÑO (AÑOS)
Autopista Regional	20 – 40
Troncales Sub-Urbanas	15 – 30
Troncales Rurales	
Colectoras Sub-Urbanas	10 – 20
Colectoras Rurales	

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2011.

Para efecto de diseño el período a utilizar en el presente proyecto es de **n = 20 años**.

2.5.6. Factor direccional (Fs)

El factor direccional es el factor del total del flujo vehicular censado; generalmente su valor es de **0.50**, ya que la mitad de los vehículos va en una dirección; y la otra mitad va en otra dirección.

Tabla No. 10. Factor de distribución por sentido (Fs).

Número de Carriles en Ambas Direcciones	FD (%)
2	50
4	45
6 o más	40

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2011.

2.5.7. Factor de crecimiento (FC)

El factor de crecimiento depende del número de años al que se proyectará el tránsito, la tasa del incremento anual vehicular; además refleja la medida en que aumentará el flujo de vehículos en el período de diseño.

$$FC = \frac{(1 + i)^n - 1}{i} \quad \text{(Ecuación No. 4)}$$

Dónde:

FC: Factor de crecimiento.

i: Tasa de crecimiento del tránsito = 3.16%.

n: Período de diseño (años) = 20.

$$FC = \frac{(1 + 0.0316)^{20} - 1}{0.0316} = \mathbf{27.312}$$

2.5.8. Factor de distribución por carril

Este factor se define por el carril de diseño aquel que recibe el mayor número de ESAL'S. Para un camino de dos carriles, cualquiera de los dos puede ser el carril de diseño, ya que el tránsito por dirección forzosamente se canaliza por ese carril.

Tabla No. 11. Factor de distribución por carril (Fc').

Número de carriles en una sola dirección	Fc'
1	1.00
2	0.80 - 1.00
3	0.60 - 0.80
4	0.50 - 0.75

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2011.

Para el tramo en estudio se asignó el valor de **Fc' = 1.00** puesto que la vía posee un solo carril para un sentido direccional.

2.5.9. Determinación del tránsito de diseño

Es el número de vehículos que circulan durante todo el periodo de diseño. Es obtenido por medio de la ecuación:

$$TD = TPDA * FC * fs * fc * 365$$

(Ecuación No. 5)

Dónde:

TPDA: Tránsito Promedio Diario Anual Calculado

FC: Factor de Crecimiento.

fs: Factor de Distribución por Sentido.

fc: Factor por Distribución por Carril.

Como ejemplo se muestra el cálculo del tránsito de diseño por carril del tipo de vehículo: Camioneta. Con un TPDA de 246 vpd. Obteniendo un TD de:

$$TD = 246 * 27.312 * 0.5 * 1.0 * 365 = \mathbf{1,226,172}$$

Esto representa que a lo largo del periodo de diseño sobre la vía circularan 1,226,172 camionetas por carril.

A continuación, se mostrarán los resultados del tránsito de diseño para el periodo de 20 años de diseño por tipo de vehículo.

Tabla No. 12. Tránsito de diseño.

TIPO DE VEHICULO	TPDA 2020	FC	fs	fc	TRÁNSITO PARA EL CARRIL DE DISEÑO
Autos	43	27.312	0.5	1.0	214,331
Jeep	17		0.5	1.0	84,736
Camioneta	246		0.5	1.0	1,226,172
Bus	21		0.5	1.0	104,673
C2 Liviano	31		0.5	1.0	154,518
C2	31		0.5	1.0	154,518
TOTAL					1,938,948

Fuente: Elaborado por Sustentantes

El total de tránsito que circulará en la vía, por carril, durante los 20 años de vida propuesto será de **1,938,948** vehículos.

2.6. EJES EQUIVALENTES W18 (ESAL'S)

Se define como ESAL'S de diseño a la transformación de ejes de un tránsito mixto que circula por una vía a ejes equivalentes de 18 kips o 18,000 lbs, en el carril de diseño durante la vida útil del pavimento. Se calcula mediante la ecuación:

$$ESAL = TD * F_{ESAL'S}$$

(Ecuación No. 6)

Dónde:

TD: Tránsito de Diseño por tipo de vehículo.

F_{ESAL'S}: Factor de equivalencia de carga en pavimento articulado.

2.6.1. Índice de serviciabilidad (Po, Pt)

Se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñada. Los valores recomendados de serviciabilidad para pavimentos articulados según la norma AASHTO, son los siguientes:

- Serviciabilidad Inicial (Po)= 4.20.
- Serviciabilidad Final (Pt) = 2.00 (Para caminos muy menor).

2.6.2. Pérdida de serviciabilidad (Δ PSI)

La pérdida de la serviciabilidad es la diferencia que existe entre la serviciabilidad inicial y la final, calculada a través de la siguiente ecuación:

$$\Delta PSI = P_o - P_t \quad (\text{Ecuación No. 7})$$

$$\Delta PSI = 4.20 - 2.00 = \mathbf{2.20.}$$

2.6.3. Factor de equivalencia (F_{ESAL'S})

El factor de equivalencia representa el número que permitirá la conversión de tránsito de diseño por vehículo a cargas de ejes equivalentes (W18). Para ello se emplearán las tablas presentadas por el Manual de Pavimento SIECA 2011, en su capítulo 3, las cuales presentan los factores equivalentes de carga por espesor de losa de pavimento rígido, serviciabilidad final de diseño y peso de eje por vehículo en kips. (Ver ANEXO I, Tabla No. 55-56, pág. IX-X)

La definición de los pesos por ejes de los vehículos de diseño presentes en la vía fueron los establecidos por el Acuerdo Centroamericano para Circulación de carreteras SIECA 2000. Estos son presentados en toneladas que a su vez fueron convertidos a Kips, obteniendo los pesos que determinarán los factores a emplear en el cálculo de ESAL'S. (Ver ANEXO I, Tabla No. 57-58, pág. XI-XII)

Tabla No. 13. Pesos de ejes por tipo de vehículos en kips.

Tipo de vehículos	Peso X eje (Ton.met)	Peso X eje (kips)	Tipo de eje
Autos	1.00	2.20	Simple
	1.00	2.20	Simple
Jeep	1.00	2.20	Simple
	1.00	2.20	Simple
Camioneta	1.00	2.20	Simple
	2.00	4.40	Simple
BUS	7.30	16.06	Simple
	7.30	16.06	Simple
C2 liviano	4.00	8.80	Simple
	8.00	17.6	Simple
C2	5.00	11.00	Simple
	10.00	22.00	Simple

Fuente: Dirección General de Viabilidad, MTI.

Los valores de carga para la obtención de los factores corresponden a números pares, observando los resultados de la tabla anterior se aprecia que los valores de carga de los vehículos de diseño en su mayoría son valores que no coinciden con los datos de las tablas de factor de ejes de equivalencia ($F_{ESAL'S}$), por lo cual se empleó la fórmula de interpolación para así obtener cada factor requerido por peso de eje de vehículo.

Para ello se hizo uso de la ecuación matemática para la de interpolación, expresada de la siguiente forma:

$$Y_x = Y_0 + \frac{X - X_0}{X_1 - X_0} (Y_1 - Y_0) \quad (\text{Ecuación No. 8})$$

Dónde:

X₀: Peso inferior próximo.

Y₀: Factor de equivalencia correspondiente a X₀.

X: Peso de eje de vehículo de diseño.

Y_x: Factor de equivalencia de eje de vehículo de diseño.

X₁: Peso superior próximo.

Y₁: Factor de equivalencia correspondiente a X₁.

A continuación, presentamos como ejemplo la interpolación de 2.2 kips:

Datos:

Xo= 2.

Yo: 0.0002.

X: 2.2.

X1: 4.

Y1: 0.002.

$$Y_x = 0.0002 + \frac{2.2 - 2}{4 - 2} (0.002 - 0.0002) = 0.00038.$$

Obteniendo así los factores de equivalencia requeridos para la determinación del ESAL'S de diseño.

Tabla No. 14. Factores de equivalencia de carga obtenidos por Interpolación.

Peso de Eje (Kips)	Tipo de Eje	F _{ESAL'S}
2.2	SIMPLE	0.00038
4.4	SIMPLE	0.0034
8.8	SIMPLE	0.0502
11	SIMPLE	0.1265
16.6	SIMPLE	0.61491
17.6	SIMPLE	0.9206
22	SIMPLE	2.35

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

2.6.4. Obtención de ejes equivalentes (W18)

Como demostración del cálculo del ESAL'S de calculará el ESAL'S para el total de Camionetas que circularan en el periodo de vida de la vía. Sabiendo que su eje delantero posee un peso de 2.2 kips y su eje trasero 4.4 kips de peso. Aplicando la ecuación No. 6:

$$\text{ESAL'S 1er. Eje} = 1,226,172 * 0.00038 = 465.945$$

$$\text{ESAL'S 2do. Eje} = 1,226,172 * 0.0034 = 4,168.98$$

Por lo tanto,

$$\text{ESAL'S Camioneta} = 539.14 + 4,823.89 = \mathbf{5,363.03.}$$

De esta forma presentamos a continuación, los resultados y la obtención del ESAL'S de Diseño.

Tabla No. 15. Cálculo de ejes equivalentes de 18 Kips.

Tipo de vehículos	Tipo de Eje	Tránsito de Diseño por Carril	Peso X eje (Kips)	Factor ESAL'S	ESAL'S
Autos	Simple	214,331	2.20	0.00038	81.45
	Simple		2.20	0.00038	81.45
Jeep	Simple	84,736	2.20	0.00038	32.20
	Simple		2.20	0.00038	32.20
Camioneta	Simple	1,226,172	2.20	0.00038	465.95
	Simple		4.40	0.0034	4168.98
BUS	Simple	104,673	16.06	0.61491	64364.47
	Simple		16.06	0.61491	64364.47
C2 liviano	Simple	154,518	8.80	0.0502	7756,80
	Simple		17.60	0.9206	142,249.27
C2	Simple	154,518	11.00	0.1265	19,546.53
	Simple		22.00	2.35	363117.30
EJES EQUIVALENTES (W18) = 666,261.07					

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

El total de cargas sobre la carretera en el periodo de vida útil 2020 – 2040 es de 666,261.07 ejes equivalentes (W18), a partir del cual en el capítulo VII se diseñará el espesor de losa requerido para la correcta distribución de cargas sobre la estructura de nuestro pavimento.



CAPÍTULO III

ESTUDIO GEOTÉCNICO

3.1. INTRODUCCIÓN

El estudio geotécnico permite dar a conocer las características físicas y mecánicas del suelo; es decir la composición de los elementos en las capas de profundidad y el uso práctico en el desarrollo de un proyecto de construcción que muchas veces no reúne las propiedades o características para su uso. Por esto, se recurre a realizar análisis y pruebas, para lograr con certeza la estabilidad en el tiempo.

El estudio de suelos para el diseño de estructuras es muy importante, ya que de éste depende la vida útil de la carretera, además que se provee a la sociedad de un excelente servicio vial, este estudio consiste en realizar las investigaciones correspondientes para conocer las condiciones de los suelos como, la calidad, textura y propiedades físicas, de manera que por sus propiedades y características permitan determinar el diseño de la estructura de pavimento de la vía en estudio.

Los ensayos permitieron determinar las propiedades de los suelos in situ, tales como: Humedad, Valor de Soporte (CBR), Granulometría, Límites de Atterberg (Límite Líquido e índice plástico) y Densidad (Proctor), se realizaron en conformidad a lo establecido en las Normas de la ASTM (Asociación Internacional para la Prueba de Materiales), y AASHTO, los cuales son los siguientes:

Tabla No.16. Ensayes practicados a las muestras de suelos de sondeos de Línea y a Banco de Préstamo.

ENSAYO	ESPECIFICACION ASTM	ESPECIFICACION AASHTO
Granulometría	D-422	T-2788
Limite Liquido LL	D-423	T-8990 y 9087
Limite Plástico LP	D-424	T-9097
Proctor Modificado	D-1567-91	T-180-90
CBR	D-1883-73	T-193-81

Fuente: AASHTO, Tercero Edición. Año 2003. Páginas 53-85.

3.2. ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO

La distribución de cargas sobre el pavimento articulado, se desarrolla de forma uniforme y distribuida, debido a la consistencia de la superficie de rodadura, estas a su vez son transmitidas a las capas inferiores que conforman el resto de la estructura del pavimento rígido.

La estructura de pavimento es la estructura de soporte que recibe las cargas o ESAL'S del tránsito de diseño que circula sobre la capa de rodadura. Y está conformada por las capas de base, sub-base y subrasante (terracería)

Imagen No. 3. Composición de la estructura de Pavimento Articulado.



Fuente: elaborado por sustentantes.

A continuación, se presentarán las propiedades consideradas para cada una de estas capas que conforman la terracería del pavimento establecidas por las Especificaciones Generales para la construcción de caminos, calles y puentes, NIC 2019.

3.2.1. Base

La Base está constituida por un material de calidad y espesores determinados; que se coloca entre la capa de rodamiento y la sub-base, tiene la función de distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la capa de sub-base y a través de esta a la sub-rasante. El material de la base debe de cumplir con los requisitos propuestos por las normas NIC 2019.

Tabla No.17. Especificaciones de materiales para Base.

PROPIEDAD	REQUERIMIENTO	METODOLOGÍA
Limite Liquido	25% máx.	AASHTO-89
Limite Plástico	6% máx.	AASHTO-90
CBR	80% min.	AASHTO-193
Desgaste de los Ángeles	50% máx.	AASHTO-96
Intemperismo Acelerado	12% máx.	AASHTO-104
Compactación	95% min. Del peso volumétrico seco máx.	AASHTO-191 Y/O T-238 (In situ)

Fuente: Especificaciones NIC-2019, tomo II, sección 1003.

3.2.2. Sub-base

La Sub-Base está constituida por un material de calidad y espesores determinados; que se coloca entre la sub-rasante y la base. Como parámetro de evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por los esfuerzos cortantes bajo las cargas de tránsito. Se utiliza, además, como capa de drenaje y controlador de ascensión capilar de agua, protegiendo así la capa de pavimento, por lo que generalmente se utilizan materiales granulares.

El material de sub-base deberá ser seleccionado y tener mayor valor de soporte (C.B.R) que el material de sub-rasante y su espesor será variable según las condiciones y debe de cumplir con los requisitos propuestos por las normas NIC 2019.

Tabla No. 38. Especificaciones de materiales para Sub-base.

PROPIEDAD	ESPECIFICACIÓN	METODOLOGÍA
Limite Líquido	25% máx.	AASHTO-89
Limite Plástico	6% máx.	AASHTO-90
CBR	40% min.	AASHTO-193
Desgaste de los Ángeles	50% máx.	AASHTO-96
Intemperismo Acelerado	12% máx.	AASHTO-104
Compactación	95% min. Del peso volumétrico seco máx.	AASHTO-191 Y/O T-238 (In situ)

Fuente: Especificaciones NIC-2019, tomo II, sección 1003.

3.2.3. Sub-rasante o Terreno Natural.

Comprende el material que se encuentra por debajo de la capa de base, y es la que constituye la fundación para el pavimento rígido. Sirviendo de soporte a la estructura y capaz de resistir las cargas aplicada a esta.

El pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la sub-rasante por lo que esta debe de cumplir con las normas NIC 2019, el diseño de un pavimento esencialmente el ajuste de la carga de diseño por eje a la capacidad de la sub-rasante.

Los materiales apropiados para esta capa son de preferencia los suelos granulares.

Tabla No. 49. Especificaciones de Materiales para Terraplenes y capa de Sub-rasante.

PROPIEDAD	SUB-RASANTE	METODOLOGÍA
Limite Líquido	30% máx.	AASHTO-89
Limite Plástico	30% máx.	AASHTO-90
CBR	20% máx.	AASHTO-193
% Malla N°200	30% máx.	AASHTO-96
Compactación	95% min. Del peso volumétrico seco máx. (AASHTO-T-180)	AASHTO-191 Y/O T-238 (In situ)

Fuente: Especificaciones NIC-2019, tomo II, sección 1003.

3.3. TRABAJOS DE CAMPO Y LABORATORIO

3.3.1. Ensayos de suelo en línea

Se analizaron 31 sondeos de línea en toda la longitud del tramo (6.0 Kilómetros), de un estudio realizado en la zona en el mes de febrero del año 2012 por la empresa Consultoría y Diseño S.A. (CONDISA). Los sondeos consistieron en perforaciones manuales a cielo abierto, localizados a cada 200 metros de forma alternada al centro y a ambos lados de la línea central. De los suelos se extrajeron 167 muestras de los diferentes estratos de suelos encontrados, las que fueron sometidas a las pruebas de laboratorio a fin de ser analizadas y determinar las características y las propiedades de los suelos existentes. De acuerdo a los resultados obtenidos, los materiales predominantes a lo largo del camino investigado son gravas y arenas arcillosas, que clasifican, en el Sistema H.R.B., como A-2-6, encontrándose en algunos sectores estratos de gravas y arenas limosas tipo A-2-4 y A-1-b, así como, Suelos Arcillosos A-6. El índice de Grupo (IG) de los suelos predominantes es de 0 para los A-2-6; de 0 para los A-1-b y A-2-4 y de 0 a 7 para los A-, lo que es indicativo de una calidad que puede catalogarse como regular para cimentación de terraplenes o estructuras de pavimento. A continuación, se muestran los resultados de los ensayos de laboratorio de los sondeos de línea suministrados por CONDISA.

Tabla No. 205. Sondeos realizados desde la Est. 0+065 – Est. 1+800.

No. SL	Profundidad (cm)	Estacion	Ubicación	Clasificación	Granulometría (% que Pasa)										Límites	
					H.R.B.	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	No.4	No.10	No.40	No.200	L.L
01	0-150	0+065	LC	A-1-b (0)	100	100	97	93	88	73	60	47	30	17	23	2
2	0-25	0+200	IZQ	A-1-b (0)	100	100	97	93	88	73	60	47	30	17	23	2
	25-150	0+200		A-1-b (0)	100	97	97	94	91	84	74	61	34	14	22	2
3	0-60	0+400	DER	A-1-b (0)	100	100	97	93	88	73	60	47	30	17	23	2
	60-80	0+400		A-2-4 (0)	100	100	100	100	98	91	74	68	55	33	25	5
	80-150	0+400		A-1-b (0)	100	100	97	93	88	73	60	47	30	17	23	2
4	0-150	0+600	LC	A-1-b (0)	100	97	95	90	86	72	59	49	37	23	27	4
5	0-100	0+800	IZQ	A-1-b (0)	100	100	97	93	88	73	60	47	30	17	23	2
	100-120	0+800		A-2-4 (0)	100	100	100	98	97	90	81	72	52	30	27	7
	120-150	0+800		A-2-4 (0)	100	100	100	99	99	95	86	83	72	35	28	3
6	0-20	1+000	DER	A-1-b (0)	100	100	97	93	88	73	60	47	30	17	23	2
	20-50	1+000		A-1-b (0)	100	97	95	90	86	72	59	49	37	23	27	4
	50-110	1+000		A-2-4 (0)	100	100	100	100	98	91	74	68	55	33	25	5
	110-150	1+000		A-1-b (0)	100	97	97	94	91	84	74	61	34	14	22	2
7	0-40	1+200	LC	A-1-b (0)	100	100	97	93	88	73	60	47	30	17	23	2
	40-150	1+200		A-1-b (0)	100	97	97	94	91	84	74	61	34	14	22	2
8	0-20	1+400	IZQ	A-1-b (0)	100	100	97	93	88	73	60	47	30	17	23	2
	20-55	1+400		A-6 (1)	100	100	100	99	96	90	82	74	61	40	34	12
	55-85	1+400		A-1-b (0)	100	100	97	93	88	73	60	47	30	17	23	2
	85-150	1+400		A-2-4 (0)	100	100	100	98	97	90	81	72	52	30	27	7
9	0-150	1+600	DER	A-1-b (0)	100	100	97	93	88	73	60	47	30	17	23	2
10	0-11	1+800	LC	A-1-b (0)	100	97	95	90	86	72	59	49	37	23	27	4
	11-150	1+800		A-1-b (0)	100	95	92	87	80	63	49	42	30	19	24	4



Fuente: Consultoría y Diseño S.A. (CONDISA).

Tabla No. 216. Sondeos realizados desde la Est. 2+000 – Est. 3+800.

No. SL	Profundidad (cm)	Estacion	Ubicación	Clasificación	Granulometría (% que Pasa)										Límites	
					H.R.B.	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	No.4	No.10	No.40	No.200	L.L
11	0-20	2+000	IZQ	A-1-b (0)	100	97	95	90	86	72	59	49	37	23	27	4
	20-80	2+000		A-2-4 (0)	100	100	100	98	97	90	81	72	52	30	27	7
	80-150	2+000		A-6 (7)	100	100	100	100	99	99	90	87	80	65	38	13
12	0-25	2+200	DER	A-1-b (0)	100	88	86	81	77	64	52	43	30	19	24	3
	25-65	2+200		A-1-b (0)	100	97	97	94	91	84	74	61	34	14	22	2
	65-150	2+200		A-1-b (0)	100	97	97	94	91	84	74	61	34	14	22	2
13	0-50	2+400	L C	A-1-b (0)	100	95	92	87	80	63	49	42	30	19	24	4
	50-70	2+400		A-1-b (0)	100	97	97	94	91	84	74	61	34	14	22	2
	70-150	2+400		A-2-4 (0)	100	100	100	98	97	90	81	72	52	30	27	7
14	0-12	2+600	IZQ	A-1-b (0)	100	100	100	99	96	87	73	61	44	25	25	3
	12-22	2+600		A-1-b (0)	100	100	97	93	88	73	60	47	30	17	23	2
	22-150	2+600		A-6 (7)	100	100	100	100	99	99	90	87	80	65	38	13
15	0-20	2+800	DER	A-1-b (0)	100	97	95	90	86	72	59	49	37	23	27	4
	20-60	2+800		A-2-4 (0)	100	100	100	98	97	90	81	72	52	30	27	7
	60-150	2+800		A-1-b (0)	100	100	97	93	88	73	60	47	30	17	23	2
16	0-80	3+000	L C	A-1-b (0)	100	88	86	81	77	64	52	43	30	19	24	3
	80-150	3+000		A-6 (1)	100	100	100	99	96	90	82	74	61	40	34	12
17	0-14	3+260	IZQ	A-1-b (0)	100	97	95	90	86	72	59	49	37	23	27	4
	14-54	3+260		A-6 (7)	100	100	100	100	99	99	90	87	80	65	38	13
	54-150	3+260		A-6 (1)	100	100	100	99	96	90	82	74	61	40	34	12
18	0-39	3+400	DER	A-1-b (0)	100	88	86	81	77	64	52	43	30	19	24	3
	39-71	3+400		A-1-b (0)	100	97	97	94	91	84	74	61	34	14	22	2
	71-150	3+400		A-6 (7)	100	100	100	100	99	99	90	87	80	65	38	13
19	0-30	3+600	L C	A-2-4 (0)	100	100	98	94	91	80	69	60	49	35	33	9
	30-70	3+600		A-4 (1)	100	100	100	98	95	87	76	67	55	41	33	9
	70-150	3+600		A-6 (2)	100	100	100	100	99	93	85	75	61	41	33	12
20	0-12	3+800	IZQ	A-1-b (0)	100	100	94	88	82	66	53	43	31	20	24	5
	12-150	3+800		A-2-4 (0)	100	100	100	96	93	82	68	59	48	35	32	8

Fuente: Consultoría y Diseño S.A. (CONDISA).

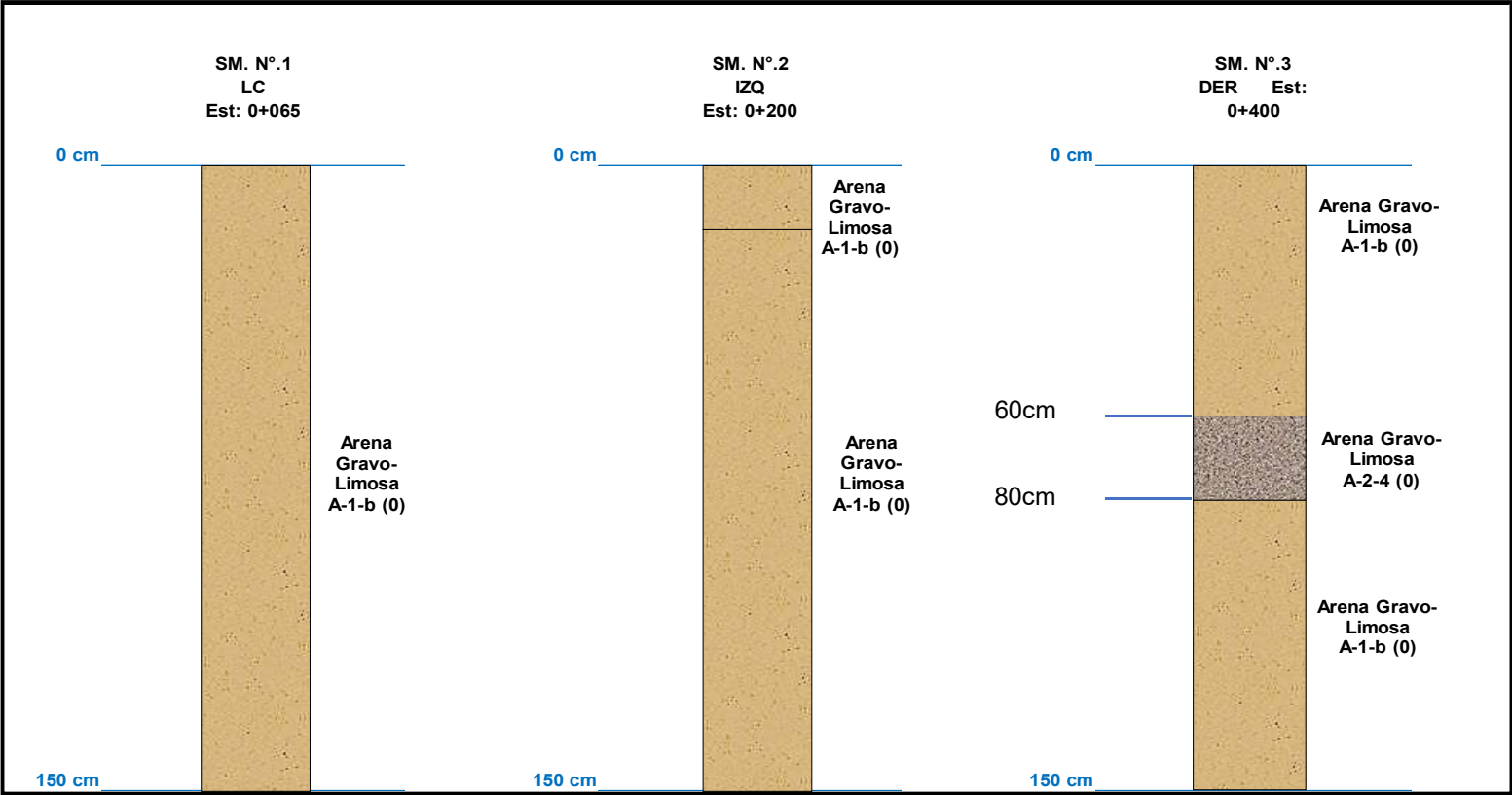
Tabla No. 227. Sondeos realizados desde la Est 4+000 – Est. 6+000.

				EL JICARO - MURRA ESTUDIO GEOTECNICO												
		RESULTADOS DE ENSAYOS DE MUESTRAS DE SONDEOS EN LINEA														
No. SL	Profundidad (cm)	Estacion	Ubicación	Clasificación	Granulometría (% que Pasa)										Límites	
					H.R.B.	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	No.4	No.10	No.40	No.200	L.L
21	0-60	4+000	DER	A-6 (1)	100	100	99	96	95	86	76	68	56	40	33	11
	60-150	4+000		A-4 (1)	100	100	100	98	95	87	76	67	55	41	33	9
22	0-30	4+200	L C	A-2-4 (0)	100	96	96	95	92	81	67	54	40	29	28	8
	30-150	4+200		A-6 (2)	100	100	100	100	99	93	85	75	61	41	33	12
23	0-14	4+400	IZQ	A-2-4 (0)	100	96	96	95	92	81	67	54	40	29	28	8
	14-54	4+400		A-2-4 (0)	100	100	100	96	93	82	68	59	48	35	32	8
	54-150	4+400		A-6 (2)	100	100	100	100	99	93	85	75	61	41	33	12
24	0-5	4+600	DER	A-2-4 (0)	100	100	100	98	95	85	71	61	48	31	32	10
	5-60	4+600		A-4 (1)	100	100	100	98	95	87	76	67	55	41	33	9
	60-150	4+600		A-6 (2)	100	100	100	100	99	93	85	75	61	41	33	12
25	0-40	4+800	L C	A-1-b (0)	100	100	94	88	82	66	53	43	31	20	24	5
	40-80	4+800		A-4 (1)	100	100	100	98	95	87	76	67	55	41	33	9
	80-150	4+800		A-2-4 (0)	100	96	96	95	92	81	67	54	40	29	28	8
26	0-20	5+000	IZQ	A-2-4 (0)	100	96	96	95	92	81	67	54	40	29	28	8
	20-80	5+000		A-2-6 (0)	100	98	98	97	95	86	72	61	47	32	35	12
	80-150	5+000		A-6 (1)	100	100	99	98	97	90	80	68	56	38	34	12
27	0-15	5+200	DER	A-2-4 (0)	100	96	96	95	92	81	67	54	40	29	28	8
	15-150	5+200		A-2-6 (0)	100	100	100	98	94	82	71	58	42	31	35	11
28	0-60	5+400	L C	A-2-4 (0)	100	96	96	95	92	81	67	54	40	29	28	8
	60-110	5+400		A-2-6 (0)	100	100	100	98	94	82	71	58	42	31	35	11
	110-150	5+400		A-2-4 (0)	100	100	100	96	93	82	68	59	48	35	32	8
29	0-30	5+600	IZQ	A-2-4 (0)	100	96	96	95	92	81	67	54	40	29	28	8
	30-50	5+600		A-2-4 (0)	100	100	99	97	94	85	74	60	35	17	31	8
	50-90	5+600		A-2-6 (0)	100	100	100	98	94	82	71	58	42	31	35	11
	90-150	5+600		A-6 (2)	100	100	100	100	99	93	85	75	61	41	33	12
30	0-20	5+800	DER	A-2-4 (0)	100	96	96	95	92	81	67	54	40	29	28	8
	20-150	5+800		A-2-6 (0)	100	100	100	98	94	82	71	58	42	31	35	11
31	0-15	6+000	L C	A-2-4 (0)	100	96	96	95	92	81	67	54	40	29	28	8
	15-75	6+000		A-2-6 (0)	100	100	99	95	91	76	61	50	37	24	35	11
	75-150	6+000		A-2-4 (0)	100	100	95	84	78	58	43	32	19	11	34	9

Fuente: Consultoría y Diseño S.A. (CONDISA).

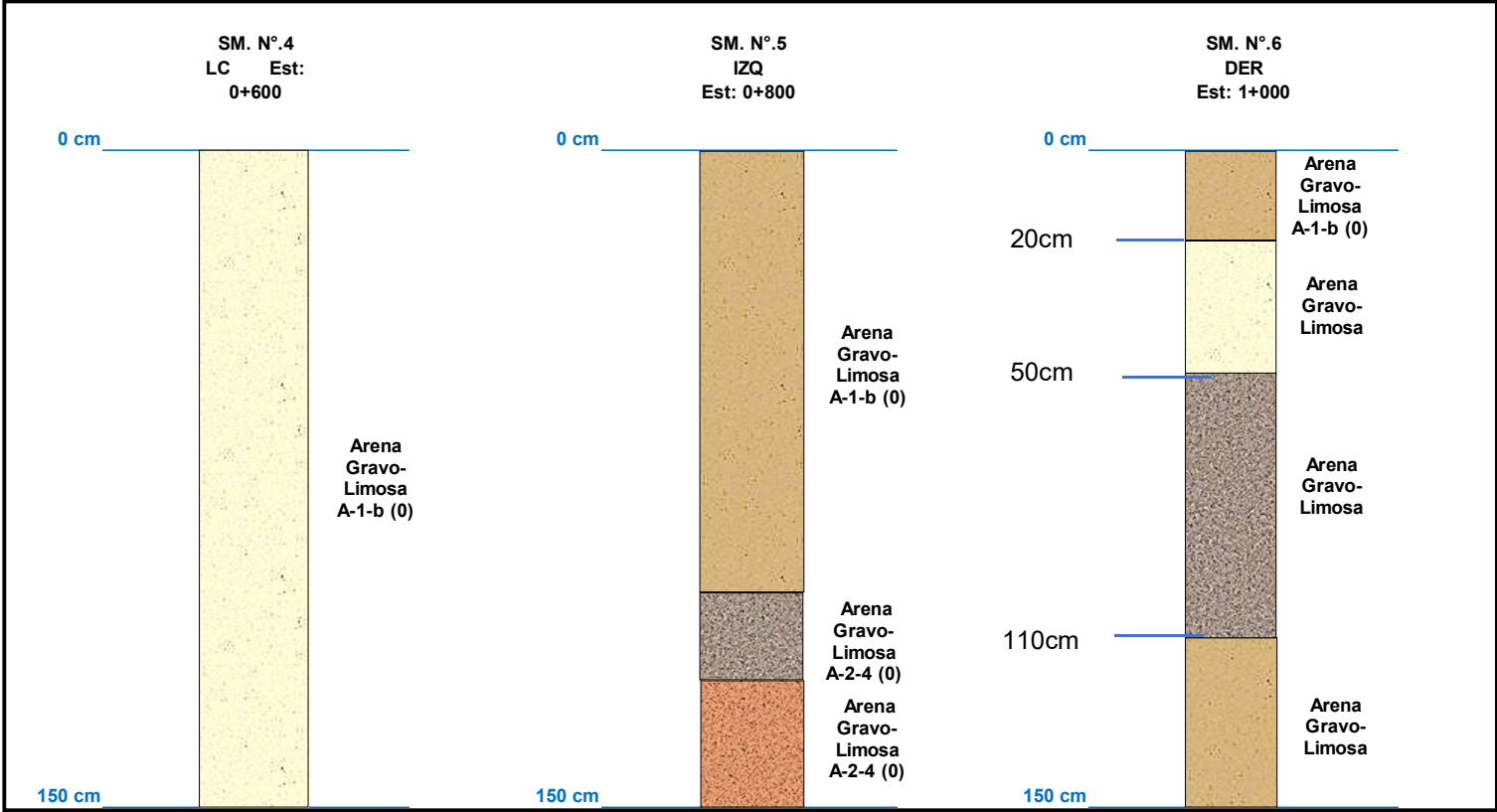
A continuación, se muestra las columnas estratigráficas del suelo en base a los resultados de los ensayos de laboratorio realizados en los sondeos de línea.

Gráfico No. 3. Columna estratigráfica (Sondeo No. 1 al Sondeo No. 3).



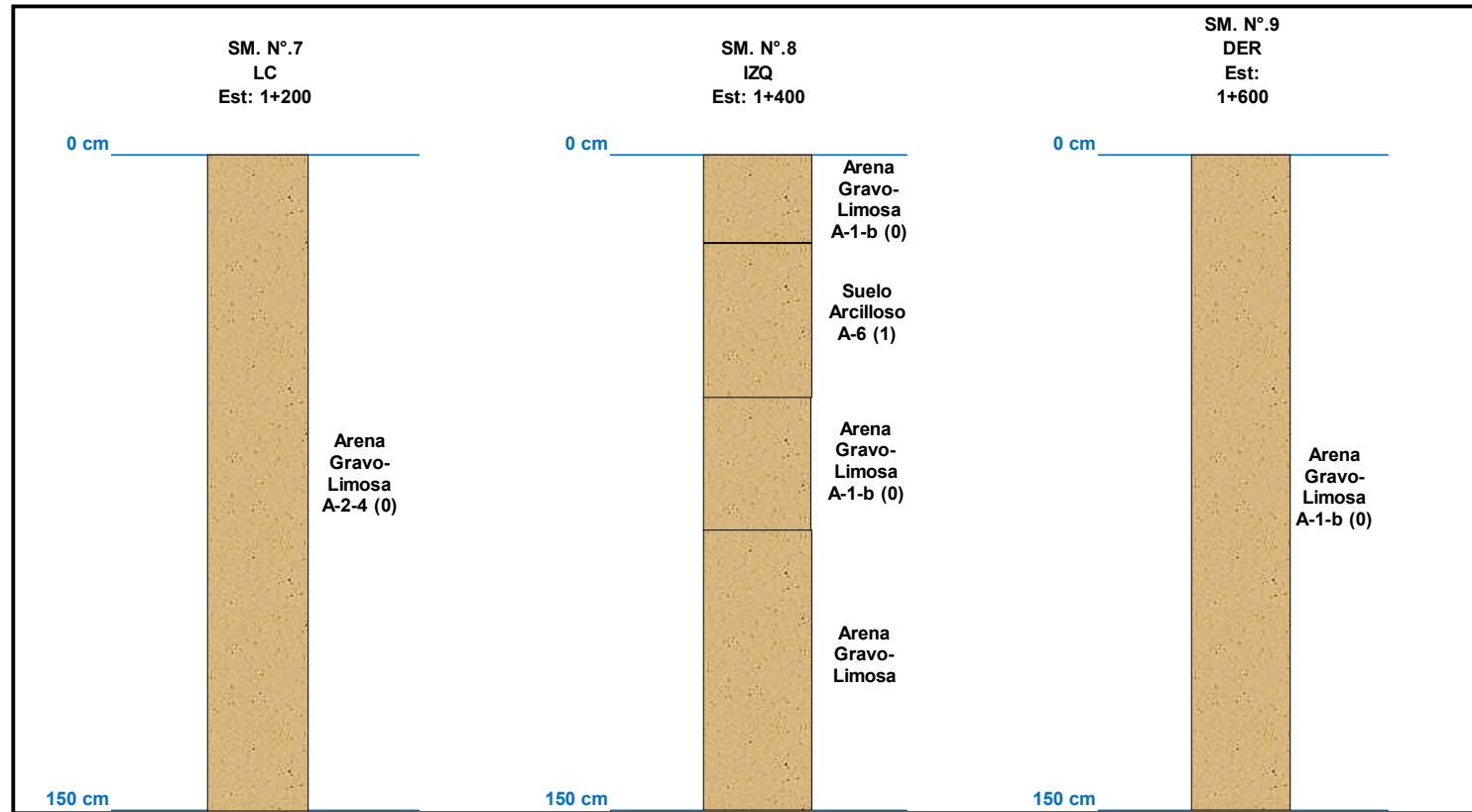
Fuente: Elaborado por Sustentantes

Gráfico No. 4. Columna estratigráfica (Sondeo No.4 al Sondeo No. 6)



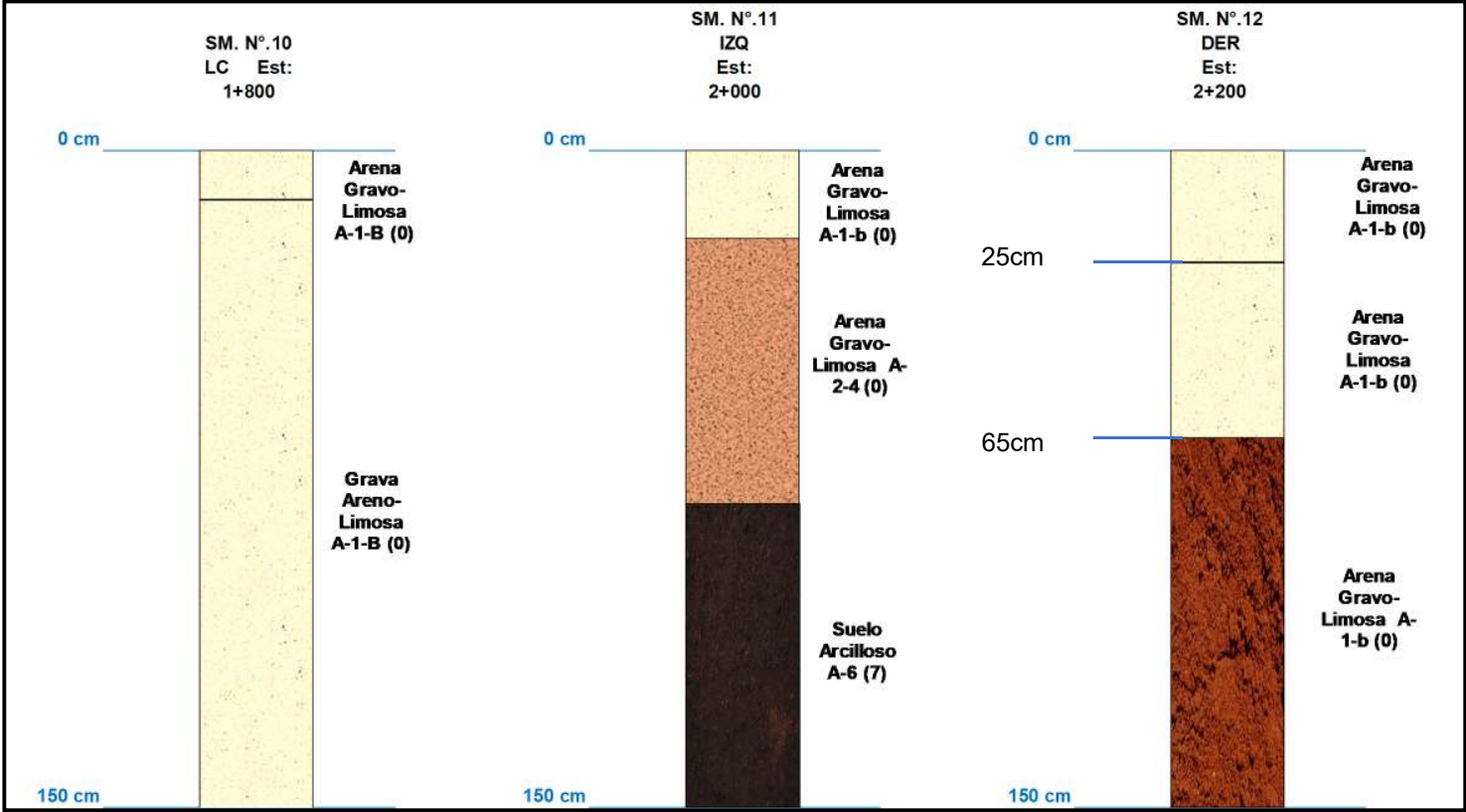
Fuente: Elaborado por Sustentantes

Gráfico No. 5. Columna estratigráfica (Sondeo No. 7 - Sondeo No. 9).



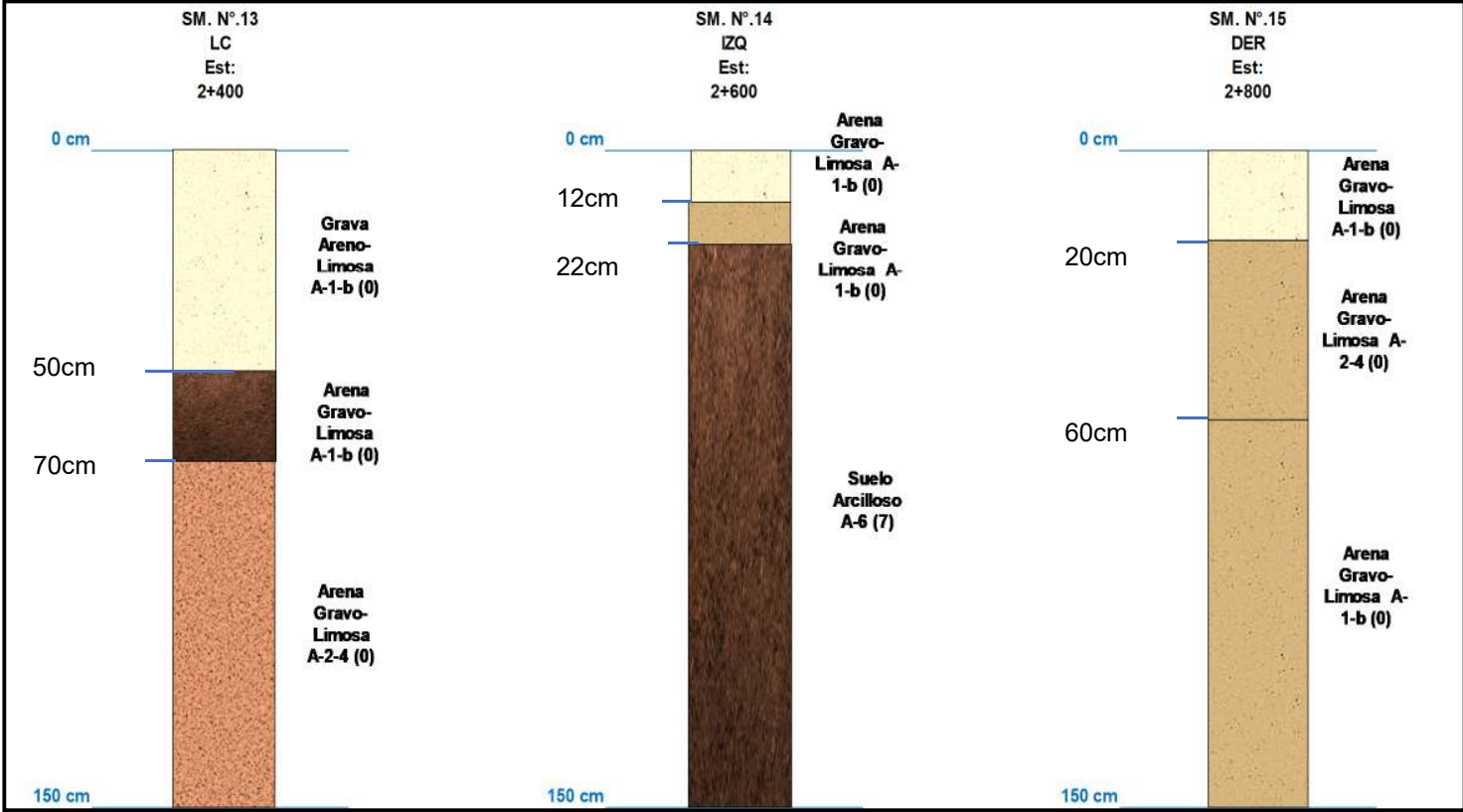
Fuente: Elaborado por Sustentantes

Gráfico No. 6. Columna Estratigráfica (Sondeo No. 10 - Sondeo No. 12).



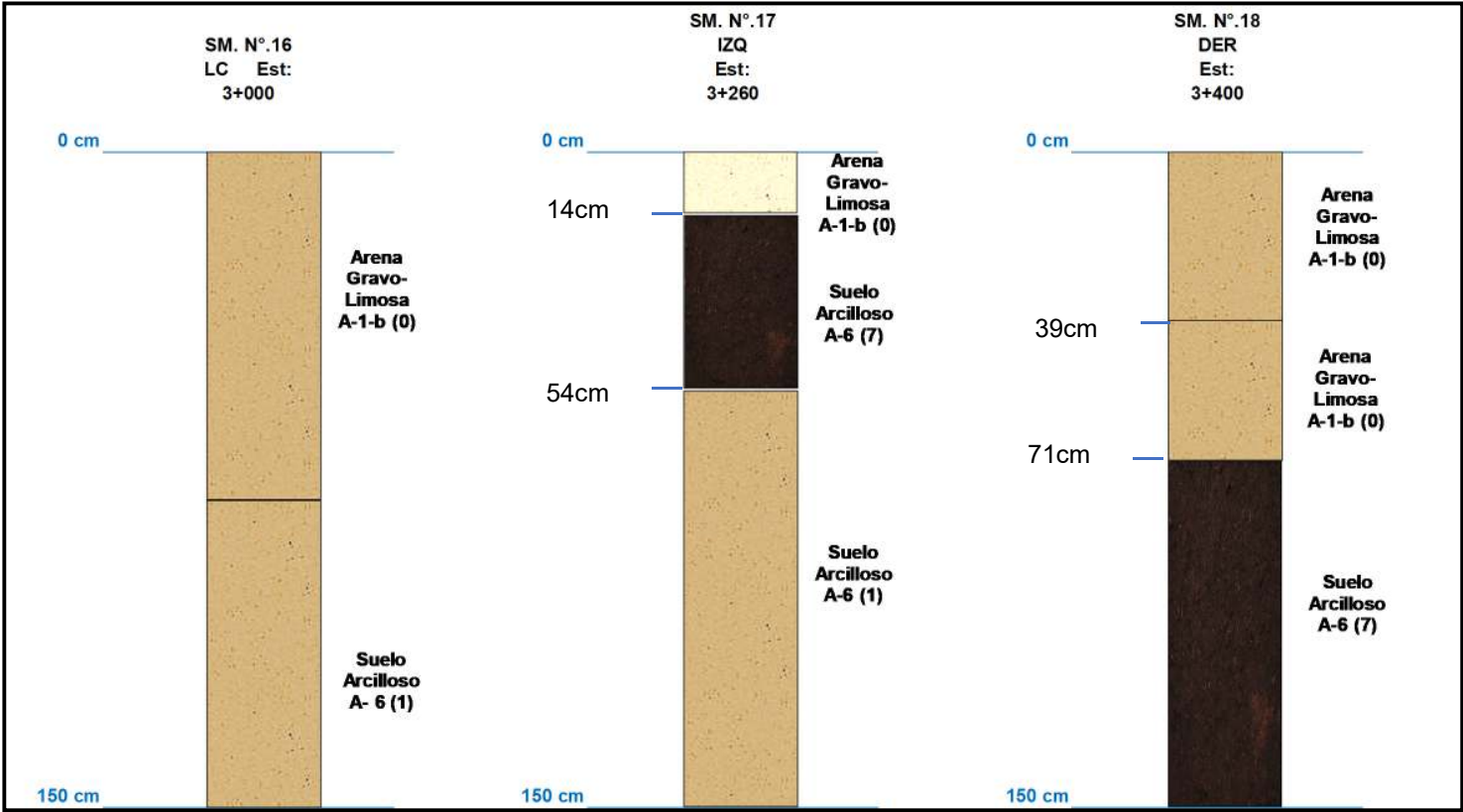
Fuente: Elaborado por Sustentantes

Gráfico No. 7. Columna Estratigráfica (Sondeo No. 13 - Sondeo No. 15).



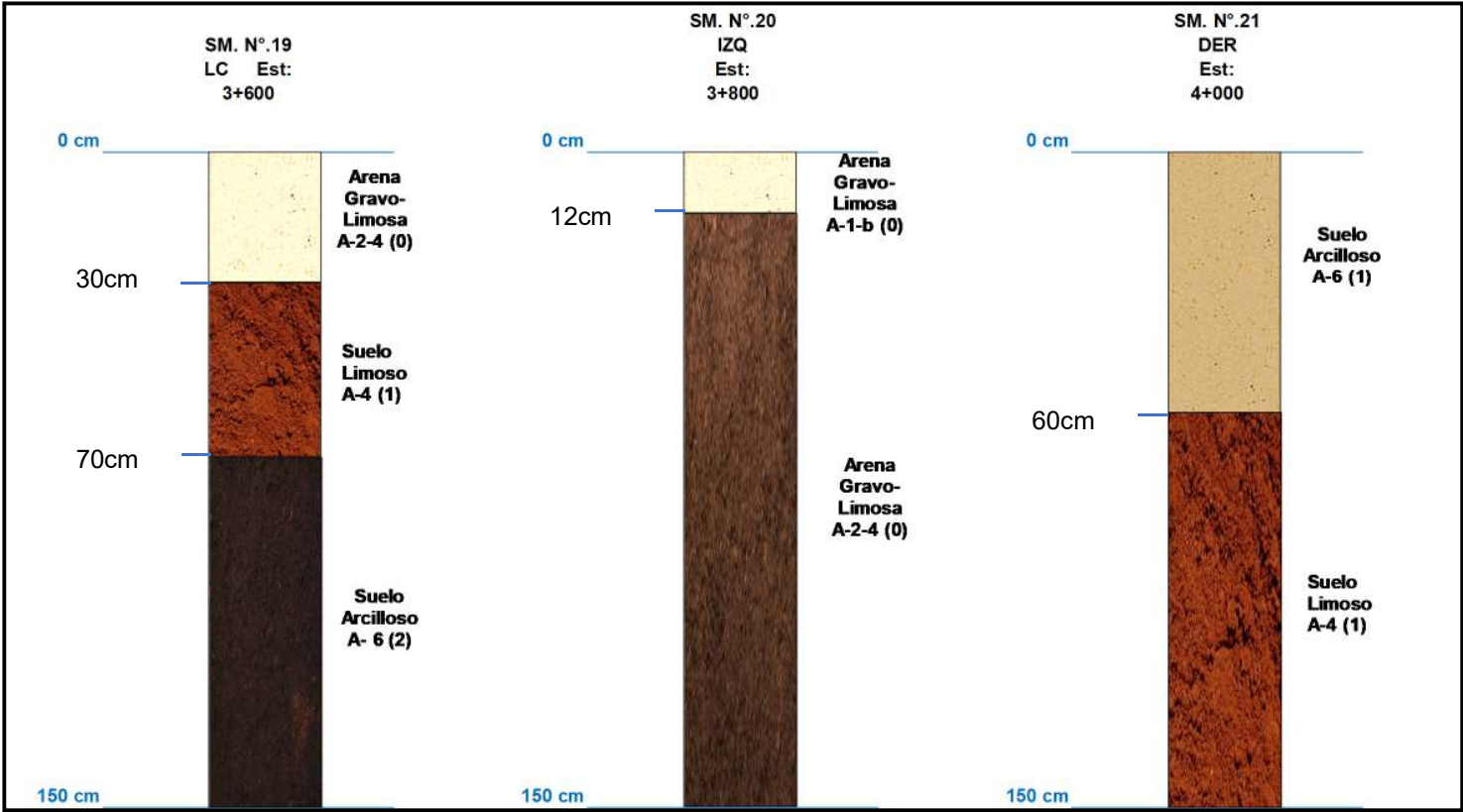
Fuente: Elaborado por Sustentantes

Gráfico No. 8. Columna Estratigráfica (Sondeo No. 16 - Sondeo No. 18).



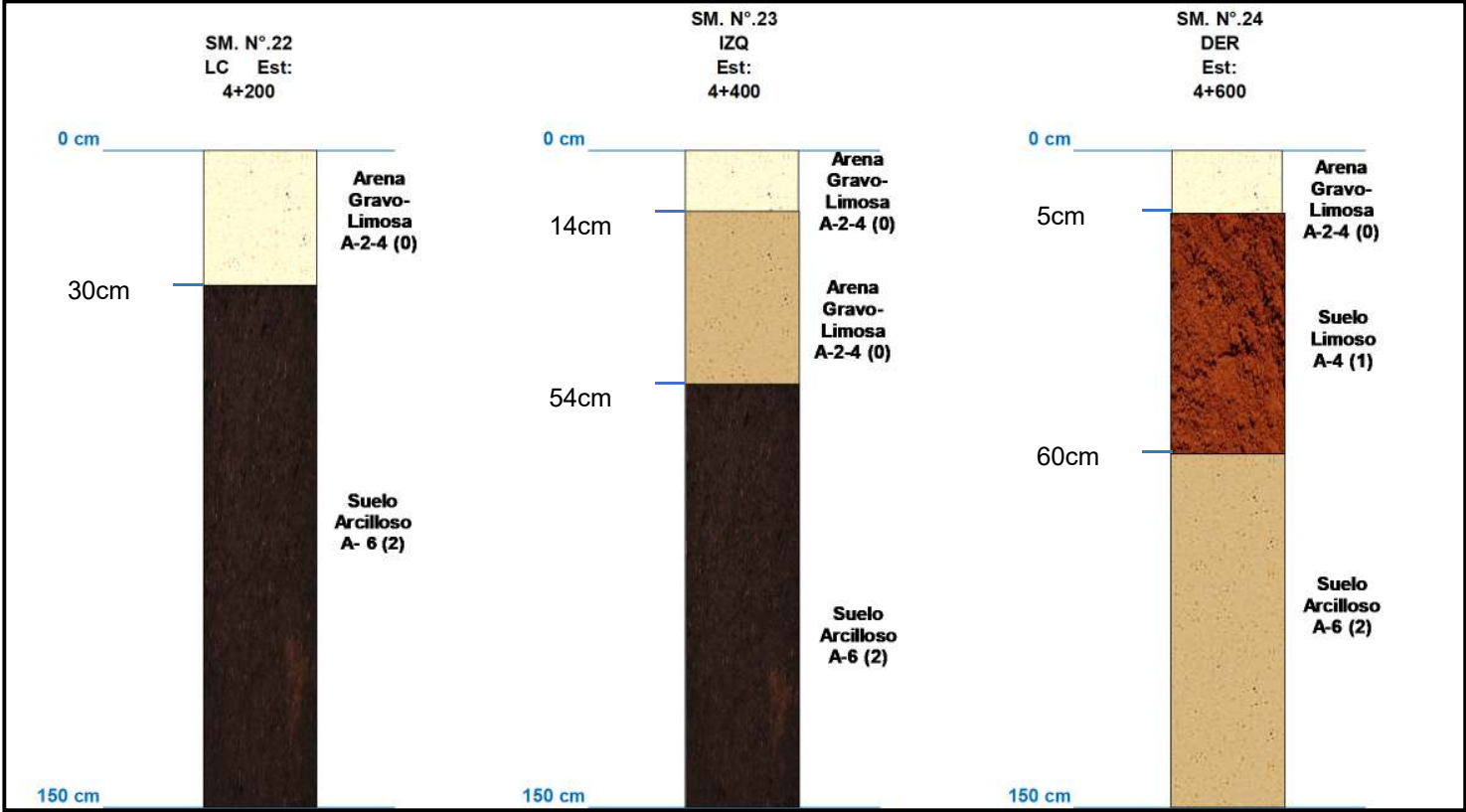
Fuente: Elaborado por Sustentantes

Gráfico No. 9. Columna Estratigráfica (Sondeo No. 19 - Sondeo No. 21).



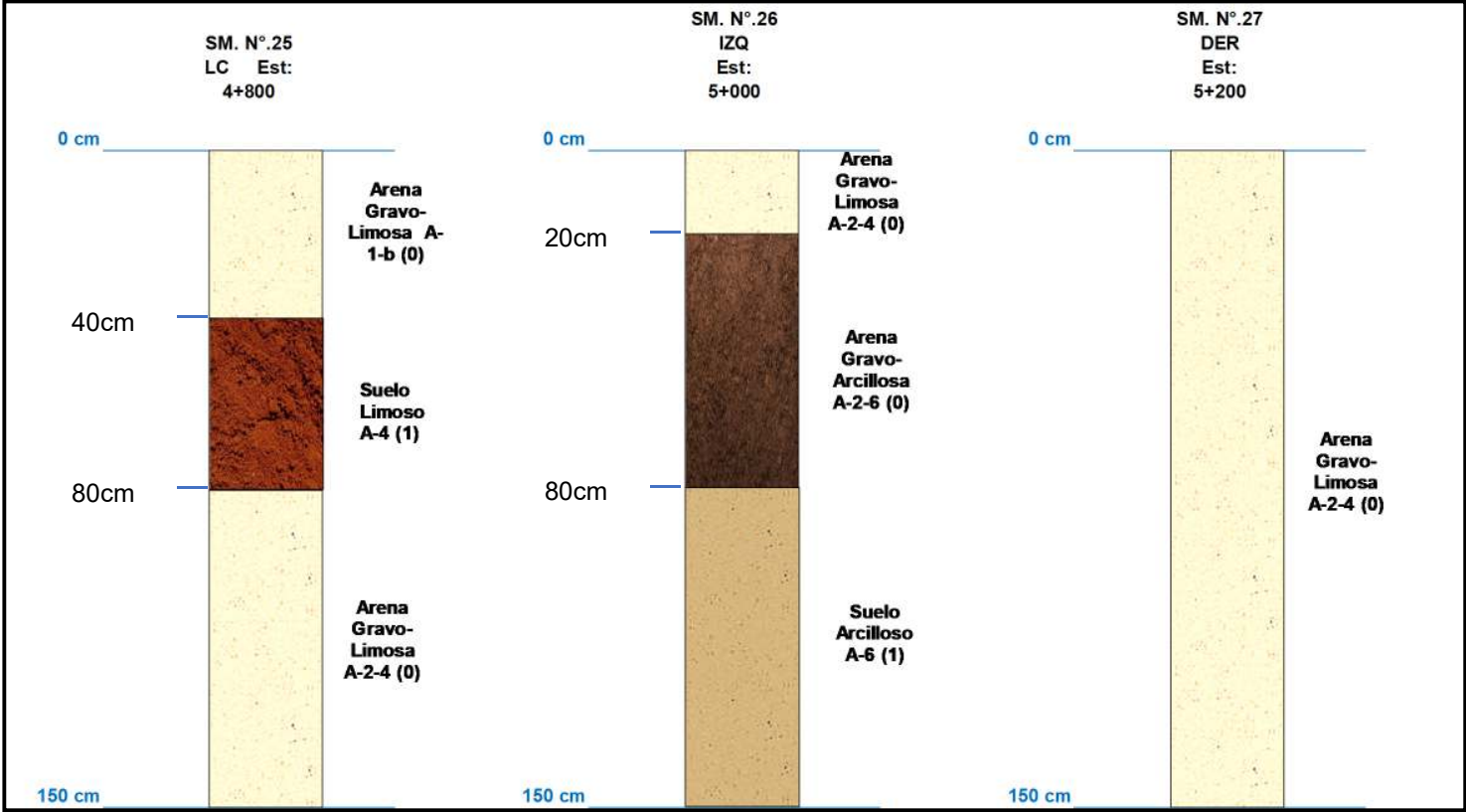
Fuente: Elaborado por Sustentantes

Gráfico No. 10. Columna Estratigráfica (Sondeo No. 22 - Sondeo No. 24).



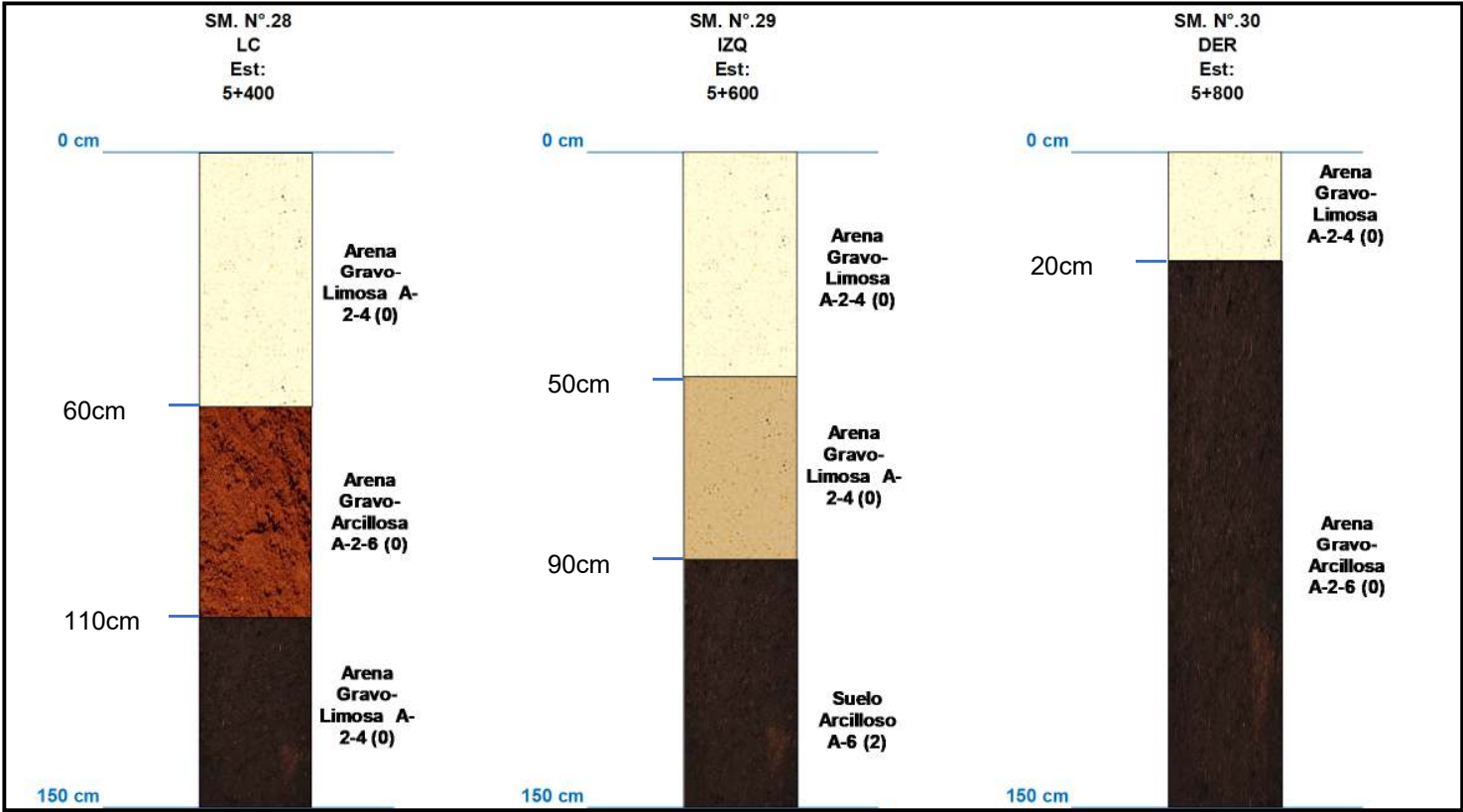
Fuente: Elaborado por Sustentantes

Gráfico No. 11. Columna Estratigráfica (Sondeo No. 25 - Sondeo No. 27).



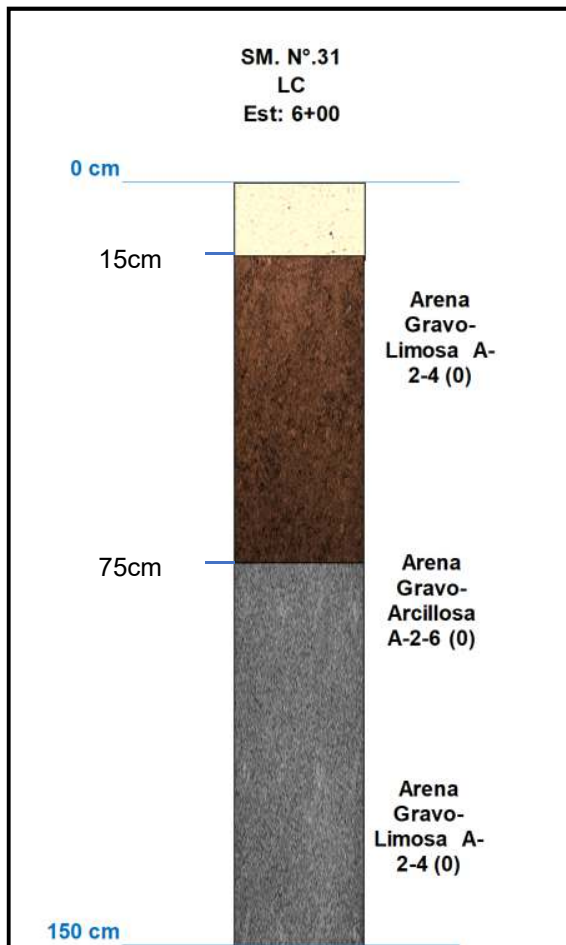
Fuente: Elaborado por Sustentantes

Gráfico No. 12. Columna Estratigráfica (Sondeo No. 28 - Sondeo No. 30).



Fuente: Elaborado por Sudentantes

Gráfico No. 13. Columna Estratigráfica (Sondeo No. 28 - Sondeo No. 30).






Fuente: Elaborado por Sustentantes

3.3.2. Ensayos de CBR de sondeos en línea.

Se analizaron 13 sondeos de línea los cuales fueron ejecutados cada 500 metros sobre la línea central de la carretera, predominando los suelos tipo arena gravo-limosa de baja plasticidad y CBR del 13% al 95% de compactación. Este suelo cumple los requisitos de capacidad de carga establecidos por la AASHTO para la conformación de la capa subrasante de proyecto.

A continuación, se presentarán los resultados obtenidos de los ensayos:

Tabla No. 238. Ensayos CBR desde la Est 0+065 – Est. 6+000.

 		EL JICARO - MURRA ESTUDIO GEOTECNICO RESULTADOS DE ENSAYOS CBR					
Estacion	Profundidad (cm)	Clasificación H.R.B.	VALOR DE CBR %				
			90%	95%	100%		
0+065	0-150	A-1-b (0)	2	13	30		
0+500	0-50	A-1-b (0)	2	13	30		
	50-150	A-4 (1)	3	7	11		
1+000	0-20	A-1-b (0)	2		30		
	20-50	A-1-b (0)	2	13	30		
	50-110	A-2-4 (0)	3	5	9		
	110-150	A-1-b (0)	2	13	30		
1+500	0-10	A-1-b (0)	2	13	30		
	10-20	A-1-b (0)	2	13	30		
	20-150	A-6 (7)	2	2	4		
2+000	0-20	A-1-b (0)	2	13	30		
	20-80	A-2-4 (0)	3	5	9		
	80-150	A-6 (7)	2	2	4		
2+500	0-60	A-1-b (0)	2	13	30		
	60-85	A-1-b (0)	2	13	30		
	85-150	A-1-b (0)	2	13	30		
3+000	0-80	A-1-b (0)	2	13	30		
	80-150	A-6 (1)	2	2	4		
3+500	0-30	A-1-b (0)	2	13	30		
	30-45	A-2-4 (0)	3	5	9		
	45-85	A-6 (1)	2	2	4		
	85-150	A-6 (7)	2	2	4		
4+000	0-60	A-6 (1)	2	2	4		
	60-150	A-4 (1)	3	7	11		
4+500	0-20	A-1-b (0)	2	13	30		
	20-40	A-2-6 (0)	7	15	19		
	40-150	A-2-4 (0)	3	5	9		
5+000	0-20	A-2-4 (0)	3	5	9		
	20-80	A-2-6 (0)	7	15	19		
	80-150	A-6 (1)	2	2	4		
5+500	0-150	A-2-6 (0)	7	15	19		
6+000	0-15	A-2-4 (0)	3	5	9		
	15-75	A-2-6 (0)	7	15	19		
	75-150	A-2-4 (0)	3	5	9		

Fuente: Consultoría y Diseño S.A. (CONDISA).

Aplicando el criterio expuesto por el Instituto del Asfalto para la determinación del valor del CBR DE DISEÑO, el cual recomienda tomar un valor tal, que el 60%, el 75% o el 87.5%, de los valores individuales obtenidos sean iguales o mayores que él, de acuerdo con el tránsito que se espera que circule por el pavimento, como se muestra en la Tabla siguiente:

Tabla No. 249. Criterio del Instituto dl Asfalto para determinar el CBR de diseño de subrasante.

Cargas equivalentes Totales (ESAL´S)	Percentil de diseño (%)
< de 10,000 ESAL´S	60
Entre 10,000 - 1,000,000 ESAL´S	75
> de 1,000,000 ESAL´S	87.5

Fuente: Instituto de Asfalto. (MS-1) 1,991.

La carretera soportará un ESAL´S de 666,261.07 valor que se encuentra entre el rango de 10,000 – 1,000,000 de ESAL, por lo tanto, el percentil de diseño de CBR es de 75%. Por lo cual se obtiene:

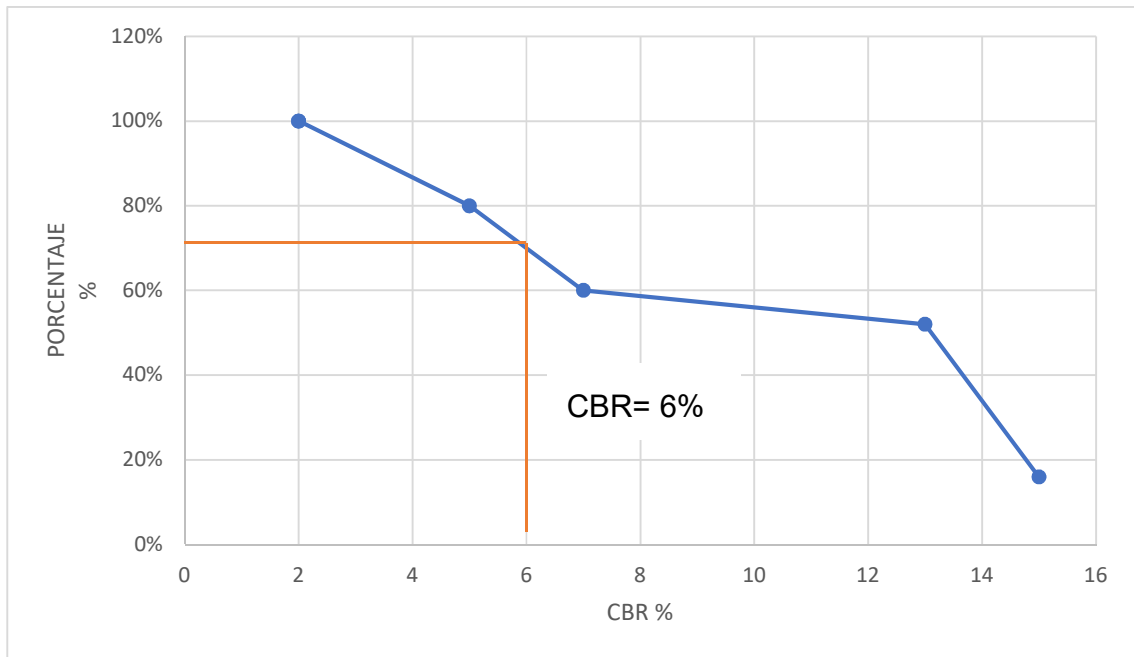
Tabla No.25. Valores utilizados para el diseño de CBR de sub-rasante.

Clasificación AASHTO	CBR 95%	Frecuencia	Cantidades de Valores Iguales	Porcentajes
A-1-b (0)	13.00	9	14	100%
A-2-4 (0)	5.00	5	7	50%
A-2-6 (0)	15.00	4	4	29%
A-6 (1)	1.75	4	4	29%
A-6 (7)	1.75	3	3	21%
A-4 (1)	7.00	2	2	14%
A-4 (1)	7.00	2	2	14%

Fuente: Elaborado por sustentantes.

Aplicando el criterio de la tabla No. 24 el Percentil de diseño en base al ESAL's de diseño es de 75%. Por lo tanto, se obtiene:

Gráfico No. 14. CBR de diseño para la sub-rasante.



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

En base a estos datos de los resultados de los ensayos de línea se elabora el gráfico donde se determina el CBR de Diseño para la sub-rasante, resultando un valor igual a 6%. Este porcentaje refleja una muestra representativa de los valores del CBR encontrados en la línea.

3.4. INVESTIGACIÓN DE BANCOS DE MATERIALES

Con el propósito de contar con las fuentes de materiales necesarias para la fase constructiva de las obras de terracería, fundamentalmente para la conformación de la estructura de pavimento, se realizó un reconocimiento de la zona a fin de detectar las potenciales fuentes o bancos de materiales existentes en las cercanías y sectores aledaños al proyecto.

En toda la zona del camino se detectaron 2 bancos de materiales:

Los materiales del banco Rio Sucio No.1, ubicado en la Estación 1+880 lado derecho, presenta una buena granulometría, limite liquido de 33 y plasticidad de 8, clasificándolo como material A-2-4 (0) y A-1-B (0), con calidad de excelente a bueno para conformación de terracerías (base o subbase).

Los materiales del banco Casas Viejas No.2, ubicado en la Estación 6+340 lado izquierdo, presenta una buena granulometría, limite liquido de 35 y plasticidad de 9, clasificándolo como material A-2-4(0, con calidad de excelente a bueno para conformación de terracerías (base o subbase).

La investigación de estas fuentes de materiales consistió en determinar, mediante sondeos manuales si las condiciones del material contenido en ellas son aptas para ser utilizado en la construcción del pavimento articulado. Se realizó un sondeo por cada banco, que consistieron en perforaciones manuales a cielo abierto, bajo la misma mecánica de procedimiento que se utilizó en los sondeos de línea, con la diferencia que los sondeos en los bancos fueron de mayor dimensión: 1.50 metros x 1.50 metros con profundidades hasta de cuatro metros. Para la determinación de la consistencia de los suelos encontrados en los bancos, mediante ensaye CBR, se homogenizaron las muestras similares.

3.4.1. Resultados de los ensayos de laboratorio realizados a los bancos de materiales.

Los resultados de los ensayos de laboratorio a los materiales de los bancos fueron realizados por la firma consultora Ingeniera, Desarrollo e Inversiones. S.A (IDISA) mostrados en la tabla 26. Estos resultados confirman que el material disponible de forma natural puede ser utilizado únicamente como material de subrasante.

Tabla No. 26. Propiedades de bancos de materiales.

ENSAYES	BANCO #1 (Est. 1+880, LD)	BANCO #2 (Est. 6+340, LI)
Limite Liquido (D 423-54T)	33	35
Índice de Plasticidad (D 424 - 54T)	8	9
Clasificación H.R.B.	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)
Humedad Optima (D698 - 58T)	14.9	17.7
C.B.R (AASHTO T-180)	15	15

Fuente: CONDISA.

Tabla No.27. Valores utilizados para el diseño de CBR de sub-rasante.

OBSERVACIONES:	Largo: 86.602 m Ancho: 62.133 m Alto: 19.703 m Volumen Explotable= 46,289 m3	Largo: Ancho: Alto: Volumen Explotable= 29,373 m3
----------------	---	--

Fuente: CONDISA.

Tabla No.28. Granulometría y CBR.

Banco	Ubicación	No. Sondeo	Profundidad (cm)	Clasificación H.R.B.	Granulometría (% que Pasa)										Límites	
					3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	No.4	No.10	No.40	No.200	L.L	I.P
1.- RIO SUCIO	LD	01	0 - 300	A-2-4 (0)	100	91	80	69	63	48	35	28	19	12	33	8
		02	0 - 300	A-2-4 (0)	100	100	96	95	94	85	74	68	56	32	28	6
		03	0 - 300	A-1-b (0)	100	100	100	98	96	87	70	61	42	22	21	2
2.- CASAS VIEJAS	LI	01	0 - 300	A-2-4 (0)	100	91	85	79	74	59	41	28	14	8	28	7
		02	0 - 300	A-2-4 (0)	100	95	93	86	82	69	53	46	34	24	31	7
		03	0 - 300	A-2-4 (0)	100	100	97	95	89	70	49	42	33	25	35	9

Fuente: CONDISA.

3.5. CONFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE TERRACERÍA

El análisis de las muestras de suelos in situ y de los bancos de materiales, otorgan los datos necesarios para la selección de estos como materiales de fundación para las diferentes capas que conforman la terracería de nuestro pavimento articulado, en relación a los requisitos mínimos establecidos por la norma NIC 2000.

A continuación, se presentan las recomendaciones de los materiales a utilizar en la estructura de pavimento para una óptima transferencia de las cargas y la reducción de sus tensiones sobre la subrasante:

- Base: La capacidad de carga CBR requerida es del 80% mínimo, por lo cual se propone el uso del material de los bancos “Rio Sucio y Casas Viejas” para la conformación de esta capa de fundación, con un CBR de 15.0% (inferior al mínimo), y se recomienda y/o propone ser mejorado por medio de cemento, de forma que el material posea un CBR mayor al 80% y resistencia a la compresión de 21 kg/cm² después de 7 días de curado y 7 días de saturado en el sitio, conforme a lo que establece la norma NIC 2019, tomo II, sección 1003.
- Subbase: La capacidad de carga CBR requerida es del 40% mínimo, por lo cual se propone el uso del material de los bancos “Rio Sucio y Casas Viejas” recomendando estabilización a través de material selecto para la conformación de esta capa de fundación, ya que en estado natural el banco posee 15% de CBR.
- Subrasante: Esta es la capa de fundación que se ubica debajo de la base y subbase y es la que recibe las tensiones de cargas que el tránsito genera en la carpeta de rodadura. Esta capa requiere un CBR de 20% máximo, se observó que los resultados de los ensayos de las muestras in situ proporcionan un suelo A-1-B, A-2-4 A-2-6 con 6% de capacidad de carga (CBR), capaz de emplearse para la conformación de esta capa.



CAPÍTULO IV

ESTUDIO TOPOGRÁFICO

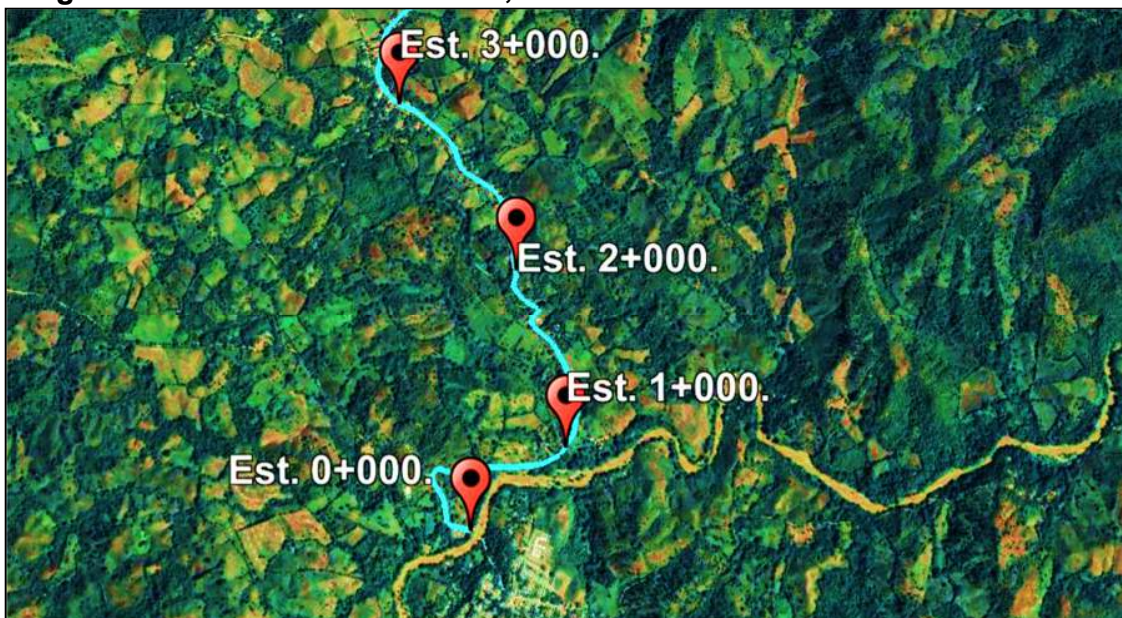
4.1 INTRODUCCIÓN

El estudio topográfico tiene el objetivo de determinar la posición relativa (coordenadas norte, este y elevación) del tramo de carretera El Júcaro - Murra para la futura definición del *Alineamiento Horizontal* o “Eje Central de carretera” que tendrá como función definir los tramos que corresponderán a tangentes (rectas), o curvas (radio de curvas) de los 6.0 km de carretera propuesta. A su vez, se definirá el *Alineamiento Vertical* de esta o “Rasante” para establecer los radios de visibilidad de curvas verticales sean estas: Pendientes o Rampas. En resumen, este estudio proporcionará la base del diseño geométrico y vial del proyecto, que se presentará en el capítulo VI. Los datos del estudio topográfico presentados a continuación, fueron aportados y facilitados por la Alcaldía Municipal de El Júcaro y procesados por los sustentantes de este trabajo monográfico.

4.1.1. Levantamiento topográfico.

Se presentará el levantamiento del proyecto visto en planta y su recorrido desde la salida norte del municipio El Júcaro hasta su final en la estación 6+000.

Imagen No. 4. Tramo de carretera, Est. 0+000 – Est. 3+000.



Fuente: Google Earth, elaborado por Sustentantes.

Imagen No. 5. Tramo de carretera, Est. 4+00 – Est. 6+000.



Fuente: Google Earth, elaborado por Sustentantes.

4.2 OBTENCIÓN DE RELIEVE DE TERRENO

Los datos del levantamiento topográfico se presentarán a partir de tablas, en base a un arreglo de datos del tipo PENZD: **P**unto, **E**ste, **N**orte, **E**levación (**Z**), **D**escripción. Los puntos levantados corresponden a los límites permitidos por el camino existente desde un extremo de cerco (mano derecha) hasta el otro extremo (mano izquierda), dentro de este límite de área se encuentran situados los puntos centrales de la calzada y sus lados (derecha, izquierda). (Ver Anexo B, Tabla No. 59-74 pág. XV-XXX) A continuación, presentaremos la descripción empleada para la identificación de cada punto levantado:

Tabla No. 109. Leyenda de descripción para la identificación de puntos.

DESCRIPCIÓN	CONCEPTO
CD	Cerco a la derecha de la vía
LD	Lado derecho de la vía
LC	Línea central de la vía
LI	Lado izquierdo de la vía
CI	Cerco a la Izquierda de la vía

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

La topografía del proyecto fue establecida por medio del software Autodesk Civil 3D. y su procesamiento para la obtención fue a partir de los siguientes pasos:

- **Puntos:** Primero, se repara la información completa concernientes a los puntos del levantamiento del tipo PENZD, en un formato de preferencia *csv delimitado por comas*, formato aceptable por el software.
- **Insertar Puntos:** Segundo, El archivo de puntos (formato .csv), es cargado por el programa civil 3D a través de la herramienta de puntos, inserción de puntos, selección de formato de puntos y orden de los datos.
- **Superficie:** Al cargar la nube de puntos en la pantalla, se procede a crear la superficie de nuestro proyecto, por medio de la herramienta Superficies y crear superficie. Se asigna el nombre conforme al tramo de carretera Jícaro-Murra estación 0+000 – 6+000, se asignan los puntos que conformaran la superficie (en este caso corresponden a nuestros puntos de levantamiento), generándose las triangulaciones del terreno.
- **Modificaciones de la superficie:** Se editan las líneas que conforman las triangulaciones generadas en los bordes de la carretera para evitar que se generen formas no reales del camino, por medio de la opción *Editar superficie*.
- **Generar curvas de nivel:** Modificado el terreno, se procede finalmente a la edición de las propiedades de las curvas de nivel de la carretera, asignándose el intervalo de 1.00 m para curvas de nivel secundarias y 5.00 m para curvas de nivel principales. D esta forma se obtiene la topografía de todo el proyecto desde la estación 0+000 hasta la estación 6+000.
- **Alineamiento Central:** Para la obtención del perfil longitudinal, se requiere primeramente establecer la línea central o eje de carretera sobre las curvas de nivel, esto se hace mediante la

herramienta *Alineamiento*, y estableciendo su sentido de inicio a partir de la estación 0+000.

- **Creación de Perfil:** Por medio de la herramienta *Perfil de Sección*, se selecciona el alineamiento del eje principal y central de carretera y a su vez se selecciona la superficie de proyecto para que el alineamiento sea proyectado sobre la superficie y poder reflejar la topografía del terreno y su altimetría.

Al proyectar sobre un plano vertical las distintas elevaciones del eje de la carretera, se obtiene el perfil del eje de la carretera.

4.2.1. Tipo de terreno

El manual SIECA establece tres clasificaciones para el tipo de terreno donde será emplazado nuestro proyecto, y este es definido por el rango de pendientes dentro del eje central de la carretera. Como se aprecia en la imagen 6, la carretera está conformado por 10 tramos de pendientes notables, como se aprecia en la la tabla N° 30 a continuación:

Tabla No.30. Porcentaje de pendiente en tramos de la carretera de proyecto.

ESTACIÓN		PENDIENTE (%)
0+000	0+390	18.7
0+390	0+870	5.9
0+870	1+380	16.3
1+700	1+850	1.99
1+850	2+250	11.2
2+250	3+500	9.2
3+700	4+260	16.6
4+260	4+400	15.7
4+850	5+240	10
5+240	6+000	7.7

Fuente: Elaborado por sustentantes.

Por lo tanto, se puede definir el tipo de terreno para cada tramo de carretera, a partir, de su pendiente como lo establece el manual SIECA 2011.

Tabla No.31. Clasificación de los terrenos en función de las pendientes naturales.

TIPO DE TERRENO	RANGO DE PENDIENTES P(%)
Llano o Plano	$P \leq 5$
Ondulado	$5 > P \leq 15$
Montañoso	$15 > P \geq 30$

Fuente: SIECA, cap. 3, 2011, pág. 116.

La clasificación de tipo de terreno, se establecerá a partir del pendiente promedio obtenida de la sumatoria de las pendientes entre las estaciones 0+000 hasta la estación 6+000.

$$\text{Pendiente Promedio} = \frac{\sum \text{Pendientes } i}{\text{No. de Pendientes}}$$

A partir de los datos de la tabla No. 24, se obtiene que la pendiente promedio de terreno es:

Pendiente Promedio

$$= \frac{18.7 + 5.9 + 16.3 + 1.99 + 11.2 + 9.2 + 16.6 + 15.7 + 10 + 7.7}{10}$$

Pendiente Promedio = **11.33%**.

Por lo cual, el terreno de proyecto se considera tipo **Ondulado**.

A continuación, se presentará el esquema del perfil longitudinal de proyecto.

Imagen No. 6. Esquema de perfil longitudinal de elevación Est. 0+000 – Est. 6+000.



Fuente: elaborado por sustentantes.



CAPÍTULO V

DISEÑO GEOMÉTRICO

VIAL

5.1. INTRODUCCIÓN

El diseño geométrico de carreteras es el proceso de correlación entre sus elementos físicos y las características de operación de los vehículos, mediante el uso de las matemáticas, la física y la geometría. En ese sentido, la carretera queda geoméricamente definida por el trazado de su eje en planta y en perfil y por el trazado de su sección transversal.

El diseño geométrico de la carretera reúne características específicas concernientes a sus alineamientos horizontales y verticales, distancias de visibilidad, dispositivos uniformes de control entre otros. Estos elementos de diseño deberán estar acorde a los parámetros establecidos en el manual SIECA 2011, según las velocidades de diseño establecidas. A continuación, abordaremos todos los procesos del diseño geométrico vial del tramo de carretera Júcaro – Murra.

5.1.1. Uso de software AutoCAD Civil 3D para el diseño geométrico vial.

CIVIL 3D es un software profesional usado especialmente en el diseño de vías terrestres, fraccionamientos y terracerías, y más. El programa trabaja con la norma AASHTO y sus ediciones. Sus funciones más importantes en el Diseño Geométrico son entre otras:

- Edición de puntos.
- Edición de triangulaciones.
- Trazado de curvas horizontales.
- Trazado de curvas verticales.
- Obras de drenaje vial, movimiento de tierra, entre otras.

5.2. CONTROLES Y CRITERIOS DE DISEÑO

5.2.1. Clasificación funcional.

La clasificación funcional es el proceso por el cual las carreteras y calles son agrupadas en clases, o sistemas, de acuerdo a las características de servicio al tráfico que se intente proveer.

La clasificación funcional de las carreteras, admite el establecimiento de doce tipos básicos de carreteras entre rurales y urbanas, con límites en lo que respecta a volúmenes de tránsito para diseño.

Tabla No. 32. Sistema de clasificación funcional.

FUNCIÓN	CLASE DE CARRETERA(1)	NOMECLATURA	TPD(2) (AÑO FINAL DE DISEÑO)	Número de Carriles
ARTERIAL PRINCIPAL	AUTOPISTA	AA	>20,000	6-8
	ARTERIAL RURAL	AR	10,000-20,000	4-6
	ARTERIAL URBANA	AU	10,000-20,000	4-6
ARTERIAL MENOR	ARTERIAL MENOR RURAL	AMR	3,000-10,000	2
	ARTERIAL MENOR URBANA	AMU	3,000-10,000	2
COLECTOR MAYOR	COLECTOR MAYOR RURAL	CMR	10,000-20,000	4-6
	COLECTOR MAYOR URBANA	CMU	10,000-20,000	4-6
COLECTOR MENOR	COLECTOR MENOR RURAL	CR	500-3,000	2
	COLECTOR MENOR URBANA	CU	500-3,000	2
LOCAL	LOCAL RURAL	LR	100-500	2
	LOCAL URBANO	LU	100-500	2
	RURAL	R	<100	1-2

Fuente: Manual centroamericano para el Diseño Geométrico de carretera con enfoque de Gestión de riesgo y seguridad vial, SIECA, Edición 2011, pág. 33.

La clasificación funcional de la vía en estudio, se establece a partir del volumen y composición del tránsito proyectado TPDA₂₀₄₀ en el año horizonte. Tomando en cuenta las diferentes modalidades del tránsito, se puede clasificar esta vía como

Colector Menor Rural.

5.2.2. Derecho de vía.

El derecho de vía es la franja de terreno que adquiere el dueño de una carretera, normalmente el Estado, para la construcción de la misma, incluyendo dentro de sus límites el diseño balanceado de las calzadas con sus carriles proyectados, los hombros interiores y exteriores, y todos los demás elementos que conforman normalmente la sección transversal típica de este tipo de instalaciones, conforme a su clasificación funcional. No obstante, la conveniencia de contar con una franja de terreno de ancho uniforme para cada tipo de carretera, en la práctica dicha

franja es variable y determinada apropiadamente en función de cada proyecto en particular.

Para el tramo en estudio, la franja de derecho de vía actual es constante en toda su trayectoria, se establece el derecho de vía del proyecto de **20m**, y se propone un ancho de calzada de **6.60 metros** con hombros de **1.20 metros** de ancho, conforme al manual SIECA 2011 en su capítulo 3, inciso 3.4, pág. 129.

5.2.3. Vehículo de diseño.

De cada tipo de vehículo que se utiliza en el diseño geométrico, se seleccionan los de mayores dimensiones físicas y de radio de giro mayores, dentro de su clasificación, para adoptar las condiciones más desfavorables, al efecto de alcanzar el objetivo específico de diseñar con estándares altos que proporcionen mayor seguridad vial. En el diseño de cualquier obra vial, el diseñador debe considerar el vehículo de diseño más grande, que probablemente use la obra con mayor frecuencia. Tomando en cuenta esto, se establece como vehículo de diseño el tipo C2 o SU, ya que a partir del estudio de tránsito realizado se determinó que es el vehículo de carga de mayor porcentaje en la vía con un 2.39% del total registrado). A continuación, se muestran las dimensiones correspondientes al vehículo de diseño seleccionado.

Tabla No.33. Sistema de clasificación funcional.

	P	BUS	SU	WB-15	WB-19	WB-20
Altura	1.3(1.3)	4.1	4.1(4.1)	4.1(4.1)	4.1	4.1
Ancho	2.1(2.1)	2.6	2.6(2.6)	2.6(2.6)	2.6	2.6
Longitud	5.8(5.8)	12.1	9.1(9.2)	16.7 (16.8)	21.0	22.5
Voladizo Delantero	0.9(0.9)	2.1	1.2(1.2)	0.9(0.9)	1.2	1.2
Voladizo Trasero	1.5(1.5)	2.4	1.8(1.8)	0.6(0.6)	0.9	0.9
Distancia entre Ejes Extremos, WB1	3.4(3.4)	7.6	6.1(6.1)	6.1(6.1)	6.1	6.1
Distancia entre Ejes Extremos, WB2				9.1(9.2)	12.8	14.3

Fuente: Manual centroamericano para el Diseño Geométrico de carretera con enfoque de Gestión de riesgo y seguridad vial, SIECA, Edición 2011, pág. 38.

Los radios mínimos de las trayectorias de las ruedas exteriores e interiores y el radio mínimo de giro (RMG) en la línea central, se muestran en la siguiente tabla.

Tabla No. 34. Sistema de clasificación funcional.

Vehículo de Diseño	Símbolo	Radio de Giro Mínimo de Diseño (m)	Radio en la Línea Central RMG (m)	Radio Interior Mínimo (m)
Vehículo Liviano	P	7.30	6.40	4.40
Camión	SU	12.80	11.60	8.60
Bus	BUS-14	13.70	12.40	7.80
Bus Articulado	A-BUS	12.10	10.80	6.50
Cabecal con Semirremolque	WB-15	13.70	12.50	5.20
Cabecal con Semirremolque	WB-19	13.70	12.50	2.40
Cabecal con Semirremolque	WB-20	13.70	12.50	1.30

Fuente: Manual centroamericano para el Diseño Geométrico de carretera con enfoque de Gestión de riesgo y seguridad vial, SIECA, Edición 2011, pág. 39.

5.2.4. Velocidad de diseño.

La velocidad de diseño, es la velocidad seleccionada para determinar varias características geométricas de la carretera. La velocidad de diseño asumida debe ser consistente con la topografía, el uso de la tierra adyacente y la clasificación funcional de la carretera. Esta también debe ser equilibrada con la velocidad a la que un conductor probablemente conduzca con comodidad en la carretera construida.

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

- Distribuciones de las velocidades.
- Tipo de área (rural, urbana).
- Condiciones del terreno (plano, ondulado, montañoso).
- Volúmenes de tránsito.

- Consistencia en el diseño de carreteras similares o complementarias.
- Condiciones ambientales.

Para determinar la velocidad de diseño de la vía es necesario conocer uno de los elementos primarios para el diseño de las carreteras, la clasificación funcional de la vía expuesta en la Tabla 35, página 61 como Colectora Menor Rural, tomando en cuenta que éste tiene un relieve ondulado principalmente y en algunas partes plano.

Tabla No. 35. Elementos de diseño geométrico de las carreteras regionales.

No.	DESCRIPCION	AUTOPISTAS REGIONALES	TRONCALES			COLECTORAS	
			Suburbanas	Rurales	Suburbanas	Rurales	
1	TPDA, vehículos promedio diario	>20,000	20,000-10,000	10,000-3,000	3,000-500	3,000-500	
2	VHD, vehículos por hora	>2,000	2,000-1,000	1,500-450	300-50	450-75	
3	Factor de Hora Pico, FHP	0.92	0.92	0.95-0.91	0.92	0.85	
4	Vehículo de Diseño	WB-20	WB-20	WB-20	WB-15	WB15	
5	Tipo de Terreno	P O M	P O M	P O M	P O M	P O M	
6	Velocidad de Diseño o Directriz, km/hora	110 90 70	90 80 70	80 70 60	70 60 50	70 60 50	
7	Número de Carriles	4 a 8	2 a 4	2 a 4	2	2	
8	Ancho de Carril, metros	3.6	3.6	3.6	3.3-3.6	3.3	
9	Ancho de Hombros/Espaldones, metros	Int: 1.0-1.5 Ext: 1.8-2.5	Int: 1.0-1.5 Ext: 1.8-2.5	Int: 0.5-1.0 Ext: 1.2-1.8	Ext: 1.2-1.5	Ext: 1.2-1.5	
10	Tipo de Superficie de Rodamiento	Pav.	Pav.	Pav.	Pav.	Pav.-Grava	
11	Dist. de Visibilidad de Parada, metros	110-245	110-170	85-140	65-110	65-110	
12	Dist. de Visib. Adelantamiento, metros	480-670	480-600	410-540	350-480	350-480	
13	Radio Min. de Curva, Peralte 6%, metros	195-560	195-335	135-250	90-195	90-195	
14	Maximo Grado de Curva	5°53' - 2°03'	5°53' - 3°25'	8°29' - 4°35'	12°44' - 5°53'	12°44' - 5°53'	
15	Pendiente Longitudinal Max, porcentaje	6	8	8	10	10	
16	Sobreelevación, porcentaje	10	10	10	10	10	
17	Pendiente Transversal de Calzada, %	1.5 - 3	1.5-3	1.5-3	1.5-3	1.5-3	
18	Pendiente de Hombros, porcentaje	2-5	2-5	2-5	2-5	2-5	
19	Ancho de Puentes entre bordillos, metros	Variable	Variable	Variable	7.8-8.7	7.8-8.1	
20	Carga de Diseño de Puentes (AASHTO)	HS 20-44+25%	HS20-44+25%	HS20-44+25%	HS20-44	HS20-44	
21	Ancho de Derecho de vía, metros	80-90	40-50	40-50	20-30	20-30	
22	Ancho de Mediana, metros	4-12	4-10	2-6	-	-	
23	Nivel de Servicio, según el HCM	B-C	C-D	C-D	C-D	C-D	
24	Tipo de Control de Acceso	Control Total	Control Parcial	Sin Control	Sin Control	Sin Control	
25	CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	AR-TS	AR-TS-TR	TR-CR	TS-CS	TR-CR	

Fuente: Manual centroamericano para el Diseño Geométrico de carretera, SIECA, Edición 2004, pág. 13.

Conforme a la tabla anterior, la velocidad de diseño para una carretera colectora rural con terreno ondulado es de 60 km/h, por lo cual ésta se utilizaría como base para el diseño. Sin embargo, debido a las condiciones del camino; para reducir las afectaciones por la geometría proyectada se utilizará 40Kph

Dentro del proyecto se diseñaron 26 curvas horizontales con una velocidad de diseño de 40km/h, debido a la configuración del relieve de la carretera, radio mínimo de 41m. Los PI correspondientes a estas curvas son:

Tabla No. 36. PI, curvas horizontales

DATOS DE CURVA CIRCULAR	
C	PI
CURVA:1	EST. 0+103.446
CURVA:2	EST. 0+345.942
CURVA:3	EST. 0+440.346
CURVA:4	EST. 0+538.545
CURVA:5	EST. 0+860.696
CURVA:6	EST. 1+164.101
CURVA:7	EST. 1+459.588
CURVA:8	EST. 1+661.621
CURVA:9	EST. 2+066.068
CURVA:10	EST. 2+264.901
CURVA:11	EST. 2+448.448
CURVA:12	EST. 2+587.124
CURVA:13	EST. 2+830.972
CURVA:14	EST. 2+935.026
CURVA:15	EST. 3+097.267
CURVA:16	EST. 3+295.421
CURVA:17	EST. 3+761.999
CURVA:18	EST. 4+051.263
CURVA:19	EST. 4+317.852
CURVA:20	EST. 4+658.855
CURVA:21	EST. 4+947.219
CURVA:22	EST. 5+101.223
CURVA:23	EST. 5+243.551
CURVA:24	EST. 5+439.202
CURVA:25	EST. 5+702.698
CURVA:26	EST. 5+834.252

Fuente: Elaborado por sustentantes.

5.2.5. Importación de puntos levantados y creación de superficie de proyecto.

Primeramente, el desarrollo de nuestro proyecto parte de importar los puntos del levantamiento topográfico dentro del software C3D, por medio de la herramienta de Puntos que el programa pone a nuestro alcance, definiendo el tipo de

ordenamiento de los datos dentro del archivo excel (formato .csv) en el cual se ordenaron las coordenadas dispuestas de la siguiente manera: **Punto-Este-Norte-Elevación-Descripción**, que en sus siglas se representa como **PENZD**. A continuación, se dispuso a crear la Superficie del Proyecto, en la cual se seleccionaron todos los puntos anteriormente importados para que estos conformaran toda la superficie donde se proyectara nuestra carretera.

5.2.6. Definición de curvas de nivel de superficie.

Se prosiguió, generando la triangulación de los puntos topográficos, que a partir de la cual se generarían las curvas del nivel, que permitirán el establecimiento de nuestros alineamiento horizontal y vertical de nuestro proyecto.

5.2.7. Distancia de visibilidad en carreteras.

Se distinguen para el diseño tres tipos de visibilidad, bajo las circunstancias impuestas por el trazo de la carretera. Los cuales son:

- Visibilidad de parada.
- Visibilidad de decisión.
- Visibilidad de adelantamiento.

A continuación, se establecerán los valores de las distancias requeridas conforme a la velocidad de diseño propuesta.

5.2.7.1. Distancia de visibilidad de parada.

Esta es la distancia requerida por un conductor para detener su vehículo cuando surge una situación de peligro o percibe un objeto imprevisto delante de su recorrido. El manual SIECA 2011 en su capítulo 3, cuadro 3.1. pág. 77 (Ver Anexo D Tabla No. 77, pág. XXXII) establece que para las velocidades de diseño de la carretera la distancia de visibilidad de parada es de:

Tabla No.37. Distancia de visibilidad de parada carretera El Jícaro – Murra (Estación 0+000 – 6+000)

VELOCIDAD (KPH)	40	60
ASCENSO +(1% - 12%)	46m - 41m	82m - 72m
HORIZONTAL	50	85m
DESCENSO -(1% - 12%)	47m - 56m	85m - 105m

Fuente: Elaborado por sustentantes, con datos del Manual SIECA 2011.

5.2.8. Alineamiento Horizontal.

En el diseño de las curvas de la carretera es necesario establecer las relaciones adecuadas entre la velocidad de diseño y la curvatura, así como sus estrechas relaciones con el peralte y la fricción lateral. A continuación, presentamos las relaciones del diseño de curvas horizontales de la carretera El Júcaro – Murra, tramo 0+000 – 6+000.

5.2.8.1. Peralte.

El diseño geométrico del tramo carretero Júcaro – Murra emplea una sola tasa de peralte máximo para un diseño consistente a lo largo de los 6 km de longitud, considerándose una tasa máxima de **8%** (como valor máximo razonable) para proyectos en áreas rurales onduladas como lo establece el manual SIECA 2011 en su inciso 3.2.1. en la pág. 83 (Ver Anexo D Tabla No. 79, pág. XXXIII).

6.2.8.2. Factor de fricción lateral.

El coeficiente de fricción “f” se define como la fuerza de fricción dividida entre el componente del peso perpendicular al pavimento; depende principalmente de las condiciones de las llantas de los vehículos, el tipo y estado de la superficie de rodamiento y de la velocidad del vehículo. Para el diseño de tramo en estudio se emplearán el factor de fricción lateral de 0.23 para velocidad de diseño de 40km/h como lo establece el manual SIECA 2011 en el cuadro 3.6, página 89 (Ver Anexo D Tabla No. 80, pág. XXXIII).

5.2.8.2. Radio mínimo.

El radio mínimo es un valor limitante de la curvatura para una velocidad de diseño dada, que se relaciona con el peralte máximo y las velocidades de diseño de la vía. La carretera presenta en su diseño dos velocidades de operación, a continuación, presentaremos los valores mínimos para el radio de curvas horizontales y sus respectivos grados de curvaturas:

- 40kph: Radio mínimo 41m, grado máximo de curvatura 27°57’.

Así lo establece el manual SIECA 2011, cuadro 3.6. pág. 89 (Ver Anexo D Tabla No. 81, pág. XXXIV).

5.2.8.3. Longitud de Transición y distancia de bombeo.

El diseño de longitudes de transición, en el alineamiento horizontal, incluye la transición del bombeo normal de una sección transversal en tangente al peralte necesario en curva y las curvas de transición entre tangente y curva circular que se incorporan en el alineamiento horizontal. Cada uno de los elementos de diseño del alineamiento horizontal se relacionan entre sí. Por lo tanto, los valores de longitud de transición y distancia de bombeo son:

- Radio de 41m (40kph): Longitud de transición 41m y distancia de bombeo 15m.

Así lo establece el manual SIECA 2011, cuadro 3.10. pág. 97 (Ver Anexo D Tabla No. 82, pág. XXXV).

5.2.9. Alineamiento vertical.

Al proyectar sobre un plano vertical las distintas elevaciones del eje de la carretera, se obtiene el alineamiento vertical o perfil del eje de la carretera. En este alineamiento se representan tanto el perfil del terreno natural como el perfil terminado del eje de la carretera, al cual se le llama rasante, o el perfil del eje terminado de la terracería, también conocido como subrasante. El alineamiento vertical está compuesto por tangentes y curvas, caracterizándose las tangentes por su longitud y su pendiente y se limitan por dos curvas verticales sucesivas.

5.2.9.1. Pendiente de control para el diseño.

El manual SIECA 2011 establece en su capítulo 3, inciso 3.3.1. pág. 119 que la pendiente en una calle colectora rural generalmente se diseña debajo del nivel del terreno colindante para drenar las propiedades adyacentes al área de bordillos y de éstos al sistema de drenaje de lluvia. La carretera El Jícaro - Murra (tramo 0+000 – 6+000) cuyo tipo de terreno es *Ondulado*, según el cuadro 3.18 y 3.21 del manual SIECA en sus páginas 118 y 120 respectivamente se obtiene que la pendiente de control de diseño es del **10%**.

Tabla No. 38. Pendiente máxima para carreteras colectoras rurales.

TIPO DE TERRENO	Máxima Pendiente (%) para la Velocidad de Diseño Especificada, KPH							
	30	40	50	60	70	80	90	100
Plano	7	7	7	7	7	6	6	5
Lomerío	10	10	9	8	8	7	7	6
Montañoso	12	11	10	10	10	9	9	8

Fuente: Manual SIECA 2011, página 119.

5.2.9.2. Curvas verticales convexas (en cresta).

Estas se diseñan de acuerdo a la más amplia distancia de visibilidad para la velocidad de diseño. Las longitudes mínimas de curvas verticales en cresta que se basan en el criterio de distancias de visibilidad (S), generalmente son satisfactorias desde el punto de vista de seguridad, confort y apariencia. Los parámetros de visibilidad de diseño se agrupan en dos categorías:

- **Distancia de visibilidad de parada:** Para 40kph será 50m con tasa de curvatura (k) de 4.
- **Distancia de visibilidad de adelantamiento:** Para 40kph será 270m con tasa de curvatura (k) de 84

5.2.9.3. Curvas verticales cóncavas (en columpio).

Estas se diseñan conforme a la distancia que alcanzan a iluminar los faros del vehículo de diseño (SU). Las longitudes mínimas de curvas verticales en cresta que se basan en el criterio de distancia de visibilidad de parada (S), generalmente satisfactorio desde el punto de vista de seguridad, confort y apariencia. Obteniendo que:

- Distancia de visibilidad de parada: Para 40 kph será 50m con tasa de curvatura (k) de 9.

Según el manual SIECA 2011, cuadro 3.25. página 127 (Ver Anexo D Tabla No. 85, pág. XXXVI).

5.2.10. Utilización de dispositivos uniformes para el control de tránsito.

Las operaciones del tránsito dentro de la vía deben estar acorde a cada elemento de diseño establecido, y debe ser informado al usuario (conductor y peatón) por medio de las señales y dispositivos reglamentarios y vigentes en Nicaragua según el manual SIECA. La extensión de la cobertura de estos dispositivos depende de los volúmenes de tránsito, de la clasificación de la carretera y del grado de control exigido para una eficiente y segura operación del movimiento vehicular y peatonal.

Los dispositivos propuestos se clasifican como señales verticales sobre la vía, cuya función es transmitir por palabras o símbolos la reglamentación vigente, o para advertir sobre la existencia de peligro en la carretera o su entorno, o guiar e informar sobre rutas, nombres y ubicación de pobladores. Se clasifican en tres categorías, según su mensaje:

- Señales de reglamentación.
- Señales de prevención.
- Señales de información.

A continuación, se presentarán las señales verticales propuestas para la carretera Empalme Júcaro - Murra.

5.2.10.1. Señales de reglamentación.

Según el manual de dispositivos uniformes para el control del tránsito (SIECA 2000), establece que estas señales son las que indican al conductor sobre la prioridad de paso, la existencia de ciertas limitaciones, prohibiciones y restricciones en el uso de la vía, según las leyes y reglamentos en materia de tránsito de cada país. Según las condiciones de tránsito del proyecto, las señales de reglamentación de la vía son:

Tabla No. 39. Señales de reglamentación, carretera El Jícaro – Murra (Estación 0+000 – 6+000)

EST.	COD.	DESCRIPCION	LADO
0+700	R-2-1	Velocidad máxima	IZQ
0+701	R-2-1	Velocidad máxima	DER
1+600	R-2-1	Velocidad máxima	DER
1+600	R-2-1	Velocidad máxima	IZQ
2+100	R-2-1	Velocidad máxima	DER
2+100	R-2-1	Velocidad máxima	IZQ
5+800	R-2-1	Velocidad máxima	DER
5+800	R-2-1	Velocidad máxima	IZQ

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

5.2.10.2. Señales de prevención.

Según el manual de dispositivos uniformes para el control del tránsito (SIECA 2000), establece que son las que indican al conductor de las condiciones prevalecientes en una calle o carretera y su entorno, para advertir al conductor la existencia de un potencial peligro y su naturaleza. Según las condiciones de tránsito del proyecto, las señales de prevención de la vía son:

Tabla No.40. Señales de prevención (primera parte), carretera El Jícaro – Murra (Estación 0+000 – 6+000)

EST.	COD.	DESCRIPCION	LADO
0+070	P-1-5	Curvas	DER
0+050	P-1-2	Puente	IZQ
0+094	P-2-1	Velocidad máxima	DER
0+260	P-1-5	Curvas	DER
0+300	E-1-1	Peatones	IZQ
0+660	P-1-5	Curvas	IZQ
0+800	P-1-2	Curva a la derecha	DER
1+220	E-1-1	Peatones	DER
1+120	P-1-5	Curvas	DER
1+400	P-1-2	Curva	IZQ
1+450	E-1-1	Peatones	IZQ
1+500	P-1-5	Curvas	DER
1+900	E-1-1	Peatones	DER
2+025	P-1-5	Curvas	IZQ
2+400	P-1-2	Curva	DER
2+800	P-1-2	Curva	IZQ

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Tabla No.41. Señales de prevención (segunda parte), carretera El Jícaro – Murra (Estación 0+000 – 6+000)

EST.	COD.	DESCRIPCION	LADO
3+040	P-1-2	Curva	DER
3+500	P-1-2	Curva	IZQ
3+800	E-1-1	Peatones	IZQ
4+100	P-1-2	Curva	DER
4+500	P-1-2	Curva	IZQ
5+050	P-1-2	Curva	DER
5+400	P-1-2	Curva	IZQ
5+540	E-1-1	Peatones	DER
5+600	E-1-1	Peatones	IZQ
5+750	P-1-2	Curva	DER
5+660	P-1-2	Curva	IZQ
5+800	P-1-2	Curva	DER

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

5.2.10.3. Señales de información.

Según el manual de dispositivos uniformes para el control del tránsito (SIECA 2000), las define como aquellas que guían o informan al conductor sobre nombres y ubicación de poblaciones, rutas, destinos, direcciones, kilometrajes, distancias, servicios, puntos de interés, y cualquier otra información geográfica, recreacional y cultural pertinente para facilitar las tareas de navegación y orientación de los usuarios. Dentro de la vía se propuso dos de estas señales de información:

Tabla No.42. Señales de información, carretera El Jícaro – Murra (Estación 0+000 – 6+000)

EST.	COD.	DESCRIPCION	LADO
0+010	ID-2-2	Murra 17 km ->	DER
6+000	ID-2-2	Jicaro 6 km ->	IZQ

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

5.3. ELEMENTOS DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

En este inciso se describen los distintos elementos de la sección transversal. Si es procedente, se especifican sus dimensiones e inclinaciones en función de las variables de las cuales ellas dependen.

5.3.1. Plataforma o corona.

El manual SIECA 2011 establece en su capítulo IV, inciso 4.1, que es la superficie visible de una carretera comprendida entre las aristas del relleno y/o las interiores de las cunetas. El ancho de la corona comprende la rasante, la pendiente transversal, el ancho de la calzada, los hombros.

5.3.1.1. Rasante.

Es la elevación del pavimento en el eje o línea central en carreteras bidireccionales; al proyectar sobre un plano vertical sus distintas elevaciones, se obtendrá el desarrollo de la plataforma o corona del camino, el cual estará formado por pendientes, ascendentes o descendentes y curvas verticales que las enlazan.

5.3.1.2. Pendiente Transversal.

Es la pendiente que se le da a la calzada en dirección perpendicular al eje de la carretera. Se identifican dos casos para nuestro proyecto:

- Bombeo Normal: Es la pendiente que se le da a la plataforma o corona en las tangentes del alineamiento horizontal con el objeto de facilitar el escurrimiento superficial del agua. El bombeo depende del tipo de superficie de rodadura, se considera alto en aquellos pavimentos que mantienen superficies lisas y propiedades antideslizantes en todo tipo de clima, por lo tanto, la pendiente transversal de diseño elegido es **2%**, conforme a lo establecido por el manual SIECA 2011.

Tabla No.43. Bombeo normal de la calzada.

Tipo de Superficie	Rango de Pendiente Transversal
Alto	1.5 – 2.0
Bajo	2.0 – 6.0

Fuente: Manual SIECA 2011, pág. 139.

- Peralte: Es la inclinación que se le da a la corona de una carretera en los tramos en curva para contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrípeta que actúa sobre un vehículo en movimiento. Este valor fue establecido anteriormente en el estudio topográfico, donde se determinó

que el tramo de estudio corresponde a terreno ondulado, por lo tanto, se requiere un peralte del **8%**.

5.3.1.3. Ancho de calzada.

Es el ancho de la superficie sobre la cual circula un cierto tránsito vehicular, permitiendo el desplazamiento cómodo y seguro del mismo. Divididas o no, las carreteras pueden estar formadas por dos o más carriles de circulación por sentido. El carril es la unidad de medida transversal, para la circulación de una sola fila de vehículos, siendo el ancho de calzada la sumatoria del ancho de los carriles. El ancho de carril propuesto de diseño corresponde a **3.30 m** en conformidad a lo establecido por el manual SIECA 2011 el cual recomienda que el ancho de carril oscile entre 2.75 m – 3.60 m de ancho y bordillos de 0.15m de ancho en cada lado. Para un total de corona de **9 m**.

5.3.1.4. Hombros.

Los hombros o espaldones, que son las franjas de carretera ubicadas contiguo a los carriles de circulación y que, en conjunto con éstos, El constituyen la corona o sección comprendida entre los bordes de los taludes. El manual SIECA 2011 establece los valores de los anchos mínimos según la clasificación funcional de la carretera, ver tabla No. 45, página 89.

Se puede observar que los valores mínimos propuestos para la Colectora Menor Rural están entre 1.20 y 1.60m. El ancho de hombros de diseño será **1.20m**.

Tabla No. 44. Anchos mínimos de hombros.

Tipo de Carretera		Acceso	Tipo de Superficie	Ancho de Hombros (m)		Ancho de Aceras (m)
				Internos	Externos	
AA	Autopista	Controlado	Alto	1.0 – 1.5	2.5 - 3.0	
AR	Arterial Rural	Controlado	Alto	1.0 - 1.5	2.5 – 3.0	2.0
AU	Arterial Urbana	Controlado	Alto	1.0 - 1.5	2.5 – 3.0	2.0
AMR	Arterial Menor Rural	-	Alto	-	1.2 - 1.6	1.0 – 1.2
AMU	Arterial Menor Urbana	-	Alto	-	1.2 - 1.6	1.0 – 1.2
CMR	Colector Mayor Rural	Controlado	Alto	1.0 -1.5	2.5 – 3.0	1.2 – 2.0
CMU	Colector Mayor Urbana	-	Alto	0.5 – 1.0*	1.2 - 1.8	1.2 – 1.5
CR	Colectoras Menor Rural	-	Intermedio	-	1.2 - 1.6	1.0 – 1.2
CS	Colectoras Menor Urbana	-	Intermedio	-	1.2 – 1.6	1.0 – 1.2
LR	Local Rural	-	Intermedio	-	0.75-1.6	1.0 – 1.2
LU	Local Urbano	-	Intermedio	-	0.75-1.6	1.0 – 1.2
R	Rural	-	Bajo	-	-	-

Fuente: Manual SIECA 2011, pág. 142.

5.3.2. Sub-corona o subrasante.

La plataforma de la subrasante o sub-corona es la superficie constituida por los planos horizontales que delimitan el movimiento de tierras y sobre la cual se apoyan las distintas capas del pavimento. Incluye también el espacio destinado a los demás elementos de la corona como hombros, y cunetas de drenaje.

5.3.2.1. Subrasante.

Es la elevación de la última capa de terracería en el eje o línea central en carreteras con tránsito en ambos sentidos. Al proyectar sobre un plano vertical sus distintas elevaciones, se obtendrá el desarrollo de sub-corona del camino, el cual estará formado por pendientes, ascendentes o descendentes y curvas verticales que las enlazan. Tomando en cuenta que las capas del pavimento pueden tener distintos espesores en distintos tramos a lo largo de la carretera, usualmente la subrasante es la que se representa en los planos de construcción de la terracería, llamándosele también por comodidad, rasante, la cual estará detallada en los planos constructivos presentados en el anexo D.

Tabla No. 45. Parámetros de diseño.

Descripción	Unidad	Valores
Clasificación Funcional		Colectora Menor Rural
Ancho del Derecho de Vía	m	20
Tipo de Terreno	Tipo	Ondulado
Velocidad de Diseño	Km/h	40
Velocidad de Ruedo	Km/h	40
Vehículo de Diseño	Tipo	C2 (SU)
Distancia entre ejes (L)	m	6.1
Radio de Curvatura Mínimo	m	41
Grado de Curvatura Máximo	Grad, Mín, Seg	27°57'
Número de carril	Unidad	2
Ancho de carril	m	3.3
Ancho de rodamiento	m	6.60
Ancho de hombros	m	1.2
Bordillo Tipico	m	-
Ancho de Corona	m	9
Pendiente Transversal o Bombeo	%	2
Pendiente de hombros	%	2
Sobreelevación o Peralte Máximo	%	8
Sobrecancho Máximo	m	1.5
Sobrecancho Mínimo	m	0.6
Pendiente Longitudinal Mínima	%	0.5
Pendiente Longitudinal Máxima	%	10
Factor de Fricción Lateral	S/U	0.23
K Cresta para DVP	m	4
K Columpio para DVP	m	9
Distancia de Visibilidad de Parada	m	50
Distancia de Visibilidad de Rebase	m	270
Carpeta de rodamiento	Tipo	Adoquín de concreto

Fuente: Elaborado por sustentantes.

5.4. DISEÑO GEOMÉTRICO

Cada parámetro de diseño anteriormente expuesto ha sido introducido dentro del software de autodesk Civil 3D, para la generación de las curvas horizontales, verticales y tangentes de diseño en el proyecto. A continuación, presentaremos los resultados obtenidos de cada elemento de diseño.

5.4.1. Tangentes o rectas.

El diseño geométrico de proyecto presenta un total de veinte y cinco (25) rectas a lo largo de tramo de carretera. El manual SIECA establece que la monotonía de la conducción disminuye la concentración del conductor, lo que en oportunidades es motivo de accidentes, ante esto se recomienda evitar longitudes en rectas superiores a veinte veces la velocidad de diseño, es decir:

$$Lr = 20 * V \quad \text{(Ecuación No. 11)}$$

Donde:

Lr: Longitud de la recta, en metros.

V: Velocidad de diseño, en Kph.

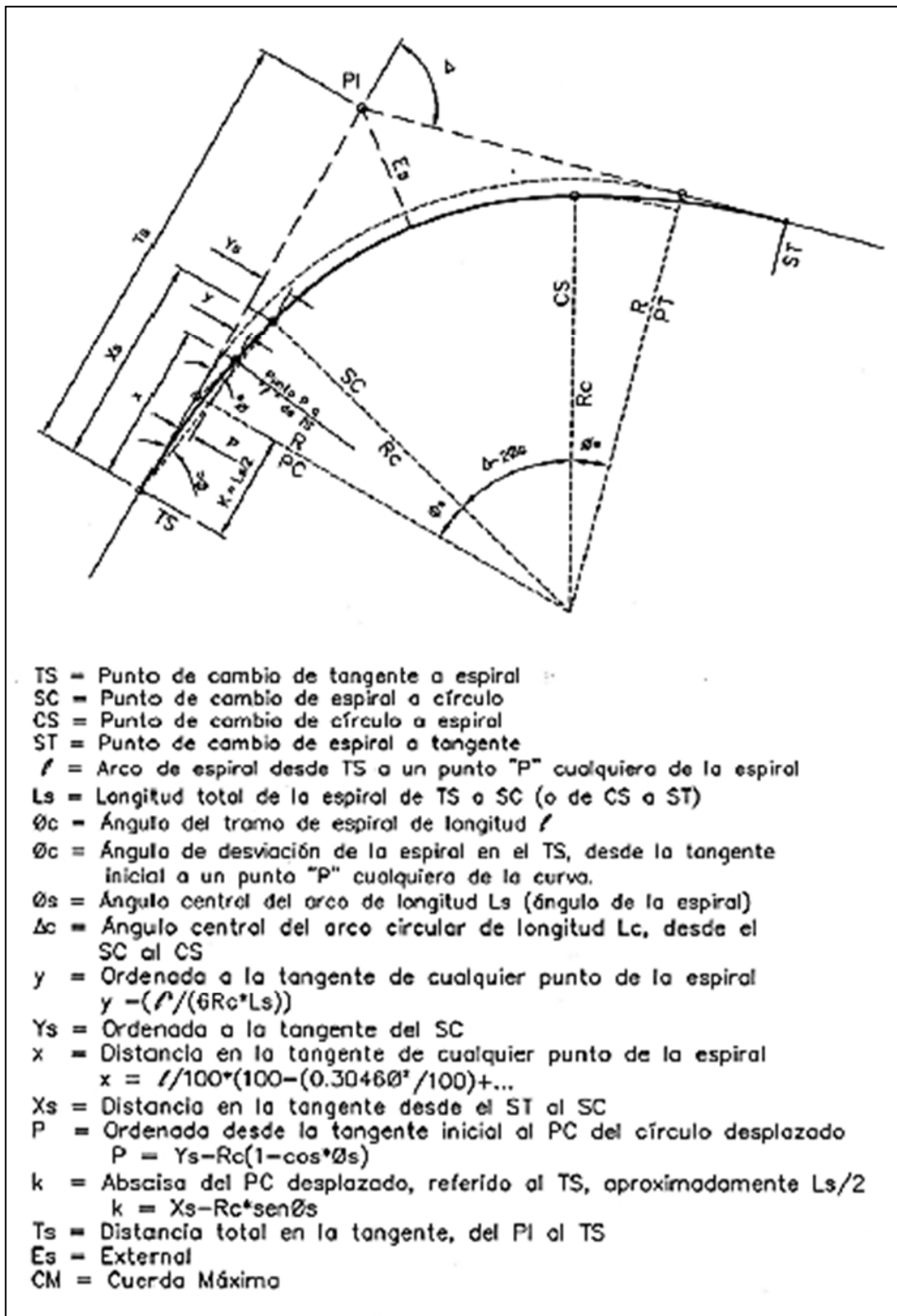
Por lo cual, la longitud máxima de recta corresponde a $L = 20*(40\text{kph}) = 800\text{m}$.

Los resultados de cada componente de tangentes sobre la carretera se presentarán en el anexo D, Tabla No. 75, páginas XXXIII.

5.4.2. Curvas Horizontales.

El segundo componente dentro del diseño geométrico y vial, corresponde a las curvas horizontales, las cuales se encuentran entre tangentes en sus dos extremos. En conformidad a los parámetros de diseño el tramo de estudio posee veinte y tres (23) curvas horizontales, cada una cumpliendo los con las características de velocidad de diseño de la carretera, la cual se rige por 40kph.

Imagen No. 7. Componentes de curva circular.



Fuente: Manual SIECA 2011, pág. 93.

5.4.2.1. Radio mínimo.

El radio mínimo es un valor limitante de la curvatura para una velocidad de diseño dada, que se relaciona con el peralte máximo y la máxima fricción lateral seleccionada para el diseño. Se determinó por medio de la ecuación:

$$R \text{ min} = \frac{V^2}{127 (e \text{ máx} + f \text{ máx})} \quad (\text{Ecuación No. 12})$$

Donde:

Rmin: Radio mínimo de curva, metros.

e máx: Tasa de sobreelevación en fracción decimal = 0.08.

f máx: Factor de fricción lateral.

V: velocidad de diseño, en kph.

El manual SIECA 2011, establece en su capítulo III, cuadro 3.6, pág. 89, que el factor de fricción lateral para la velocidad de diseño de 40 kph es de 0.23, por lo tanto, el radio mínimo de diseño del proyecto es,

$$R \text{ min} = \frac{(40 \text{ kph})^2}{127 (0.08 + 0.23)} = 40.6 \approx 41 \text{ m.}$$

Se emplearon radios que no fuesen menores a los radios mínimos para cada una de las velocidades de diseño.

5.4.2.2. Grado de curvatura.

El grado de curvatura es una forma de expresar la “agudeza” de una curva y se expresa, para la definición “arco” como el ángulo central subtendido por un “arco” de 20 metros. Obteniéndose a partir de la siguiente expresión:

$$D20 = 1145.9156/R \quad (\text{Ecuación No. 13})$$

Donde:

D20. Grado de curvatura para un arco de 20 metros.

R: Radio de la curva en metros.

Obteniendo los valores mínimos de grado de curvatura del proyecto a partir de los radio mínimo para 40 kph:

$$D_{20} (40 \text{ kph}) = \frac{1145.9156}{41 \text{ m}} = 27^{\circ}57'$$

Se emplearon grados de curvatura que no fuesen menores a los obtenidos para cada una de las velocidades de diseño.

El diseño de curvas horizontales está en dependencia de las velocidades de diseño en los que operen los tramos de carretera donde estos se sitúan, anteriormente se establecieron las velocidades de diseño propuestas a partir de las condiciones urbanísticas y de volumen de tránsito en la vía, es por ello que puede apreciarse una variación en la medida de los radios en todas las veinte (26) curvas horizontales.

(Ver Anexo D Tabla No. 76-74, pág. XXXIV)

5.4.2.3 Cálculo de elementos de curvas horizontales.

La obtención de componentes y elementos que conforman toda curva horizontal fue obtenida a partir del software Civil 3D, el cual proveyó todos los valores correctos para la ejecución ordenada y precisa en cumplimiento a las normativas de diseño, de las curvas horizontales del tramo Júcaro – Murra.

A continuación, se presentará la metodología realizada para la obtención de los componentes que permitirá la creación y replanteo de las curvas horizontales. Se desarrollarán los cálculos de la curva No. 2, cuyo PI corresponde a la estación 0+345.94, con radio propuesto igual a 100 metros y ángulo de deflexión de 109°06', será analizada con distancias de cuerda iguales a 10 metros.

- **Elementos**

Primero, calcular tangente de curva:

$$T = R * \text{TAN} \left(\frac{\Delta}{2} \right) = 100\text{m} * \text{TAN} \left(\frac{109^{\circ}06'00''}{2} \right) = 140.454\text{m}.$$

Segundo, calcular valor de Gc:

$$G = \frac{1145.92}{R} = 11^{\circ}27'33''.$$

Tercero, calcular valor de E:

$$E = R \left(\text{Cos} \frac{\Delta}{2} - 1 \right) = 100\text{m} \left(\frac{1}{\text{Cos} \frac{109^{\circ}06'00''}{2}} - 1 \right) = 72.416\text{m}.$$

Quinto, calcular valor de CM:

$$\text{CM} = 2 R \text{Sen} \frac{\Delta}{2} = 2 * 100\text{m} * \text{Sen}(109^{\circ}06'00''/2) = 162.924\text{m}$$

Sexto, calcular valor de M:

$$M = R * \left(1 - \text{Cos} \frac{\Delta}{2} \right) = 100\text{m} * \left(1 - \text{Cos} \frac{109^{\circ}06'00''}{2} \right) = 42.00\text{m}.$$

Septimo, calcular valor de Dc:

$$D_c = \frac{\pi R \Delta}{180} = \frac{\pi * 100 * 109^{\circ}6'}{180} = 190.415\text{m}.$$

A continuación, se reflejará los componentes de la curva No. 2 al ser una de las curvas críticas del tramo.

5.4.2.4. Cálculo de sobreechancho para curvas horizontales.

A continuación, se detallará el cálculo del sobreechancho para la curva horizontal No. 2, debido a que el radio de la curva es de magnitud considerable. Y su diseño será a partir del vehículo de diseño C2 (SU).

Datos:

Número de carriles = 2.

Ancho de rodamiento (Wn) = 6.60 m.

Radio= 100m.

Velocidad de diseño = 40 km/h.

Ancho de la huella del vehículo de diseño (u) = 2.6 m.

Distancia entre ruedas del vehículo de diseño, entre ejes consecutivos (L) = 6.10 m.

Claro lateral (C) = 0.6 m.

Saliente frontal del eje del vehículo (A) = 1.20 m.

Primero, se calcula el ancho de huella del vehículo en curva (U):

$$U = u + R - \sqrt{R^2 - \sum Li^2} = 2.6 + 100 - \sqrt{100^2 - 6.10^2} = 2.79m$$

Segundo, se calcula el ancho de saliente frontal en el carril interior (F_A):

$$F_A = \sqrt{R^2 + A(2L + A)} - R = \sqrt{100^2 + 1.20(2(6.10) + 1.20)} - 123 = 0.08m$$

Tercero, se calcula el ancho extra recomendable (Z):

$$Z = 0.1 \left(\frac{V}{\sqrt{R}} \right) = 0.1 \left(\frac{40}{\sqrt{123}} \right) = 0.40m$$

Cuarto, se determina el ancho necesario en curva (W_c):

$$W_c = N(U + C) + (N - 1)F_A + Z = 2(2.79 + 0.60) + (2 - 1)0.08 + 0.40 = 7.26m$$

Quinto, se calcula el sobreecho (W):

$$W = W_c - W_n = 7.26 - 6.60 = 0.66m$$

Los sobreechos del resto de curvas se reflejan en los planos planta perfil.

5.5.3. Curvas Verticales.

Se generó sobre el perfil de la rasante de proyecto por medio del software Civil 3D.

A continuación, se presentará la metodología realizada para la obtención de los componentes que permitirá la creación y replanteo de curvas verticales. Se desarrollarán los cálculos de la curva No. 2, cuyo PIV corresponde a la estación 0+317.666 cuya velocidad de diseño corresponde a 40 kph. A continuación, se presentarán los datos de esta.

Tabla No. 46. Componentes de la curva vertical No. 8.

PUNTO	ABSCISA	COTA
1	0+173.606	522.706
PIV	0+317.666	539.802
3	0+476.373	528.766

Fuente: Elaborado por sustentantes.

- **Cálculo de Pendientes**

Se calculan las pendientes entre los puntos de quiebre de la rasante.

$$\text{Pendiente } 1 - \text{PIV} = 11.87\%$$

$$\text{Pendiente PIV} - 3 = -7.57\%$$

- **Longitud de curva vertical**

La longitud de curva vertical está condicionada a la distancia de velocidad de adelantamiento, según la velocidad de diseño de la curva. En este ejemplo la curva No. 8 en cresta está diseñada con una velocidad de 40kph, que según la tabla 3.23 corresponde a un valor k para diseño igual a 4, por tanto

$$L = (-7.57 - 11.87) * 4 = 77.76\text{m}$$

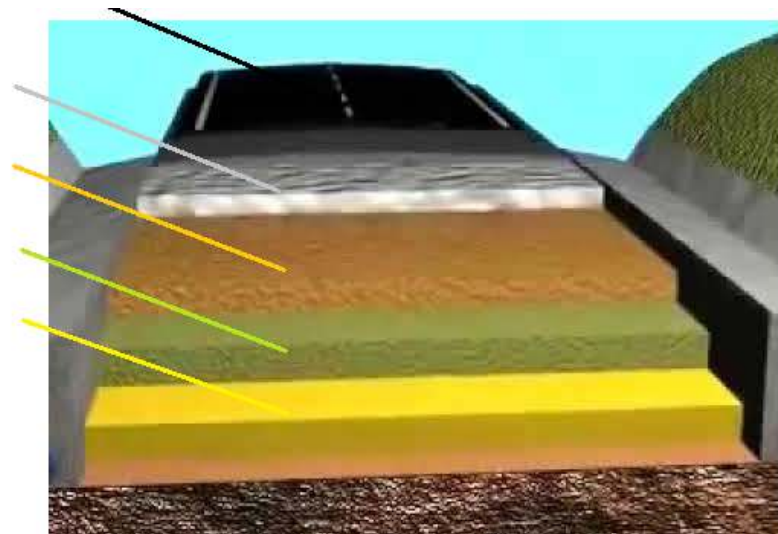
Comparando con la longitud propuesta en plano igual a 80m cumple con el mínimo.

CAPA BASE

CAPA SUB-BASE

SUBRASANTE

TERRENO NATURAL



CAPÍTULO VI

DISEÑO DE PAVIMENTO

ARTICULADO

6.1. INTRODUCCIÓN

El diseño de Pavimento Articulado consiste en determinar los espesores de cada capa que integran la estructura del mismo basándose en obtener un número estructural del pavimento que pueda soportar el nivel de carga esperado.

El cálculo de espesores del pavimento articulado se realizará de acuerdo con el Método desarrollado por la *American Association of State Highway and Transportation Officials* correspondiente a la versión de 1993 (AASHTO, 1993), mediante el programa computarizado: *WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4)*.

6.2. MÉTODO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTO ARTICULADO (AASHTO-93)

El método requiere información basada en las características y propiedades de los materiales que conforman los suelos de cada capa de la estructura, así como la composición vehicular que someterá la estructura de pavimento a las cargas variables de tránsito.

Los criterios que considera el método para el cálculo de espesores de capa son:

1. Determinar el número de Ejes Equivalentes (ESAL'S)
2. Obtener las Variables de diseño:
 - Factores Equivalente de Carga.
 - Peso por ejes.
 - Confiabilidad deseada
 - Desviación Estándar
 - Serviciabilidad.
 - Módulo de Resiliencia.
3. Establecer las Propiedades de los materiales de cada capa, representada por los coeficientes estructurales (a_i).
4. Calcular los espesores del pavimento considerando el esfuerzo a la compresión de cada capa.

6.3. VARIABLES A CONSIDERAR, MÉTODO AASHTO-93

Para el diseño de la estructura de pavimento articulado se deben de tomar en cuenta los siguientes parámetros:

6.3.1. Confiabilidad

Para nuestro tramo y dada la ubicación en la que se encuentra la vía, y el tránsito que utilizara esta es liviana, se asume un valor de confiabilidad (**R**) de **80 %**, que corresponde a un valor recomendado, para una clasificación como una zona urbana y para tipo de caminos colectores.

Tabla No.47. Coeficiente de confiabilidad en función del tipo de camino de proyecto.

Tipo de camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona urbana	Zona rural
Rurales interestatales y autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterias principales	80 – 99	75 – 99
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 – 80

Fuente: Libro de diseño de pavimentos AASHTO 93. Tercera edición. Página 137.

6.3.2. Desviación estándar

La desviación estándar considera la variabilidad asociada a cada uno de los parámetros involucrados en el diseño, como la predicción del tránsito y el comportamiento del pavimento. La guía de la AASHTO - 1993 recomienda adoptar valores de **So** comprendidos dentro de los siguientes intervalos:

Tabla No.48. Factor de desviación estándar combinado.

Condición	Pavimento Rígido	Pavimento Articulado
En construcción nueva	0.35	0.45
En sobre capas	0.39	0.49

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements.

Se utilizará un valor de desviación estándar de **So = 0.45** para este diseño.

6.3.3. Serviciabilidad

Los valores fueron previamente escogidos en el capítulo II según el Manual Centroamericano para El Diseño de Pavimentos (2004). Los valores recomendados son $P_o = 4.2$ para pavimentos articulados y $P_t = 2.0$ para carreteras cuya clasificación es colectoras rurales. Por lo tanto, el valor de la pérdida de la Serviciabilidad sustituyendo la Ecuación No. 6, es:

$$\Delta \text{PSI} = 2.20$$

6.3.4. Módulo de Resiliencia de la subrasante (M_r).

Es la propiedad utilizada para caracterizar el suelo de la fundación del camino y otras capas, está en función de la sub rasante para cuantificar la capacidad de soporte del pavimento, en este caso articulado. La guía de diseño AASHTO establece la correlación para determinar el M_r usando el CBR de diseño de la subrasante definida en el capítulo 3 (del 6% de CBR) con la siguiente ecuación:

Tabla No. 49. Ecuación de Correlación para Módulo de Resiliencia de la Subrasante (M_r).

Valores de CBR	Ecuación de correlación
CBR < 10%	$M_r = 1500 \times \text{CBR}$
CBR > 10%	$M_r = 4326 \times \ln(\text{CBR}) + 241$

Fuente: Libro de diseño de pavimentos AASHTO 93.

Donde:

MR: Modulo Resiliente.

CBR: California Bearing Ratio.

$$MR = 1500 * 6 = \mathbf{9000 \text{ PSI}}$$

6.3.5. Coeficiente de drenaje

El drenaje de agua en los pavimentos debe ser considerado como parte importante en el diseño de carreteras. A pesar de la importancia que se concede al drenaje en el diseño de carreteras, los métodos corrientes de dimensionamiento de pavimentos incluyen con frecuencia capas de base de baja permeabilidad y consecuentemente de difícil drenaje.

Tabla No.50. Calidad de drenaje en función al porcentaje del tiempo de exposición de humedad.

Calidad de drenaje	% de tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	> 1%	1 – 5 %	5 – 25%	< 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 – 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1-25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Pobre	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy pobre	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.70	0.40

Fuente: Libro de diseño de pavimentos AASHTO 93.

El valor a utilizar en este diseño fue del **m = 1.00**.

6.3.6. Coeficientes de las capas estructurales

Además del coeficiente de drenaje, existen otros factores estructurales que involucran las características y propiedades de los diferentes materiales que formarán parte del paquete estructural. El método asigna a cada capa del pavimento un coeficiente (a_i), los cuales son requeridos para el diseño estructural normal del pavimento flexible. Estos coeficientes permiten convertir los espesores reales a números estructurales (SN), siendo cada coeficiente una medida de la capacidad relativa de cada material para funcionar como parte de la estructura de pavimento. Estos, se representan con la siguiente simbología:

- **a1**: para la carpeta de rodamiento.
- **a2**: para la base.
- **a3**: para la sub-base.

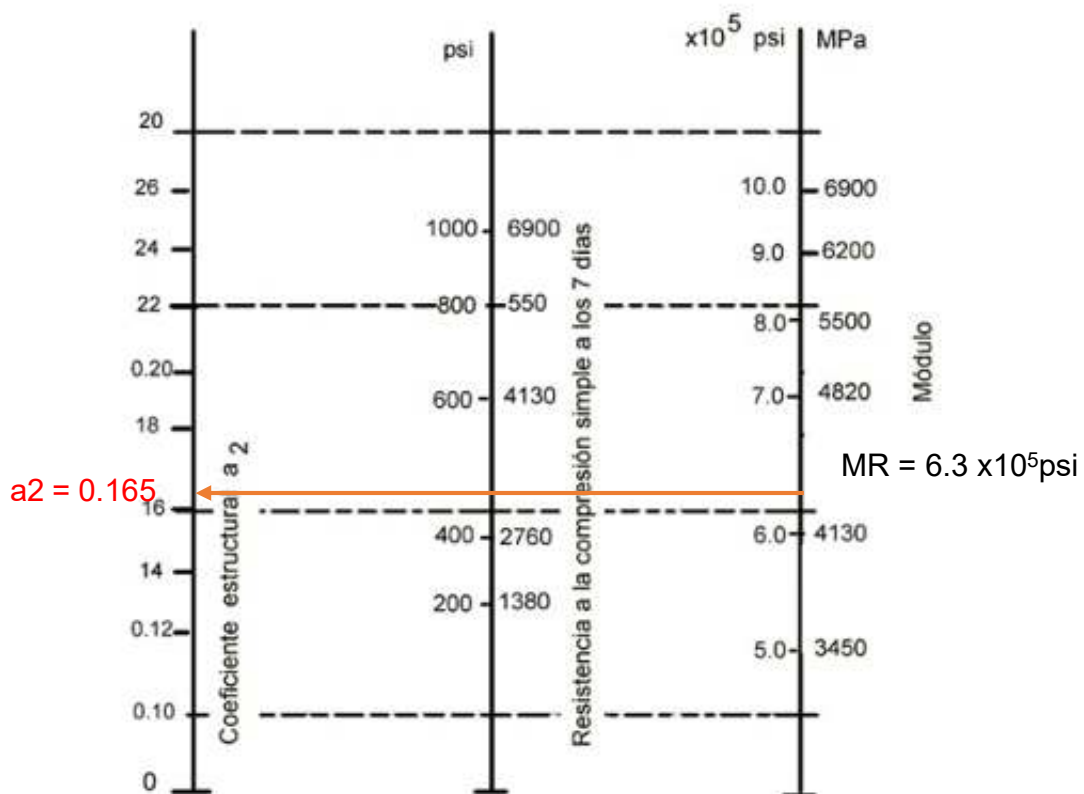
6.3.6.1. Coeficiente estructural de la carpeta de rodamiento (adoquín de concreto) a1.

El coeficiente estructural para el diseño de espesores con adoquín ya está definido en el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, en el capítulo 7, página 107, cuyo valor es de **a₁ = 0.45**.

6.3.6.2. Coeficiente estructural para base estabilizada con cemento a_2 .

El valor del coeficiente estructural de capa de base tratada con cemento (a_2) se determina con el uso del nomograma de la guía, tomando como parámetro de entrada el valor de la resistencia a la compresión de un suelo estabilizado con 21 kg/cm² se traza una línea horizontal hasta interceptar en la línea vertical derecha con el valor de $a_2 = 0.165$.

Gráfico No. 15. Nomograma para la Determinación del Coeficiente Estructural a_2 .



Fuente: Diseño de Pavimentos AASHTO 93.

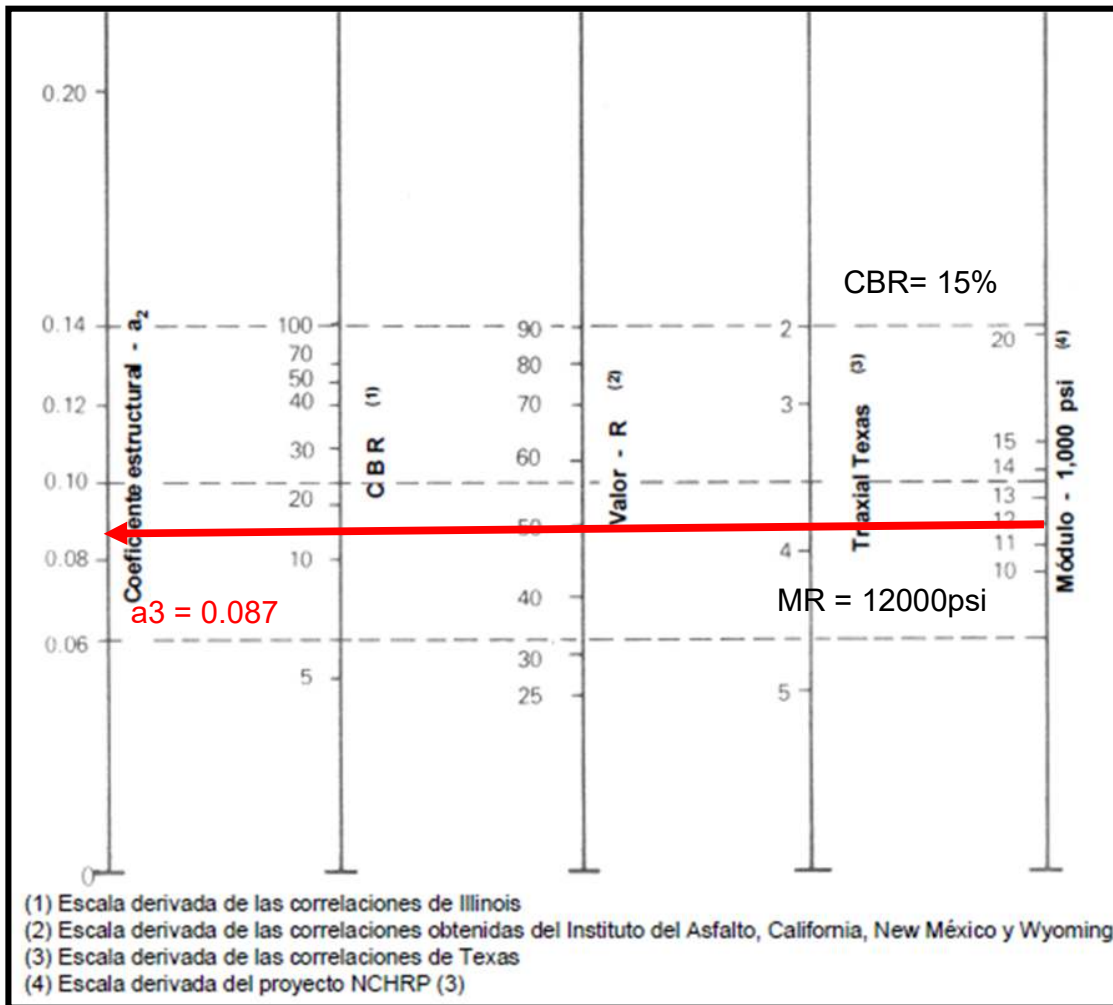
El coeficiente estructural resultante $a_2 = 0.165$, el cual se obtiene del nomograma para bases granulares tratadas con cemento de la AASHTO-93.

6.3.6.3. Coeficiente estructural para sub-base a_3 .

Para trabajar el material de la sub-base es necesario tomar un CBR de acuerdo con las especificaciones de la Nic-2019 el cual establece, un mínimo de 40% se

utilizara el material de banco el cual tiene un CBR de 15%. El coeficiente estructural resultante $a_3 = 0.087$, este se obtuvo utilizando el nomograma que propone la guía de diseño de la ASSHTO.

Gráfico No. 16. Nomograma para la determinación del coeficiente estructural a_3 .



Fuente: Diseño de Pavimentos AASHTO 93.

6.3.7. Números estructurales aportados y determinación de espesores.

La ecuación utilizada para el diseño de pavimento flexible, deriva de la información obtenida empíricamente por la AASHTO ROAD TEST. La fórmula general que se usara para determinar los espesores del pavimento es la siguiente:

$$SN = SN_1 + SN_2 + SN_3 = a_1 x D_1 + a_2 x D_2 + a_3 = a_1 x m_1 + a_2 x m_2 + a_3 x m_3$$

Donde:

a₁, a₂, a₃: Son los coeficientes estructurales o de capa.

D₁, D₂, D₃: Espesores de las capas en pulgadas para la carpeta Asfáltica, Base y Sub – base.

m₁, m₂, m₃: Son los coeficientes de drenaje de las capas.

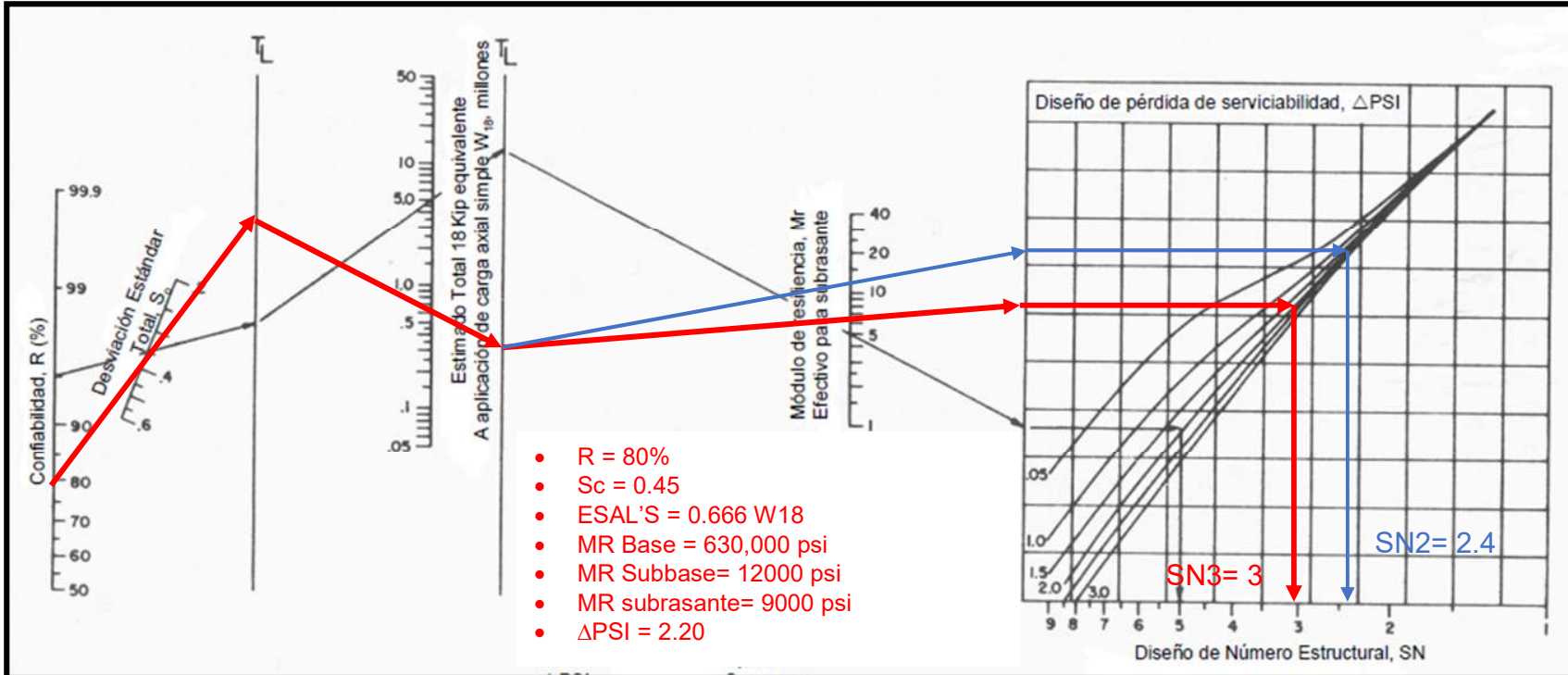
El procedimiento para el cálculo de espesores consiste primero en calcular el SN sobre la Sub-Rasante, después se calculan los SN necesarios sobre las capas de Sub – Base y Base.

6.3.7.1. Determinación de números estructurales

El espesor del adoquín es estándar de D1= 4 pulgadas. Por tanto, SN₁ ya está dado:

$$SN_1 = D_1 \times a_1 = 4.00 \times 0.45 = 1.8.$$

Gráfico No. 17. Nomograma para la determinación del número estructural SN₂.



Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

6.3.7.2. Espesor de base granular.

Espesor de base granular:

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_1}{a_2 * m_2} = \frac{2.4 - 1.80}{0.165 * 1.0} = 3.64 \text{ pulgadas} \approx 4 \text{ Plg}$$

El espesor de base no cumple con el espesor mínimo recomendado por la guía de diseño de la AASHTO, por eso se utilizará un espesor mayor al mínimo para base granular: **D₂ = 8 pulgadas (20cm)**.

Tabla No.51. Espesor Mínimo para Base o Sub-base en función del No. ESAL's.

Número de Esal's	Espesor mínimo (pulgadas)	
	Pavimento	Base o Sub-base Granular
< 50,000	1	4
50,000 - 150,000	2	4
150,000 - 500,000	2.6	4
500,000 - 2,000,000	3	6
2,000,000 - 7,000,000	3.6	6
> 7,000,000	4	6

Fuente: Libro de diseño de pavimentos AASHTO 93.

Se corrige el SN₂:

$$SN_2 = a_2 * D_2 * m_2 = 0.165 * 8.00 * 1.00 = 1.32$$

6.3.7.3. Espesor de sub-base granular:

$$D_3 = \frac{SN_3 - (SN_2 + SN_1)}{a_3 * m_3} = \frac{3 - 1.32 - 1.80}{0.087 * 1.0} = -1.38 \text{ pulgadas.}$$

El valor obtenido para el espesor de la subbase es de -1.38, por lo cual el pavimento articulado no requiere de esta capa de suelo para soportar las cargas equivalentes de ejes (ESAL'S).

El manual Centroamericano para Diseño de Pavimento AASHTO, establece en su capítulo 7, inciso 7.2, página 9; que cada capa del paquete estructural deberá estar protegida de los esfuerzos a los cuales será sometida por la carga de ejes equivalentes sobre el pavimento, por lo cual se requiere que el número estructural

total debe ser como mínimo igual o mayor a la suma de los números estructurales de cada capa. Por lo cual se verifica que

Verificación tenemos la formula siguiente:

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3 =$$

$$SN = (0.45 * 4) + (0.165 * 8 * 1) = 3.12$$

$$SN_1 + SN_2 \geq SN$$

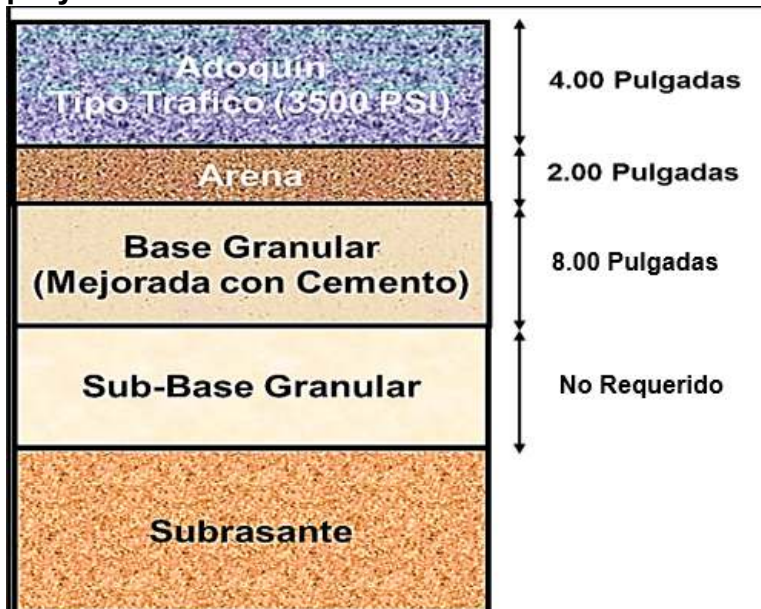
Sustituyendo los valores obtenidos anteriormente se obtiene que,

$$(1.80 + 1.32) \geq 3$$

$$3.12 \geq 3.00$$

Los números estructurales de las capas del paquete estructural de pavimento del tramo El Júcaro – Murra, satisfacen la condición establecida por la AASHTO, aseguran la protección de cada una de sus capas ante los esfuerzos ocasionados por el ESAL'S de diseño sobre la carretera.

Imagen No. 8. Diseño final de espesores de pavimento articulado del proyecto.



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

CONCLUSIONES

Se realizó el **DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL Y ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO DE 6.00 KM, TRAMO CARRETERO EL JÍCARO – MURRA, DEPARTAMENTO DE NUEVA SEGOVIA**, en el cual concluimos:

- La carretera Jícara – Murra (0+000 – 6+000) opera con un TPDA de 1,297 veh, y se clasifica se acuerdo a la AASHTO como Colectora Rural, con una composición vehicular del 4.78% vehículos pesados y un 95.22% vehículos livianos, con un periodo de diseño de 20 años (2020 – 2040), tendrá un tránsito de diseño de 1,938,948 vehículos, y soportará un peso de ejes equivalentes de 666,261.07 kips.
- La estructura de terracería del pavimento articulado de la carretera Jícara – Murra (0+000 – 6+000), se propone ser conformada de una subrasante elaborada empleando el suelo natural in situ A-1-b, A-2-4 Y A-2-6, una sub-base de suelo A-2-4 del banco de material de préstamo “Rio Sucio” y “Casas Viejas” mejorado con cemento y una base de suelo A-2-4 del banco de material de préstamo “Rio Sucio” y “Casas Viejas” a tratar con cemento.
- El terreno de proyecto presenta variación de pendientes entre el 1.99% y 18.7% y pendiente promedio de 11.33%, clasificado como tipo Ondulado.
- Se tomaron en consideración las Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales que rigen los alineamientos tanto horizontal como vertical propuestas por la SIECA 2011 y veinte y tres (26) curvas horizontales una velocidad máxima de proyecto de 40 km/h, radio mínimo de curva de 41m, una sección transversal de calzada de 3.30m de ancho de carril, 1.20m de ancho de hombros, peralte máximo del 8%, pendiente de bombeo del 2%, con dos carriles de una dirección cada uno.
- En conformidad con lo establecido con el Método AASHTO-93 para el diseño de espesores de pavimento articulado, los espesores de proyecto son: Capa de rodamiento (Adoquín) de 4 pulgadas, capa de arena 2 pulgadas y base granular estabilizada de cemento de 8 pulgadas.

RECOMENDACIONES

- Realizar el estudio de suelos para estabilización de la base con diferentes proporciones de cemento.
- Realizar ensayos de laboratorio para la obtención del módulo de elasticidad real de la subrasante.
- Realizar estudios hidrológicos para diseño del drenaje mayor y menor del tramo en estudio.
- Proponer reductores de velocidad en las zonas de salida y entrada a zonas de asentamiento de viviendas aledañas a la carretera.
- Proponer el uso de delimitadores tipo chevrón para reforzar la iluminación y visibilidad de la vía en horarios nocturno.

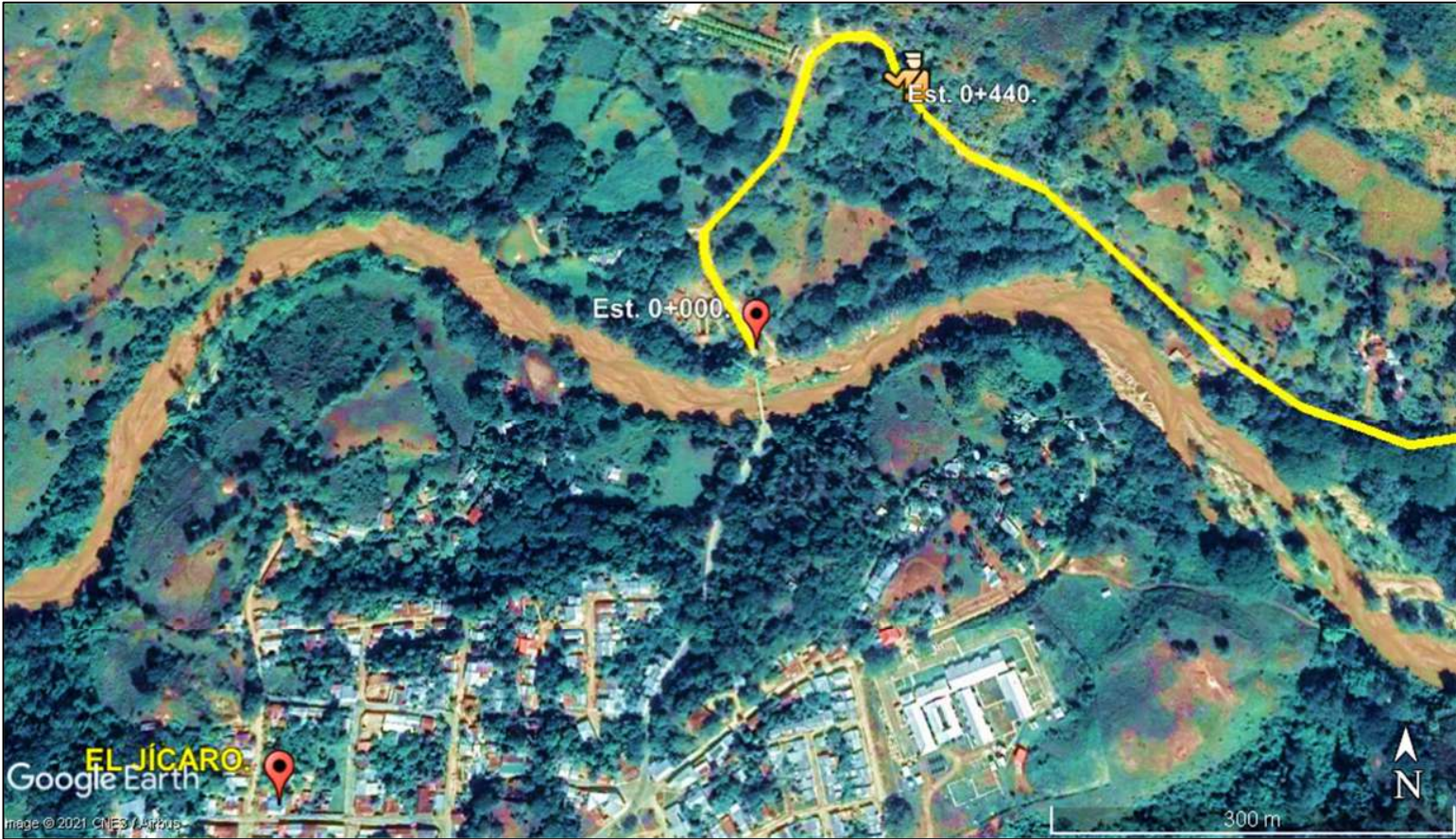
BIBLIOGRAFÍA.

- AASHTO. (1993). *Diseño de Pavimento AASHTO 93 (3ra edición)*. San Juan: Instituto Nacional de Carreteras de Estados Unidos.
- AASHTO, I. N. (1993). *Diseño de Pavimentos AASHTO 93 (3ra edición)*. San Juan.
- Infraestructura, M. d. (2011). *Revista de Red Vial de Nicaragua* .
- M. Das, B. (2001). *Principio de Ingeniería de Cimentaciones*. Sacramento: International Thomson Editores.
- MTI. (2017). *Anuario de Aforos de Tránsito*. Managua, Nicaragua.
- Navarro Huddiel, M. S. (2017). *Ingeniería de Tránsito*. Estelí.
- NIC-2000. (s.f.). *Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes*. 2000.
- Oficina de Diagnostico, E. d. (2018). *Anuario de Aforos de Tráfico Año 2017*. Managua.
- Reclair, I. R. (2011). *Manual Centroamericano de Diseño Geométrico para carreteras* . Secretaria de Integración Económica Centroamericana.
- SIECA. (2011). *Manual Centroamericano de Normas para el diseño Geométrico de Carreteras*.
- Spindola, R. C. (s.f.). *Ingeniería de Tránsito Fundamentos y Aplicaciones*. 7ta. Edición.

ANEXOS















ANEXO I.

Imagen No. 9. Estación de Aforo 0+440.



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Imagen No. 15. Tipología y clasificación vehicular.

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR	DESCRIPCIÓN DE LA TIPOLOGÍA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS		Incluye todos los tipos de Motocicleta tales como, Minimoto, Cuadraciclo, Moto Taxis, Etc. Este último fue modificado para que pudiera ser adaptado para el traslado de personas. se encuentran más en zonas Departamentales y Zonas Urbanas. Moviliza a 3 personas incluyendo al conductor.
	AUTOMOVILES		Se consideran todos los tipos de automóviles de cuatro y dos puertas, entre los que podemos mencionar, vehículos cope y station wagon.
	JEEP		Se consideran todos los tipos de vehículos conocidos como 4*4. En diferentes tipos de marcas, tales como TOYOTA, LAND ROVER, JEEP, ETC.
	CAMIONETA		Son todos aquellos tipos de vehículos con lina en la parte trasera, incluyendo las que transportan pasajeros y aquellas que por su diseño están diseñadas a trabajos de carga.
	MICROBUS		Se consideran todos aquellos microbuses, que su capacidad es menor o igual a 14 pasajeros sentados.
	MINIBUS		Son todos aquellos con una capacidad de 15 a 30 pasajeros sentados.
	BUS		Se consideran todos los tipos de buses, para el transporte de pasajeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
VEHICULOS DE CARGA	LIVIANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMIÓN DE CARGA C2 - C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
	CAMIÓN DE CARGA PESADA Tx-Sx<=4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo Tx-Sx<=4.
	Tx-Sx>=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	Cx-Rx<=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como Cx-Rx<=4
	Cx-Rx>=5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRICOLAS		Son vehículos provistos con llantas especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos (Tractores - Arados - Cosechadoras)
	VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN		Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, Motoniveladoras, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadoras.
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Semovientes).

Fuente: Anuario Estadístico MTI, 2019.

Tabla 52. Vectores geográficos.

Vector	Código	Nombre de Región	Departamentos
R1	PS	Pacífico Sur	Masaya, Granada, Carazo, Rivas
R2	PN	Pacífico Norte	León, Chinandega, Managua
R3	CN	Central Norte	Nueva Segovia, Madriz, Estelí, Jinotega, Matagalpa, Boaco, Chontales
R4	AS	Atlántico Sur	Región Autónoma del Caribe Sur (RACS), Río San Juan
R5	AN	Atlántico Norte	Región Autónoma del Caribe Norte (RACN)

Fuente: Anuario de aforos de tránsito año 2019, pág. 7.

Tabla 53. Dependencia de estaciones 2019.

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO
1802 San Marcos - Masatepe	NIC-17	3101	ECS	La Calamidad - Emp.Masigüe
	NIC-17	1703	ECS	Emp. Masigüe - La Embajada - Villa Siquia
	NIC-18B	1805	ECD	Diriamba - Emp.La Boquita - Casares
	NIC-19A	1902	ECS	San Dionisio - Esquipulas
	NIC-19B	720	ECS	Emp.Santa Rosa (Inter NIC-7) - Comalapa
	NIC-19B	1904	ECS	Comalapa - Camoapa
	NIC-19B	1901	ECD	Camoapa - Emp. La Subasta
	NIC-20C	218	ECD	Emp. Santa Teresa - Santa Teresa
	NIC-20C	216	ECD	Santa Teresa - La Conquista
	NIC-21A	2101	ECS	Puertas Viejas - Esquipulas
	NIC-21A	2102	ECS	Esquipulas - Emp. Muy Muy
	NIC-21B	2103	ECD	Emp. Muy Muy - Matiguás

Fuente: Anuario de aforos de tránsito año 2019, pág. 53.

Tabla No. 11. Clasificación funcional de carreteras.

TPDA	> 20,000		20,000 – 10,000		10,000–3,000		3,000 - 500	
	C	S	C	S	C	S	C	S
AR – Autopistas Regionales	6 – 8	Pav.	4 – 6	Pav.				
TS – Troncales Suburbanas	4	Pav.	2 - 4	Pav.	2	Pav.		
TR – Troncales Rurales	4	Pav.	2 – 4	Pav.	2	Pav.		
CS – Colectoras Suburbanas			2 - 4	Pav.	2	Pav.	2	Pav.
CR – Colectoras Rurales					2	Pav.	2	Pav.

Fuente: Manual SIECA, 2011.

Tabla No. 12. Factores de equivalencia de cargas, ejes simples.

Carga p/eje (kips) ⁶	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002
6	0.009	0.012	0.011	0.010	0.009	0.009
8	0.03	0.035	0.036	0.033	0.031	0.029
10	0.075	0.085	0.090	0.085	0.079	0.076
12	0.165	0.177	0.189	0.183	0.174	0.168
14	0.325	0.338	0.354	0.350	0.338	0.331
16	0.589	0.598	0.613	0.612	0.603	0.596
18	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	113.	108.	97.	86.	81	82.













Fuente: Manual de diseño de pavimentos SIECA, 2011.

Tabla No. 13. Factores de equivalencia de cargas, ejes dobles.

Carga p/eje (kips)	Número estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
6	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
8	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002
10	0.007	0.008	0.008	0.007	0.006	0.006
12	0.013	0.016	0.016	0.014	0.013	0.012
14	0.024	0.029	0.029	0.026	0.024	0.023
16	0.041	0.048	0.050	0.046	0.042	0.040
18	0.066	0.077	0.081	0.075	0.069	0.066
20	0.103	0.117	0.124	0.117	0.109	0.105
22	0.156	0.171	0.183	0.174	0.164	0.158
24	0.227	0.244	0.260	0.252	0.239	0.231
26	0.322	0.340	0.360	0.353	0.338	0.329
28	0.447	0.465	0.487	0.481	0.466	0.455
30	0.607	0.623	0.646	0.643	0.627	0.617
32	0.810	0.823	0.843	0.842	0.829	0.819
34	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9
60	14.3	13.8	12.7	11.9	12.0	12.6
62	16.6	16.0	14.7	13.7	13.8	14.5
64	19.3	18.6	17.0	15.8	15.8	16.6
66	22.2	21.4	19.6	18.0	18.0	18.9
68	25.5	24.6	22.4	20.6	20.5	21.5
70	29.2	28.1	25.6	23.4	23.2	24.3
72	33.3	32.0	29.1	26.5	26.2	27.4
74	37.8	36.4	33.0	30.0	29.4	30.8
76	42.8	41.2	37.3	33.8	33.1	34.5
78	48.4	46.5	42.0	38.0	37.0	38.6
80	54.4	52.3	47.2	42.5	41.3	43.0
82	61.1	58.7	52.9	47.6	46.0	47.8
84	68.4	65.7	59.2	53.0	51.2	53.0
86	76.3	73.3	66.0	59.0	56.8	58.6
88	85.0	81.6	73.4	65.5	62.8	64.7
90	94.4	90.6	81.5	72.6	69.4	71.3

Fuente: Manual de diseño de pavimentos SIECA, 2011.

Tabla No. 14. Peso de ejes por tipo de vehículos de carga.

TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						Peso Máximo Total (t) Ton - Met.
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	
C2		5.00	10.00					15.00
C3		5.00	16.50				21.50	
			8.25	8.25				
C4		5.00	20.00				25.00	
			6.67	6.66	6.66			
T2-S1		5.00	9.00	9.00			23.00	
T2-S2		5.00	9.00	16.00			30.00	
				8.00	8.00			
T2-S3		5.00	9.00	20.00			34.00	
				6.67	6.66	6.66		
T3-S1		5.00	16.00		9.00		30.00	
			8.00	8.00				
T3-S2		5.00	16.00		16.00		37.00	
			8.00	8.00	8.00	8.00		
T3-S3		5.00	16.00		20.00			41.00
			8.00	8.00	6.67	6.66	6.66	
C2-R2		4.50	9.00	4.0 a	4.0 a		21.50	
		4.50	9.00	6.5 b	6.5 b		26.50	
C3-R2		5.00	16.00		4.0 a	4.0 a	29.00	
		5.00	8.00	8.00	6.5 b	6.5 b	34.00	
C3-R3		5.00	16.00		4.0 a	5.0 a	5.0 a	35.00
		5.00	8.0 b	8.0 b	6.5 b	5.0 b	5.0 b	37.50

Fuente: Anuario estadístico del MTI, 2018.

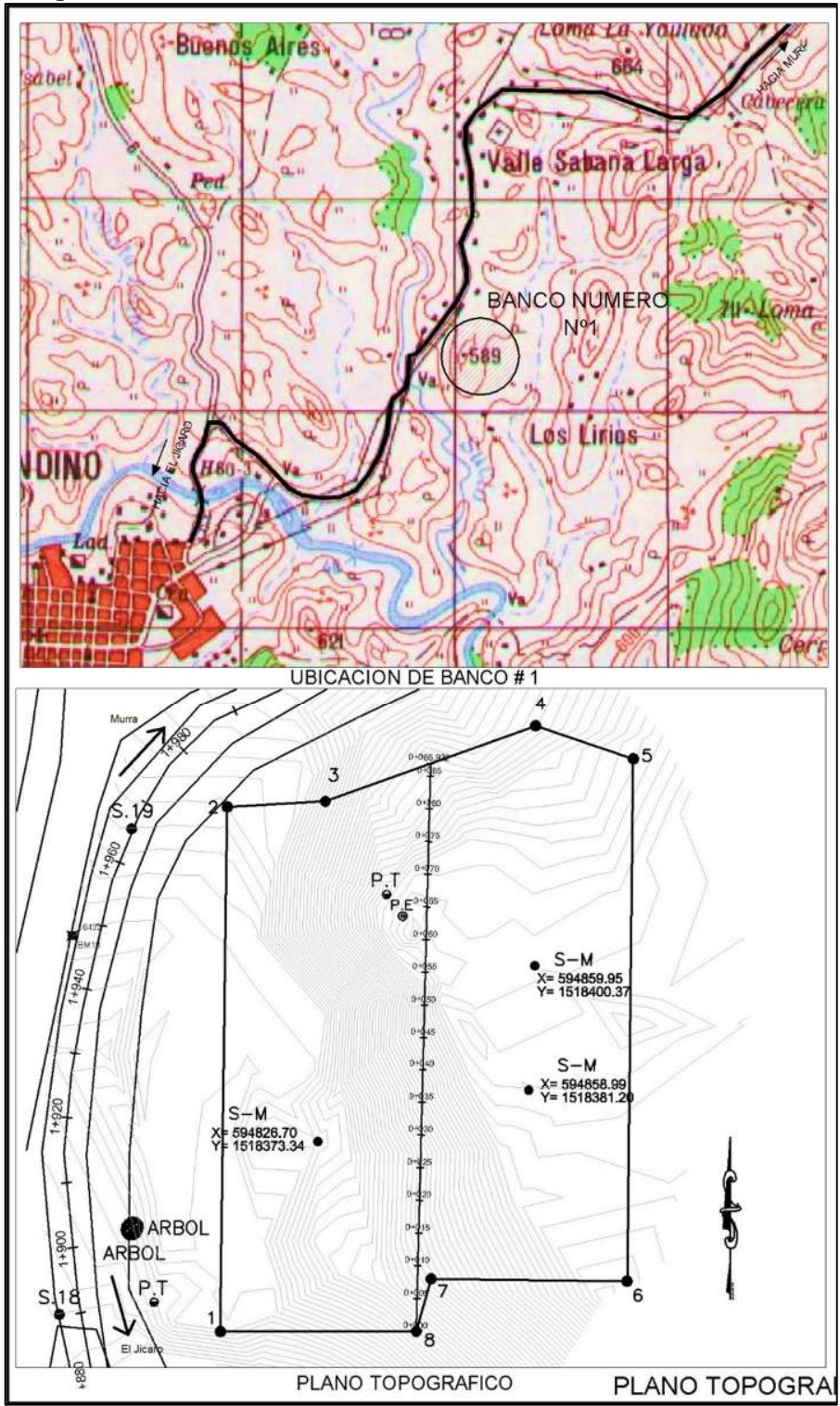
Tabla No. 15. Peso de ejes por tipo de vehículos ligero.

Tipo de vehículo		Peso por ejes en toneladas	Peso por eje en libras
Automóvil		1 / 1	2200 / 2200
Jeep		1 / 1	2200 / 2200
Camioneta		1 / 2	2200 / 4400
Microbús (15 pasajeros)		2 / 4	4400 / 8800
Minibús (12-30 pasajeros)		4 / 8	8800 / 17600
C2 liviano		4 / 8	8800/ 17600
Bus=C2		5 / 10	11000 / 22000
VC		4 / 6.4	8800/14000

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura.

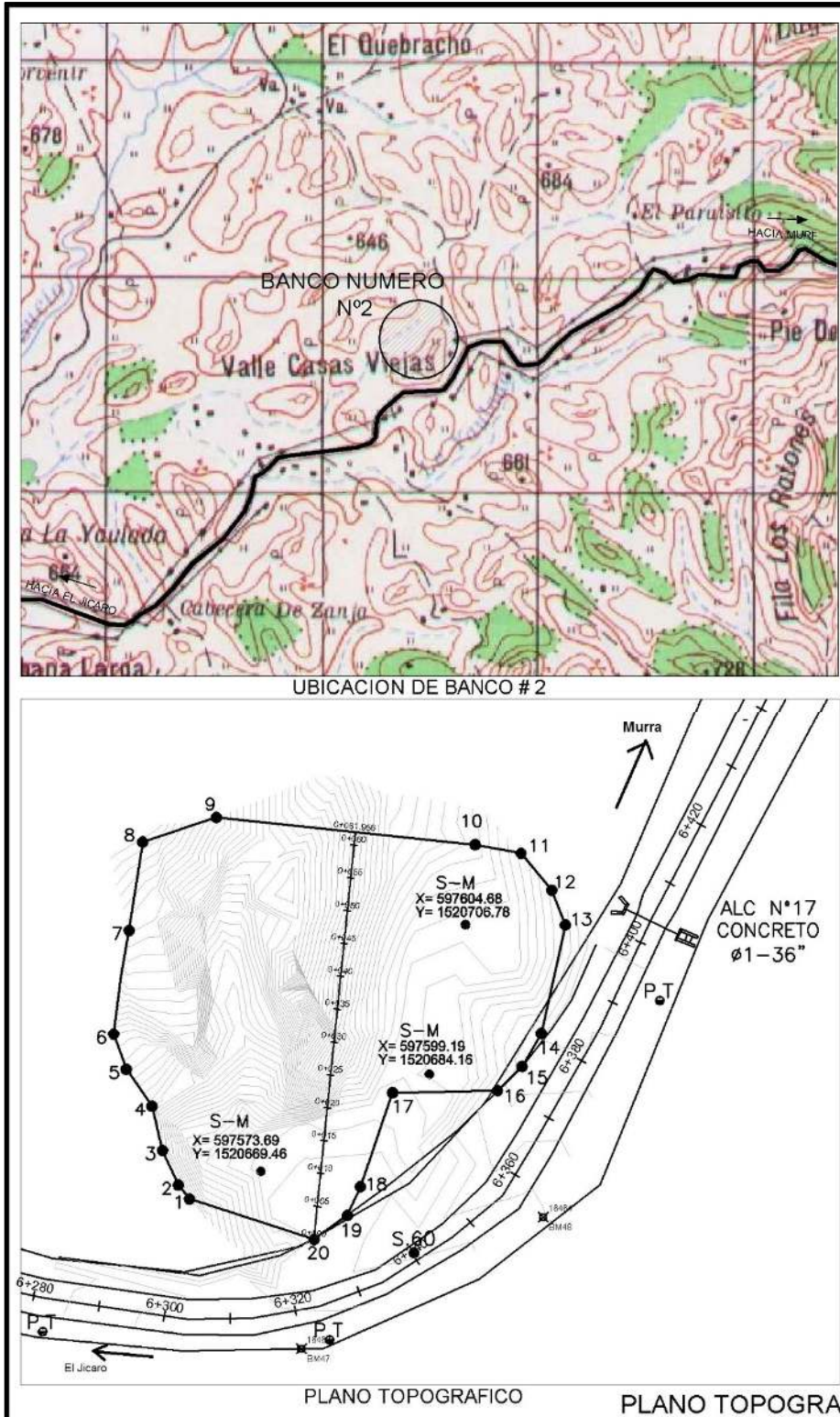
ANEXO B.

Imagen No. 16. Ubicación de Banco de Material No. 1.



Fuente: Adquirido de Alcaldía Municipal El Jícaro.

Imagen No. 16. Ubicación de Banco de Material No. 2.



Fuente: Adquirido de Alcaldía Municipal El Jícaro.

ANEXO C.

Tabla No. 16. Puntos de levantamiento topográfico 1 – 100.

P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D
1	593830	1517823	513	LC	26	595097	1519177	560	LC	51	593828	1517813	513	CN	76	593747	1517833	513	CN
2	593779	1517913	518	LC	27	595092	1519345	563	LC	52	593839	1517814	513	CN	77	593733	1517837	513	CN
3	593853	1517998	527	LC	28	595060	1519422	564	LC	53	593848	1517815	513	CN	78	593721	1517841	512	CN
4	593883	1518112	544	LC	29	595061	1519515	564	LC	54	593855	1517816	513	CN	79	593716	1517844	512	CN
5	593941	1518125	550	LC	30	595087	1519582	567	LC	55	593865	1517817	513	CN	80	593712	1517846	512	CN
6	593977	1518050	537	LC	31	595276	1519701	569	LC	56	593873	1517818	513	CN	81	593717	1517849	512	CN
7	594015	1518004	531	LC	32	595392	1519693	574	LC	57	593887	1517825	513	CN	82	593749	1517853	513	CN
8	594084	1517975	532	LC	33	595611	1519662	574	LC	58	593897	1517831	513	CN	83	593787	1517852	514	CN
9	594258	1517780	515	LC	34	595696	1519661	582	LC	59	593908	1517838	512	CN	84	593790	1517852	514	CN
10	594366	1517743	517	LC	35	595963	1519569	614	LC	60	593914	1517844	512	CN	85	593821	1517851	513	CN
11	594480	1517762	519	LC	36	596063	1519559	620	LC	61	593921	1517849	512	CN	86	593847	1517850	513	CN
12	594624	1517851	533	LC	37	596248	1519650	601	LC	62	593929	1517859	512	CN	87	593863	1517850	512	CN
13	594723	1518115	539	LC	38	596470	1519910	610	LC	63	593934	1517865	513	CN	88	593872	1517851	512	CN
14	594714	1518237	535	LC	39	596673	1520147	593	LC	64	593933	1517868	513	CN	89	593886	1517854	512	CN
15	594728	1518267	533	LC	40	596691	1520255	588	LC	65	593909	1517855	512	CN	90	593899	1517859	513	CN
16	594800	1518282	525	LC	41	596810	1520349	590	LC	66	593895	1517848	512	CN	91	593911	1517864	513	CN
17	594779	1518376	527	LC	42	597022	1520354	595	LC	67	593892	1517847	512	CN	92	593920	1517872	514	CN
18	594791	1518431	528	LC	43	597288	1520443	601	LC	68	593865	1517840	513	CN	93	593923	1517878	515	CN
19	594846	1518460	535	LC	44	597293	1520565	607	LC	69	593835	1517832	513	CN	94	593923	1517879	515	CN
20	594911	1518539	545	LC	45	597339	1520605	608	LC	70	593821	1517830	513	CN	95	593923	1517888	516	CN
21	594984	1518621	552	LC	46	593727	1517824	512	CN	71	593812	1517828	513	CN	96	593917	1517891	516	CN
22	595040	1518712	554	LC	47	593732	1517824	512	CN	72	593803	1517827	513	CN	97	593895	1517885	516	CN
23	595067	1518829	554	LC	48	593776	1517814	512	CN	73	593795	1517827	513	CN	98	593870	1517874	515	CN
24	595030	1518982	557	LC	49	593800	1517813	512	CN	74	593780	1517827	513	CN	99	593844	1517866	515	CN
25	595087	1519081	558	LC	50	593818	1517813	512	CN	75	593764	1517830	513	CN	100	593812	1517865	515	CN

Tabla No. 17. Puntos de levantamiento topográfico 101 – 200.

P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D
101	593787	1517865	515	CN	126	593881	1517929	523	CN	151	593861	1517938	523	CN	176	593918	1517980	526	CN
102	593766	1517865	514	CN	127	593862	1517922	521	CN	152	593875	1517939	524	CN	177	593926	1517980	526	CN
103	593736	1517866	513	CN	128	593837	1517914	520	CN	153	593887	1517938	524	CN	178	593931	1517980	526	CN
104	593734	1517866	513	CN	129	593815	1517913	519	CN	154	593900	1517943	524	CN	179	593934	1517981	526	CN
105	593711	1517866	513	CN	130	593792	1517914	519	CN	155	593907	1517948	524	CN	180	593929	1517984	526	CN
106	593700	1517866	512	CN	131	593769	1517915	517	CN	156	593913	1517958	524	CN	181	593908	1517995	528	CN
107	593687	1517870	512	CN	132	593764	1517916	517	CN	157	593879	1517962	526	CN	182	593887	1518002	529	CN
108	593684	1517878	512	CN	133	593740	1517916	516	CN	158	593844	1517960	524	CN	183	593854	1518011	527	CN
109	593685	1517891	513	CN	134	593724	1517916	515	CN	159	593816	1517960	522	CN	184	593825	1518015	525	CN
110	593710	1517898	513	CN	135	593716	1517916	514	CN	160	593789	1517962	521	CN	185	593804	1518017	523	CN
111	593741	1517897	515	CN	136	593703	1517916	513	CN	161	593769	1517965	519	CN	186	593782	1518018	521	CN
112	593744	1517897	515	CN	137	593694	1517916	513	CN	162	593751	1517977	518	CN	187	593765	1518019	520	CN
113	593773	1517897	517	CN	138	593683	1517918	513	CN	163	593731	1517989	517	CN	188	593748	1518021	519	CN
114	593778	1517897	517	CN	139	593680	1517925	513	CN	164	593717	1517995	516	CN	189	593731	1518024	518	CN
115	593806	1517895	518	CN	140	593679	1517934	513	CN	165	593704	1518000	515	CN	190	593719	1518027	517	CN
116	593831	1517894	518	CN	141	593685	1517944	514	CN	166	593694	1518003	515	CN	191	593707	1518032	516	CN
117	593860	1517893	518	CN	142	593703	1517948	514	CN	167	593685	1518008	515	CN	192	593703	1518036	516	CN
118	593883	1517898	519	CN	143	593722	1517946	515	CN	168	593710	1518012	516	CN	193	593698	1518043	517	CN
119	593900	1517902	518	CN	144	593725	1517945	516	CN	169	593751	1518002	519	CN	194	593696	1518052	518	CN
120	593910	1517905	518	CN	145	593749	1517944	518	CN	170	593780	1517994	521	CN	195	593695	1518059	518	CN
121	593921	1517910	518	CN	146	593776	1517942	520	CN	171	593812	1517988	523	CN	196	593700	1518059	518	CN
122	593930	1517915	518	CN	147	593802	1517941	521	CN	172	593846	1517986	525	CN	197	593729	1518055	520	CN
123	593932	1517917	519	CN	148	593821	1517940	522	CN	173	593869	1517985	527	CN	198	593759	1518046	521	CN
124	593911	1517925	521	CN	149	593833	1517939	522	CN	174	593890	1517984	528	CN	199	593793	1518041	523	CN
125	593905	1517927	521	CN	150	593847	1517938	523	CN	175	593905	1517983	527	CN	200	593825	1518039	526	CN

Tabla No. 18. Puntos de levantamiento topográfico 201 – 300.

P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D
201	593843	1518038	528	CN	226	593720	1518068	521	CN	251	593768	1518116	533	CN	276	593950	1518191	561	CN
202	593866	1518034	530	CN	227	593714	1518073	521	CN	252	593754	1518106	530	CN	277	593941	1518175	559	CN
203	593883	1518025	531	CN	228	593712	1518073	520	CN	253	593751	1518102	529	CN	278	593929	1518159	555	CN
204	593903	1518014	530	CN	229	593714	1518078	521	CN	254	593750	1518094	527	CN	279	593901	1518136	550	CN
205	593914	1518008	529	CN	230	593721	1518087	523	CN	255	593749	1518090	527	CN	280	593886	1518124	547	CN
206	593924	1518004	529	CN	231	593731	1518095	525	CN	256	593750	1518084	526	CN	281	593878	1518112	544	CN
207	593931	1518001	528	CN	232	593743	1518105	528	CN	257	593751	1518080	526	CN	282	593877	1518110	544	CN
208	593937	1517998	528	CN	233	593754	1518113	531	CN	258	593762	1518075	526	CN	283	593874	1518095	541	CN
209	593941	1517997	528	CN	234	593765	1518121	533	CN	259	593780	1518074	528	CN	284	593873	1518084	539	CN
210	593943	1518000	528	CN	235	593779	1518131	537	CN	260	593797	1518078	530	CN	285	593873	1518081	539	CN
211	593946	1518008	529	CN	236	593797	1518146	542	CN	261	593800	1518080	531	CN	286	593873	1518074	537	CN
212	593942	1518017	530	CN	237	593815	1518160	546	CN	262	593812	1518087	534	CN	287	593875	1518069	537	CN
213	593918	1518032	532	CN	238	593835	1518169	550	CN	263	593827	1518096	537	CN	288	593878	1518067	537	CN
214	593890	1518041	533	CN	239	593845	1518173	552	CN	264	593840	1518107	540	CN	289	593887	1518066	537	CN
215	593869	1518046	532	CN	240	593860	1518179	554	CN	265	593856	1518123	544	CN	290	593901	1518069	538	CN
216	593844	1518050	530	CN	241	593868	1518181	556	CN	266	593870	1518139	548	CN	291	593908	1518077	540	CN
217	593823	1518051	528	CN	242	593872	1518181	556	CN	267	593872	1518142	549	CN	292	593910	1518081	540	CN
218	593801	1518053	526	CN	243	593868	1518166	553	CN	268	593883	1518154	552	CN	293	593921	1518106	545	CN
219	593779	1518054	524	CN	244	593853	1518151	549	CN	269	593885	1518155	553	CN	294	593928	1518121	549	CN
220	593765	1518055	523	CN	245	593840	1518143	546	CN	270	593902	1518170	556	CN	295	593935	1518135	552	CN
221	593755	1518056	522	CN	246	593837	1518142	545	CN	271	593913	1518181	559	CN	296	593948	1518149	555	CN
222	593743	1518059	522	CN	247	593821	1518135	543	CN	272	593924	1518191	561	CN	297	593964	1518159	557	CN
223	593735	1518061	521	CN	248	593808	1518129	541	CN	273	593940	1518201	563	CN	298	593976	1518164	559	CN
224	593728	1518063	521	CN	249	593792	1518124	538	CN	274	593951	1518208	564	CN	299	593977	1518165	559	CN
225	593723	1518066	521	CN	250	593780	1518121	536	CN	275	593956	1518209	564	CN	300	593988	1518168	562	CN

Tabla No. 19. Puntos de levantamiento topográfico 301 – 400.

P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D
301	593995	1518168	563	CN	326	594027	1518119	563	CN	351	594033	1518040	541	CN	376	593981	1517958	521	CN
302	593997	1518168	564	CN	327	594034	1518119	565	CN	352	594040	1518048	544	CN	377	593972	1517947	519	CN
303	593999	1518153	562	CN	328	594036	1518116	564	CN	353	594042	1518050	545	CN	378	593967	1517939	518	CN
304	593996	1518138	560	CN	329	594036	1518112	563	CN	354	594051	1518059	549	CN	379	593966	1517934	518	CN
305	593994	1518135	559	CN	330	594036	1518094	558	CN	355	594062	1518069	554	CN	380	593966	1517931	518	CN
306	593982	1518126	555	CN	331	594030	1518080	552	CN	356	594076	1518078	558	CN	381	593968	1517927	517	CN
307	593963	1518111	549	CN	332	594015	1518064	546	CN	357	594086	1518084	559	CN	382	593975	1517924	517	CN
308	593952	1518100	546	CN	333	594006	1518057	542	CN	358	594094	1518085	560	CN	383	593989	1517928	517	CN
309	593944	1518092	544	CN	334	593998	1518050	539	CN	359	594101	1518085	560	CN	384	593990	1517929	517	CN
310	593942	1518090	544	CN	335	593991	1518043	537	CN	360	594101	1518078	558	CN	385	594008	1517939	519	CN
311	593936	1518081	542	CN	336	593984	1518034	534	CN	361	594097	1518062	554	CN	386	594010	1517941	519	CN
312	593926	1518063	538	CN	337	593973	1518023	531	CN	362	594095	1518059	553	CN	387	594023	1517952	521	CN
313	593918	1518052	536	CN	338	593960	1518004	528	CN	363	594083	1518046	548	CN	388	594037	1517965	525	CN
314	593916	1518042	534	CN	339	593955	1517996	527	CN	364	594060	1518033	542	CN	389	594041	1517969	526	CN
315	593916	1518042	534	CN	340	593954	1517994	527	CN	365	594057	1518031	541	CN	390	594052	1517980	529	CN
316	593923	1518040	533	CN	341	593953	1517988	526	CN	366	594041	1518021	537	CN	391	594053	1517982	530	CN
317	593936	1518041	534	CN	342	593953	1517984	525	CN	367	594028	1518010	534	CN	392	594065	1517995	534	CN
318	593947	1518047	535	CN	343	593956	1517977	524	CN	368	594026	1518009	533	CN	393	594068	1517998	535	CN
319	593949	1518050	536	CN	344	593958	1517977	524	CN	369	594023	1518006	532	CN	394	594079	1518009	539	CN
320	593963	1518065	539	CN	345	593960	1517977	524	CN	370	594012	1517996	529	CN	395	594091	1518022	544	CN
321	593975	1518082	543	CN	346	593978	1517981	524	CN	371	594005	1517987	527	CN	396	594102	1518032	547	CN
322	593989	1518098	550	CN	347	593993	1517992	527	CN	372	593999	1517980	526	CN	397	594112	1518039	550	CN
323	593991	1518101	551	CN	348	594006	1518007	531	CN	373	593995	1517974	524	CN	398	594115	1518040	550	CN
324	594001	1518108	554	CN	349	594020	1518024	536	CN	374	593990	1517968	523	CN	399	594123	1518040	551	CN
325	594014	1518114	559	CN	350	594022	1518027	537	CN	375	593982	1517960	521	CN	400	594126	1518038	551	CN

Tabla No. 20. Puntos de levantamiento topográfico 401 – 500.

P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D
401	594129	1518028	550	CN	426	594158	1517982	545	CN	451	594216	1517942	543	CN	476	594250	1517860	528	CN
402	594128	1518013	547	CN	427	594163	1517984	546	CN	452	594205	1517908	534	CN	477	594238	1517838	523	CN
403	594119	1517997	542	CN	428	594165	1517985	546	CN	453	594174	1517879	524	CN	478	594223	1517828	520	CN
404	594102	1517982	536	CN	429	594172	1517974	545	CN	454	594153	1517861	518	CN	479	594203	1517817	517	CN
405	594086	1517971	531	CN	430	594169	1517960	543	CN	455	594138	1517849	514	CN	480	594190	1517809	515	CN
406	594070	1517962	527	CN	431	594160	1517950	540	CN	456	594130	1517842	514	CN	481	594179	1517802	513	CN
407	594068	1517961	526	CN	432	594146	1517938	536	CN	457	594122	1517834	513	CN	482	594170	1517792	512	CN
408	594054	1517952	523	CN	433	594134	1517928	531	CN	458	594118	1517829	513	CN	483	594164	1517782	511	CN
409	594041	1517945	521	CN	434	594119	1517918	527	CN	459	594113	1517816	513	CN	484	594159	1517772	510	CN
410	594038	1517942	520	CN	435	594107	1517910	523	CN	460	594113	1517809	513	CN	485	594158	1517760	509	CN
411	594030	1517935	519	CN	436	594099	1517902	521	CN	461	594117	1517796	513	CN	486	594160	1517756	509	CN
412	594025	1517929	518	CN	437	594091	1517894	519	CN	462	594119	1517792	512	CN	487	594165	1517755	510	CN
413	594022	1517926	518	CN	438	594078	1517879	515	CN	463	594131	1517799	512	CN	488	594180	1517762	510	CN
414	594021	1517927	518	CN	439	594071	1517864	513	CN	464	594139	1517812	513	CN	489	594192	1517778	512	CN
415	594031	1517915	517	CN	440	594068	1517851	511	CN	465	594150	1517822	513	CN	490	594207	1517790	514	CN
416	594042	1517909	517	CN	441	594070	1517844	512	CN	466	594164	1517831	515	CN	491	594229	1517803	517	CN
417	594055	1517910	517	CN	442	594074	1517844	512	CN	467	594176	1517840	517	CN	492	594248	1517818	521	CN
418	594072	1517919	520	CN	443	594089	1517853	512	CN	468	594188	1517850	519	CN	493	594267	1517831	523	CN
419	594083	1517924	522	CN	444	594105	1517863	515	CN	469	594203	1517861	523	CN	494	594279	1517839	525	CN
420	594092	1517930	524	CN	445	594125	1517870	518	CN	470	594216	1517868	526	CN	495	594299	1517848	527	CN
421	594105	1517938	528	CN	446	594141	1517880	521	CN	471	594224	1517873	528	CN	496	594313	1517852	527	CN
422	594115	1517944	531	CN	447	594155	1517891	525	CN	472	594233	1517876	530	CN	497	594315	1517850	527	CN
423	594126	1517955	535	CN	448	594171	1517905	530	CN	473	594240	1517877	531	CN	498	594317	1517840	526	CN
424	594136	1517965	539	CN	449	594186	1517919	535	CN	474	594245	1517877	532	CN	499	594300	1517808	521	CN
425	594148	1517975	543	CN	450	594204	1517936	541	CN	475	594248	1517877	532	CN	500	594273	1517783	516	CN

Tabla No. 21. Puntos de levantamiento topográfico 501 – 600.

P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D
501	594261	1517770	514	CN	526	594312	1517725	515	CN	551	594392	1517684	514	CN	576	594488	1517716	517	CN
502	594249	1517758	511	CN	527	594311	1517723	515	CN	552	594398	1517670	513	CN	577	594487	1517745	518	CN
503	594235	1517745	511	CN	528	594311	1517727	515	CN	553	594408	1517659	512	CN	578	594482	1517779	520	CN
504	594223	1517734	511	CN	529	594307	1517706	514	CN	554	594425	1517663	512	CN	579	594482	1517801	522	CN
505	594218	1517727	511	CN	530	594307	1517692	514	CN	555	594432	1517671	512	CN	580	594482	1517823	523	CN
506	594217	1517719	512	CN	531	594306	1517672	513	CN	556	594433	1517684	513	CN	581	594483	1517839	524	CN
507	594219	1517712	512	CN	532	594306	1517670	513	CN	557	594432	1517699	514	CN	582	594489	1517852	525	CN
508	594231	1517706	512	CN	533	594310	1517656	513	CN	558	594431	1517719	515	CN	583	594492	1517857	525	CN
509	594246	1517704	512	CN	534	594317	1517650	513	CN	559	594430	1517733	516	CN	584	594498	1517852	525	CN
510	594268	1517706	513	CN	535	594334	1517658	513	CN	560	594429	1517751	517	CN	585	594508	1517825	523	CN
511	594281	1517721	513	CN	536	594350	1517680	514	CN	561	594429	1517764	518	CN	586	594519	1517779	522	CN
512	594289	1517740	514	CN	537	594371	1517711	515	CN	562	594428	1517777	520	CN	587	594524	1517740	521	CN
513	594300	1517760	515	CN	538	594386	1517737	516	CN	563	594431	1517797	522	CN	588	594532	1517715	521	CN
514	594313	1517781	518	CN	539	594392	1517760	518	CN	564	594433	1517818	524	CN	589	594539	1517702	522	CN
515	594324	1517797	521	CN	540	594395	1517776	519	CN	565	594436	1517834	526	CN	590	594546	1517699	524	CN
516	594337	1517810	523	CN	541	594393	1517792	521	CN	566	594440	1517843	526	CN	591	594554	1517699	526	CN
517	594349	1517822	524	CN	542	594392	1517806	523	CN	567	594449	1517828	525	CN	592	594557	1517715	528	CN
518	594358	1517828	525	CN	543	594395	1517814	524	CN	568	594451	1517823	524	CN	593	594556	1517750	530	CN
519	594364	1517828	525	CN	544	594398	1517819	524	CN	569	594459	1517798	522	CN	594	594552	1517791	529	CN
520	594367	1517828	525	CN	545	594401	1517818	524	CN	570	594460	1517770	520	CN	595	594549	1517821	527	CN
521	594369	1517825	525	CN	546	594407	1517804	523	CN	571	594460	1517747	518	CN	596	594550	1517841	527	CN
522	594368	1517807	523	CN	547	594411	1517781	520	CN	572	594464	1517725	517	CN	597	594551	1517861	526	CN
523	594356	1517783	520	CN	548	594409	1517749	517	CN	573	594468	1517706	515	CN	598	594553	1517878	527	CN
524	594337	1517759	517	CN	549	594400	1517717	515	CN	574	594474	1517691	515	CN	599	594558	1517896	527	CN
525	594318	1517736	515	CN	550	594393	1517697	514	CN	575	594482	1517689	515	CN	600	594565	1517907	527	CN

Tabla No. 22. Puntos de levantamiento topográfico 601 – 700.

P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D
601	594568	1517897	527	CN	626	594705	1517875	541	CN	651	594601	1518083	525	CN	676	594664	1518162	534	CN
602	594572	1517847	528	CN	627	594698	1517908	538	CN	652	594609	1518088	526	CN	677	594668	1518160	535	CN
603	594572	1517805	532	CN	628	594678	1517926	534	CN	653	594658	1518084	532	CN	678	594729	1518144	538	CN
604	594583	1517779	537	CN	629	594653	1517939	530	CN	654	594718	1518060	537	CN	679	594777	1518131	542	CN
605	594590	1517757	540	CN	630	594620	1517959	526	CN	655	594757	1518041	540	CN	680	594819	1518117	541	CN
606	594597	1517734	540	CN	631	594598	1517977	525	CN	656	594783	1518026	542	CN	681	594840	1518108	540	CN
607	594601	1517717	540	CN	632	594583	1517995	526	CN	657	594791	1518022	542	CN	682	594854	1518103	539	CN
608	594605	1517711	540	CN	633	594579	1518008	527	CN	658	594781	1518014	542	CN	683	594861	1518106	539	CN
609	594616	1517713	541	CN	634	594607	1518009	524	CN	659	594803	1518033	542	CN	684	594865	1518112	538	CN
610	594626	1517738	545	CN	635	594652	1517990	530	CN	660	594810	1518062	542	CN	685	594851	1518131	538	CN
611	594626	1517779	544	CN	636	594677	1517968	532	CN	661	594810	1518066	542	CN	686	594838	1518139	538	CN
612	594620	1517822	537	CN	637	594703	1517951	535	CN	662	594800	1518078	542	CN	687	594790	1518161	538	CN
613	594620	1517824	537	CN	638	594731	1517939	538	CN	663	594796	1518080	542	CN	688	594749	1518172	536	CN
614	594613	1517858	531	CN	639	594751	1517931	541	CN	664	594765	1518091	541	CN	689	594715	1518184	536	CN
615	594608	1517881	529	CN	640	594766	1517928	543	CN	665	594743	1518097	540	CN	690	594711	1518185	536	CN
616	594606	1517902	528	CN	641	594779	1517935	543	CN	666	594708	1518106	537	CN	691	594671	1518201	536	CN
617	594608	1517925	526	CN	642	594781	1517964	542	CN	667	594702	1518108	537	CN	692	594650	1518213	535	CN
618	594610	1517937	526	CN	643	594737	1517979	538	CN	668	594670	1518123	534	CN	693	594637	1518229	535	CN
619	594632	1517921	529	CN	644	594734	1517979	538	CN	669	594632	1518136	530	CN	694	594629	1518245	535	CN
620	594640	1517896	532	CN	645	594688	1518000	534	CN	670	594602	1518146	528	CN	695	594625	1518255	536	CN
621	594646	1517846	536	CN	646	594660	1518016	530	CN	671	594589	1518152	529	CN	696	594623	1518266	536	CN
622	594650	1517806	542	CN	647	594637	1518032	527	CN	672	594574	1518159	530	CN	697	594657	1518267	537	CN
623	594660	1517789	546	CN	648	594623	1518040	526	CN	673	594561	1518169	531	CN	698	594697	1518242	537	CN
624	594684	1517796	547	CN	649	594612	1518055	525	CN	674	594565	1518178	531	CN	699	594727	1518227	534	CN
625	594702	1517837	545	CN	650	594603	1518072	525	CN	675	594609	1518175	530	CN	700	594786	1518207	531	CN

Tabla No. 23. Puntos de levantamiento topográfico 701 – 800.

P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D
701	594818	1518198	531	CN	726	594752	1518375	531	CN	751	594687	1518467	539	CN	776	594828	1518491	533	CN
702	594838	1518197	530	CN	727	594825	1518341	528	CN	752	594695	1518474	539	CN	777	594834	1518484	533	CN
703	594834	1518214	528	CN	728	594834	1518338	528	CN	753	594714	1518470	536	CN	778	594866	1518456	538	CN
704	594798	1518239	527	CN	729	594892	1518308	532	CN	754	594729	1518458	534	CN	779	594888	1518441	540	CN
705	594765	1518258	528	CN	730	594924	1518286	536	CN	755	594755	1518437	531	CN	780	594907	1518427	543	CN
706	594737	1518277	531	CN	731	594933	1518281	537	CN	756	594803	1518412	530	CN	781	594925	1518416	545	CN
707	594717	1518288	534	CN	732	594912	1518252	532	CN	757	594843	1518394	534	CN	782	594942	1518404	548	CN
708	594701	1518302	536	CN	733	594942	1518296	539	CN	758	594884	1518376	537	CN	783	594955	1518399	549	CN
709	594694	1518316	537	CN	734	594943	1518308	541	CN	759	594886	1518375	537	CN	784	594961	1518405	550	CN
710	594693	1518326	537	CN	735	594904	1518330	536	CN	760	594915	1518364	540	CN	785	594956	1518427	549	CN
711	594732	1518324	531	CN	736	594898	1518332	535	CN	761	594929	1518356	542	CN	786	594930	1518469	544	CN
712	594781	1518286	525	CN	737	594877	1518338	532	CN	762	594935	1518354	543	CN	787	594908	1518494	542	CN
713	594821	1518263	526	CN	738	594862	1518342	531	CN	763	594908	1518394	542	CN	788	594904	1518498	541	CN
714	594850	1518252	527	CN	739	594835	1518354	530	CN	764	594905	1518398	542	CN	789	594881	1518518	541	CN
715	594860	1518251	527	CN	740	594797	1518365	527	CN	765	594851	1518440	536	CN	790	594852	1518542	539	CN
716	594864	1518258	527	CN	741	594765	1518372	529	CN	766	594849	1518442	535	CN	791	594827	1518561	536	CN
717	594857	1518284	527	CN	742	594751	1518379	531	CN	767	594826	1518460	532	CN	792	594805	1518581	533	CN
718	594822	1518311	526	CN	743	594740	1518385	532	CN	768	594802	1518478	529	CN	793	594794	1518592	532	CN
719	594776	1518337	525	CN	744	594731	1518395	534	CN	769	594776	1518495	527	CN	794	594791	1518597	532	CN
720	594739	1518343	531	CN	745	594721	1518402	535	CN	770	594756	1518510	530	CN	795	594792	1518603	532	CN
721	594707	1518350	536	CN	746	594708	1518411	537	CN	771	594741	1518525	533	CN	796	594844	1518591	541	CN
722	594688	1518361	538	CN	747	594696	1518419	539	CN	772	594736	1518532	534	CN	797	594892	1518554	544	CN
723	594674	1518372	539	CN	748	594688	1518430	539	CN	773	594732	1518541	535	CN	798	594934	1518522	545	CN
724	594662	1518385	539	CN	749	594685	1518444	539	CN	774	594780	1518530	528	CN	799	594967	1518496	547	CN
725	594677	1518389	539	CN	750	594685	1518458	539	CN	775	594811	1518510	531	CN	800	594986	1518479	552	CN

Tabla No. 24. Puntos de levantamiento topográfico 801 – 900.

P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D
801	595000	1518467	556	CN	826	594942	1518581	549	CN	851	594869	1518708	547	CN	876	595002	1518684	555	CN
802	595004	1518462	557	CN	827	594969	1518560	550	CN	852	594868	1518714	547	CN	877	594995	1518689	554	CN
803	594980	1518444	552	CN	828	594994	1518543	552	CN	853	594872	1518715	547	CN	878	594987	1518697	554	CN
804	595015	1518466	559	CN	829	595011	1518529	555	CN	854	594913	1518699	551	CN	879	594974	1518709	553	CN
805	595019	1518474	560	CN	830	595019	1518520	557	CN	855	594940	1518676	553	CN	880	594962	1518721	551	CN
806	595017	1518483	559	CN	831	595032	1518507	561	CN	856	594976	1518647	553	CN	881	594952	1518728	550	CN
807	595015	1518486	558	CN	832	595047	1518495	566	CN	857	594998	1518632	553	CN	882	594942	1518739	548	CN
808	595007	1518496	556	CN	833	595060	1518488	567	CN	858	595016	1518616	552	CN	883	594936	1518750	547	CN
809	594995	1518509	553	CN	834	595064	1518488	566	CN	859	595038	1518592	552	CN	884	594934	1518759	545	CN
810	594978	1518525	550	CN	835	595071	1518496	566	CN	860	595057	1518574	555	CN	885	594932	1518767	545	CN
811	594961	1518538	548	CN	836	595072	1518511	564	CN	861	595073	1518558	558	CN	886	594934	1518772	544	CN
812	594930	1518561	547	CN	837	595047	1518535	560	CN	862	595084	1518546	560	CN	887	594962	1518766	546	CN
813	594897	1518581	547	CN	838	595024	1518550	556	CN	863	595096	1518535	561	CN	888	594994	1518743	551	CN
814	594894	1518584	547	CN	839	595011	1518564	553	CN	864	595109	1518526	561	CN	889	595024	1518716	553	CN
815	594870	1518597	546	CN	840	594989	1518589	551	CN	865	595120	1518527	561	CN	890	595027	1518714	554	CN
816	594855	1518608	544	CN	841	594969	1518609	552	CN	866	595127	1518541	560	CN	891	595071	1518679	555	CN
817	594843	1518618	542	CN	842	594951	1518624	552	CN	867	595127	1518557	559	CN	892	595100	1518648	556	CN
818	594833	1518628	541	CN	843	594936	1518636	551	CN	868	595119	1518575	558	CN	893	595103	1518645	556	CN
819	594830	1518634	540	CN	844	594924	1518647	551	CN	869	595097	1518596	555	CN	894	595138	1518621	558	CN
820	594827	1518648	540	CN	845	594912	1518656	551	CN	870	595095	1518598	555	CN	895	595163	1518617	560	CN
821	594825	1518664	541	CN	846	594900	1518666	551	CN	871	595072	1518616	554	CN	896	595170	1518617	560	CN
822	594858	1518653	546	CN	847	594891	1518675	551	CN	872	595059	1518629	553	CN	897	595174	1518632	561	CN
823	594876	1518640	548	CN	848	594882	1518683	550	CN	873	595040	1518646	553	CN	898	595166	1518656	560	CN
824	594896	1518624	549	CN	849	594876	1518691	550	CN	874	595024	1518659	554	CN	899	595136	1518682	558	CN
825	594916	1518605	549	CN	850	594870	1518700	548	CN	875	595011	1518672	554	CN	900	595111	1518703	556	CN

Tabla No. 25. Puntos de levantamiento topográfico 901 – 1000.

P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D
901	595085	1518723	555	CN	926	595027	1518836	552	CN	951	595083	1519010	557	CN	976	595223	1519132	559	CN
902	595083	1518726	555	CN	927	594956	1518869	546	CN	952	595124	1518996	557	CN	977	595186	1519147	559	CN
903	595063	1518745	555	CN	928	594917	1518887	545	CN	953	595167	1518987	558	CN	978	595114	1519152	560	CN
904	595042	1518761	554	CN	929	594886	1518900	543	CN	954	595179	1518986	559	CN	979	595063	1519152	562	CN
905	595023	1518769	552	CN	930	594870	1518911	543	CN	955	595217	1518983	561	CN	980	595020	1519158	561	CN
906	595005	1518778	550	CN	931	594870	1518917	543	CN	956	595247	1518983	563	CN	981	594997	1519160	559	CN
907	594988	1518786	548	CN	932	594942	1518920	549	CN	957	595256	1518992	563	CN	982	594981	1519179	558	CN
908	594977	1518790	547	CN	933	595018	1518893	552	CN	958	595260	1519010	561	CN	983	594992	1519198	558	CN
909	594950	1518800	545	CN	934	595100	1518868	553	CN	959	595220	1519039	556	CN	984	594998	1519198	558	CN
910	594942	1518803	544	CN	935	595158	1518860	554	CN	960	595132	1519047	556	CN	985	595082	1519193	561	CN
911	594933	1518822	544	CN	936	595204	1518856	555	CN	961	595058	1519063	559	CN	986	595139	1519184	559	CN
912	594939	1518832	545	CN	937	595244	1518855	556	CN	962	594977	1519082	559	CN	987	595214	1519170	560	CN
913	594975	1518828	547	CN	938	595271	1518860	558	CN	963	594938	1519095	556	CN	988	595230	1519167	561	CN
914	595007	1518808	550	CN	939	595274	1518875	559	CN	964	594925	1519107	554	CN	989	595272	1519161	563	CN
915	595042	1518787	554	CN	940	595246	1518905	560	CN	965	594930	1519124	554	CN	990	595317	1519152	564	CN
916	595076	1518771	555	CN	941	595145	1518929	556	CN	966	594982	1519129	559	CN	991	595351	1519150	563	CN
917	595118	1518756	555	CN	942	595078	1518938	556	CN	967	595045	1519117	562	CN	992	595338	1519186	566	CN
918	595150	1518744	556	CN	943	595073	1518938	556	CN	968	595100	1519091	558	CN	993	595268	1519216	565	CN
919	595179	1518737	557	CN	944	594953	1518966	554	CN	969	595160	1519073	556	CN	994	595263	1519219	565	CN
920	595206	1518731	558	CN	945	594910	1518978	549	CN	970	595165	1519072	555	CN	995	595192	1519239	562	CN
921	595215	1518746	556	CN	946	594882	1518995	547	CN	971	595235	1519058	555	CN	996	595104	1519257	561	CN
922	595214	1518770	552	CN	947	594876	1519007	547	CN	972	595276	1519058	558	CN	997	595050	1519260	561	CN
923	595192	1518791	552	CN	948	594886	1519030	549	CN	973	595307	1519067	560	CN	998	595008	1519263	560	CN
924	595146	1518807	554	CN	949	594954	1519042	559	CN	974	595312	1519083	561	CN	999	594967	1519263	558	CN
925	595089	1518813	554	CN	950	595031	1519033	559	CN	975	595277	1519110	560	CN	1000	594936	1519266	557	CN

Tabla No. 26. Puntos de levantamiento topográfico 1001 – 1100.

P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D
1001	594930	1519270	557	CN	1026	595119	1519414	563	CN	1051	595081	1519795	577	CN	1076	595419	1519465	572	CN
1002	594905	1519291	556	CN	1027	595157	1519408	565	CN	1052	595167	1519749	571	CN	1077	595440	1519509	576	CN
1003	594899	1519316	557	CN	1028	595178	1519408	567	CN	1053	595174	1519743	570	CN	1078	595451	1519594	574	CN
1004	594974	1519333	564	CN	1029	595189	1519429	569	CN	1054	595220	1519680	566	CN	1079	595456	1519691	574	CN
1005	595086	1519317	563	CN	1030	595165	1519464	565	CN	1055	595250	1519620	573	CN	1080	595457	1519761	583	CN
1006	595169	1519303	564	CN	1031	595110	1519504	564	CN	1056	595278	1519553	575	CN	1081	595462	1519801	589	CN
1007	595231	1519290	568	CN	1032	595103	1519510	564	CN	1057	595313	1519497	577	CN	1082	595476	1519821	592	CN
1008	595274	1519281	571	CN	1033	595023	1519570	567	CN	1058	595358	1519458	574	CN	1083	595505	1519833	597	CN
1009	595335	1519268	573	CN	1034	594961	1519605	570	CN	1059	595363	1519497	577	CN	1084	595512	1519750	583	CN
1010	595387	1519268	568	CN	1035	594950	1519612	570	CN	1060	595360	1519558	581	CN	1085	595512	1519740	582	CN
1011	595413	1519275	566	CN	1036	594958	1519642	573	CN	1061	595345	1519628	582	CN	1086	595504	1519674	572	CN
1012	595407	1519310	566	CN	1037	595014	1519678	577	CN	1062	595328	1519683	574	CN	1087	595499	1519586	568	CN
1013	595340	1519343	577	CN	1038	595057	1519663	575	CN	1063	595310	1519727	571	CN	1088	595504	1519520	570	CN
1014	595241	1519360	573	CN	1039	595085	1519606	568	CN	1064	595296	1519757	571	CN	1089	595522	1519504	573	CN
1015	595226	1519363	572	CN	1040	595118	1519555	565	CN	1065	595287	1519785	571	CN	1090	595564	1519562	571	CN
1016	595142	1519371	563	CN	1041	595192	1519497	566	CN	1066	595282	1519814	573	CN	1091	595575	1519649	570	CN
1017	595064	1519375	564	CN	1042	595245	1519467	571	CN	1067	595293	1519853	576	CN	1092	595572	1519710	576	CN
1018	595024	1519382	563	CN	1043	595270	1519464	573	CN	1068	595331	1519863	579	CN	1093	595569	1519747	582	CN
1019	594982	1519393	562	CN	1044	595269	1519501	572	CN	1069	595381	1519826	581	CN	1094	595570	1519778	587	CN
1020	594942	1519411	559	CN	1045	595221	1519562	568	CN	1070	595391	1519764	579	CN	1095	595577	1519799	590	CN
1021	594917	1519434	556	CN	1046	595183	1519607	567	CN	1071	595389	1519680	575	CN	1096	595595	1519806	592	CN
1022	594904	1519455	556	CN	1047	595151	1519659	568	CN	1072	595382	1519572	581	CN	1097	595670	1519770	592	CN
1023	594908	1519466	556	CN	1048	595117	1519717	573	CN	1073	595373	1519509	578	CN	1098	595676	1519704	586	CN
1024	594990	1519460	561	CN	1049	595093	1519757	576	CN	1074	595372	1519503	578	CN	1099	595651	1519649	577	CN
1025	595049	1519429	564	CN	1050	595083	1519787	577	CN	1075	595384	1519469	573	CN	1100	595628	1519604	571	CN

Tabla No. 27. Puntos de levantamiento topográfico 1101 – 1200.

P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D
1101	595615	1519547	577	CN	1126	595898	1519719	623	CN	1151	596140	1519571	615	CN	1176	596219	1519844	602	CN
1102	595612	1519499	583	CN	1127	595926	1519678	624	CN	1152	596114	1519617	616	CN	1177	596239	1519782	600	CN
1103	595635	1519472	591	CN	1128	595909	1519619	604	CN	1153	596091	1519679	624	CN	1178	596266	1519707	599	CN
1104	595677	1519486	597	CN	1129	595888	1519553	602	CN	1154	596076	1519749	621	CN	1179	596296	1519655	604	CN
1105	595703	1519574	584	CN	1130	595880	1519495	612	CN	1155	596072	1519813	610	CN	1180	596337	1519605	613	CN
1106	595713	1519658	582	CN	1131	595881	1519457	625	CN	1156	596125	1519744	608	CN	1181	596379	1519554	620	CN
1107	595716	1519697	586	CN	1132	595885	1519409	636	CN	1157	596152	1519655	610	CN	1182	596407	1519523	622	CN
1108	595721	1519747	593	CN	1133	595917	1519392	637	CN	1158	596174	1519576	611	CN	1183	596442	1519535	622	CN
1109	595736	1519786	601	CN	1134	595992	1519434	627	CN	1159	596178	1519563	611	CN	1184	596458	1519591	624	CN
1110	595751	1519800	607	CN	1135	596007	1519518	617	CN	1160	596197	1519520	613	CN	1185	596435	1519665	621	CN
1111	595768	1519770	602	CN	1136	596006	1519587	619	CN	1161	596231	1519486	609	CN	1186	596378	1519707	609	CN
1112	595778	1519750	599	CN	1137	596005	1519645	628	CN	1162	596269	1519455	611	CN	1187	596340	1519747	606	CN
1113	595783	1519715	593	CN	1138	595996	1519690	637	CN	1163	596313	1519445	616	CN	1188	596311	1519806	607	CN
1114	595779	1519658	585	CN	1139	595976	1519736	637	CN	1164	596342	1519466	618	CN	1189	596287	1519855	605	CN
1115	595762	1519583	586	CN	1140	595954	1519786	640	CN	1165	596342	1519468	618	CN	1190	596266	1519904	605	CN
1116	595753	1519534	595	CN	1141	595951	1519812	638	CN	1166	596342	1519513	617	CN	1191	596259	1519957	604	CN
1117	595752	1519483	606	CN	1142	595982	1519772	635	CN	1167	596312	1519558	612	CN	1192	596260	1519979	603	CN
1118	595779	1519452	616	CN	1143	596025	1519694	639	CN	1168	596277	1519600	607	CN	1193	596284	1519966	601	CN
1119	595818	1519468	616	CN	1144	596049	1519609	625	CN	1169	596236	1519642	601	CN	1194	596350	1519899	605	CN
1120	595836	1519542	598	CN	1145	596062	1519555	620	CN	1170	596207	1519708	599	CN	1195	596390	1519839	605	CN
1121	595843	1519607	589	CN	1146	596076	1519500	617	CN	1171	596193	1519777	599	CN	1196	596432	1519769	614	CN
1122	595850	1519671	602	CN	1147	596093	1519471	615	CN	1172	596186	1519827	598	CN	1197	596463	1519716	624	CN
1123	595855	1519719	611	CN	1148	596131	1519458	611	CN	1173	596173	1519880	596	CN	1198	596505	1519680	631	CN
1124	595859	1519735	614	CN	1149	596145	1519478	613	CN	1174	596169	1519911	597	CN	1199	596540	1519668	637	CN
1125	595846	1519735	611	CN	1150	596150	1519519	617	CN	1175	596189	1519885	599	CN	1200	596573	1519706	641	CN

Tabla No. 28. Puntos de levantamiento topográfico 1201 – 1300.

P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D
1201	596572	1519777	626	CN	1226	596624	1520148	598	CN	1251	596909	1520296	593	CN	1276	597200	1520297	594	CN
1202	596497	1519842	617	CN	1227	596685	1520114	594	CN	1252	596849	1520337	590	CN	1277	597247	1520261	594	CN
1203	596431	1519896	607	CN	1228	596746	1520084	595	CN	1253	596764	1520404	588	CN	1278	597300	1520251	594	CN
1204	596371	1519970	604	CN	1229	596796	1520062	602	CN	1254	596701	1520460	588	CN	1279	597314	1520270	594	CN
1205	596353	1520009	601	CN	1230	596824	1520058	607	CN	1255	596649	1520529	586	CN	1280	597288	1520363	594	CN
1206	596343	1520037	599	CN	1231	596843	1520053	610	CN	1256	596641	1520569	585	CN	1281	597194	1520438	603	CN
1207	596349	1520062	599	CN	1232	596866	1520075	611	CN	1257	596749	1520568	592	CN	1282	597144	1520500	605	CN
1208	596416	1520072	612	CN	1233	596824	1520141	598	CN	1258	596862	1520494	590	CN	1283	597141	1520548	607	CN
1209	596489	1520020	618	CN	1234	596657	1520196	592	CN	1259	596928	1520414	590	CN	1284	597152	1520581	605	CN
1210	596527	1519956	609	CN	1235	596543	1520244	599	CN	1260	596964	1520334	594	CN	1285	597224	1520560	612	CN
1211	596554	1519909	609	CN	1236	596499	1520301	592	CN	1261	597001	1520251	596	CN	1286	597278	1520512	607	CN
1212	596594	1519855	615	CN	1237	596501	1520340	585	CN	1262	597043	1520199	598	CN	1287	597333	1520464	603	CN
1213	596643	1519804	624	CN	1238	596506	1520373	584	CN	1263	597088	1520174	597	CN	1288	597387	1520430	601	CN
1214	596700	1519794	630	CN	1239	596524	1520397	584	CN	1264	597125	1520171	595	CN	1289	597416	1520418	605	CN
1215	596734	1519842	626	CN	1240	596542	1520415	585	CN	1265	597131	1520177	595	CN	1290	597428	1520421	607	CN
1216	596729	1519920	613	CN	1241	596617	1520355	586	CN	1266	597145	1520218	596	CN	1291	597416	1520465	608	CN
1217	596679	1519989	602	CN	1242	596774	1520277	588	CN	1267	597100	1520303	596	CN	1292	597346	1520521	606	CN
1218	596622	1520047	601	CN	1243	596857	1520251	593	CN	1268	597039	1520411	593	CN	1293	597265	1520576	608	CN
1219	596548	1520078	612	CN	1244	596870	1520245	593	CN	1269	596996	1520509	592	CN	1294	597258	1520580	608	CN
1220	596483	1520106	625	CN	1245	596888	1520198	597	CN	1270	596987	1520554	594	CN	1295	597224	1520603	608	CN
1221	596449	1520142	624	CN	1246	596897	1520140	605	CN	1271	596989	1520586	595	CN	1296	597213	1520621	606	CN
1222	596442	1520177	623	CN	1247	596954	1520096	619	CN	1272	597042	1520548	595	CN	1297	597214	1520633	605	CN
1223	596445	1520218	612	CN	1248	596993	1520137	608	CN	1273	597050	1520541	596	CN	1298	597234	1520652	604	CN
1224	596490	1520239	604	CN	1249	597001	1520173	601	CN	1274	597118	1520459	599	CN	1299	597286	1520657	605	CN
1225	596544	1520214	603	CN	1250	596980	1520226	598	CN	1275	597159	1520377	596	CN	1300	597333	1520640	609	CN

Tabla No. 29. Puntos de levantamiento topográfico 1301 – 1400.

P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D
1301	597359	1520624	610	CN	1326	596824	1520677	591	CN	1351	596104	1519849	596	CN	1376	594905	1519438	555	CN
1302	597391	1520606	611	CN	1327	596798	1520665	591	CN	1352	596062	1519829	609	CN	1377	594898	1519358	556	CN
1303	597434	1520581	618	CN	1328	596779	1520657	591	CN	1353	596016	1519809	624	CN	1378	594893	1519300	556	CN
1304	597458	1520573	623	CN	1329	596739	1520642	591	CN	1354	595975	1519801	635	CN	1379	594888	1519234	553	CN
1305	597475	1520572	627	CN	1330	596707	1520628	589	CN	1355	595991	1519841	623	CN	1380	594879	1519168	549	CN
1306	597484	1520579	627	CN	1331	596689	1520608	588	CN	1356	595912	1519815	633	CN	1381	594877	1519123	547	CN
1307	597489	1520604	627	CN	1332	596671	1520591	586	CN	1357	595887	1519815	630	CN	1382	594874	1519111	547	CN
1308	597464	1520641	625	CN	1333	596658	1520568	586	CN	1358	595755	1519818	613	CN	1383	594856	1519069	549	CN
1309	597438	1520668	622	CN	1334	596645	1520548	586	CN	1359	595679	1519843	609	CN	1384	594847	1518983	546	CN
1310	597419	1520684	621	CN	1335	596620	1520503	586	CN	1360	595645	1519868	614	CN	1385	594835	1518936	546	CN
1311	597402	1520691	619	CN	1336	596583	1520434	586	CN	1361	595565	1519890	612	CN	1386	594830	1518889	546	CN
1312	597381	1520728	619	CN	1337	596551	1520375	585	CN	1362	595476	1519893	599	CN	1387	594826	1518825	544	CN
1313	597341	1520751	612	CN	1338	596514	1520302	591	CN	1363	595416	1519895	589	CN	1388	594820	1518782	541	CN
1314	597268	1520757	604	CN	1339	596470	1520203	615	CN	1364	595352	1519896	583	CN	1389	594814	1518718	540	CN
1315	597225	1520756	604	CN	1340	596466	1520192	618	CN	1365	595293	1519897	579	CN	1390	594801	1518676	537	CN
1316	597155	1520762	605	CN	1341	596434	1520134	623	CN	1366	595212	1519897	577	CN	1391	594778	1518630	532	CN
1317	597128	1520762	605	CN	1342	596427	1520127	621	CN	1367	595148	1519867	579	CN	1392	594756	1518604	534	CN
1318	597077	1520763	602	CN	1343	596394	1520091	612	CN	1368	595114	1519832	577	CN	1393	594734	1518574	535	CN
1319	597032	1520764	599	CN	1344	596370	1520062	603	CN	1369	595081	1519797	577	CN	1394	594711	1518539	537	CN
1320	596997	1520762	596	CN	1345	596335	1520026	598	CN	1370	595042	1519764	578	CN	1395	594691	1518506	539	CN
1321	596962	1520751	593	CN	1346	596290	1519977	599	CN	1371	595009	1519722	578	CN	1396	594678	1518480	540	CN
1322	596929	1520731	591	CN	1347	596250	1519943	605	CN	1372	594959	1519647	574	CN	1397	594669	1518458	540	CN
1323	596908	1520716	589	CN	1348	596211	1519915	604	CN	1373	594935	1519590	566	CN	1398	594660	1518436	540	CN
1324	596892	1520710	590	CN	1349	596170	1519889	595	CN	1374	594931	1519586	565	CN	1399	594643	1518405	540	CN
1325	596854	1520692	591	CN	1350	596136	1519869	590	CN	1375	594923	1519542	560	CN	1400	594627	1518365	540	CN

Tabla No. 30. Puntos de levantamiento topográfico 1401 – 1500.

P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D	P	E	N	Z	D
1401	594616	1518331	539	CN	1426	594274	1517906	536	CN	1451	593649	1517811	515	CN	1476	594633	1517716	543	CN
1402	594610	1518307	538	CN	1427	594250	1517937	544	CN	1452	593676	1517787	515	CN	1477	594677	1517765	550	CN
1403	594600	1518263	536	CN	1428	594219	1517985	547	CN	1453	593741	1517772	512	CN	1478	594704	1517815	547	CN
1404	594592	1518233	533	CN	1429	594203	1518015	550	CN	1454	593785	1517767	511	CN	1479	594731	1517869	546	CN
1405	594577	1518192	531	CN	1430	594181	1518045	554	CN	1455	593840	1517770	512	CN	1480	594759	1517916	543	CN
1406	594559	1518149	530	CN	1431	594156	1518075	558	CN	1456	593878	1517786	513	CN	1481	594801	1517992	542	CN
1407	594552	1518112	530	CN	1432	594136	1518105	563	CN	1457	593906	1517802	514	CN	1482	594828	1518044	541	CN
1408	594555	1518077	530	CN	1433	594101	1518145	571	CN	1458	593929	1517818	514	CN	1483	594857	1518103	539	CN
1409	594559	1518038	530	CN	1434	594065	1518181	580	CN	1459	593957	1517842	512	CN	1484	594883	1518163	533	CN
1410	594559	1517997	529	CN	1435	594030	1518205	576	CN	1460	593990	1517859	512	CN	1485	594915	1518249	532	CN
1411	594559	1517955	527	CN	1436	593994	1518223	570	CN	1461	594007	1517864	512	CN	1486	594945	1518312	541	CN
1412	594545	1517914	527	CN	1437	593970	1518235	567	CN	1462	594021	1517851	511	CN	1487	594979	1518372	552	CN
1413	594536	1517895	527	CN	1438	593947	1518244	568	CN	1463	594042	1517822	513	CN	1488	595031	1518449	563	CN
1414	594526	1517885	526	CN	1439	593925	1518250	569	CN	1464	594080	1517790	514	CN	1489	595096	1518541	560	CN
1415	594501	1517871	526	CN	1440	593928	1518305	574	CN	1465	594109	1517770	513	CN	1490	595154	1518621	559	CN
1416	594469	1517862	527	CN	1441	593881	1518264	570	CN	1466	594146	1517744	511	CN	1491	595217	1518709	563	CN
1417	594434	1517859	528	CN	1442	593861	1518247	565	CN	1467	594186	1517727	511	CN	1492	595254	1518761	552	CN
1418	594414	1517859	529	CN	1443	593771	1518209	546	CN	1468	594225	1517708	512	CN	1493	595289	1518835	555	CN
1419	594400	1517859	529	CN	1444	593734	1518197	536	CN	1469	594260	1517682	512	CN	1494	595323	1518873	561	CN
1420	594383	1517859	529	CN	1445	593695	1518181	528	CN	1470	594318	1517660	513	CN	1495	595322	1518937	568	CN
1421	594364	1517859	529	CN	1446	593662	1518162	529	CN	1471	594368	1517649	512	CN	1496	595339	1519030	562	CN
1422	594343	1517864	529	CN	1447	593606	1518091	525	CN	1472	594417	1517647	512	CN	1497	595374	1519125	561	CN
1423	594326	1517869	530	CN	1448	593591	1518030	518	CN	1473	594481	1517647	512	CN	1498	595400	1519231	566	CN
1424	594310	1517879	531	CN	1449	593600	1517952	513	CN	1474	594526	1517658	516	CN	1499	595404	1519273	566	CN
1425	594292	1517890	533	CN	1450	593612	1517886	512	CN	1475	594584	1517683	532	CN	1500	595410	1519343	565	CN

Tabla No. 31. Puntos de levantamiento topográfico 1501 – 1500.

P	E	N	Z	D
1501	595410	1519377	565	CN
1502	595417	1519441	569	CN
1503	595436	1519490	575	CN
1504	595485	1519562	570	CN
1505	595546	1519592	568	CN
1506	595671	1519566	582	CN
1507	595761	1519508	601	CN
1508	595852	1519443	627	CN
1509	595949	1519421	637	CN
1510	596045	1519429	617	CN
1511	596162	1519451	608	CN
1512	596279	1519481	612	CN
1513	596300	1519490	614	CN
1514	596384	1519475	622	CN
1515	596481	1519508	619	CN
1516	596559	1519543	635	CN
1517	596627	1519596	647	CN
1518	596638	1519604	647	CN
1519	596705	1519709	646	CN
1520	596759	1519830	630	CN
1521	596799	1519923	624	CN
1522	596815	1519945	623	CN
1523	596864	1520033	617	CN
1524	596890	1520076	615	CN
1525	596927	1520075	622	CN
1526	596937	1520075	624	CN
1527	597106	1520107	602	CN
1528	597199	1520131	597	CN
1529	597241	1520140	598	CN
1530	597325	1520191	596	CN
1531	597417	1520292	597	CN
1532	597446	1520370	605	CN
1533	597458	1520439	613	CN
1534	597466	1520495	620	CN
1535	597488	1520580	627	CN
1536	597490	1520613	627	CN

Fuente: Alcaldía Municipal de El Jícaro

ANEXO D.

Tabla No. 75. Componentes de curvas horizontales.

DATOS DE CURVA CIRCULAR								
C	DELTA	R(m)	T(m)	L(m)	EXT(m)	PC	PI	PT
CURVA:1	59°26'52"	100	57.094	103.76	15.151	EST. 0+046.35	EST. 0+103.45	EST. 0+150.11
CURVA:2	109°06'00"	100	140.454	190.42	72.416	EST. 0+205.49	EST. 0+345.94	EST. 0+395.90
CURVA:3	23°57'38"	100	21.22	41.82	2.227	EST. 0+419.13	EST. 0+440.35	EST. 0+460.95
CURVA:4	24°38'23"	140	30.576	60.21	3.3	EST. 0+507.97	EST. 0+538.54	EST. 0+568.17
CURVA:5	69°23'26"	140	96.924	169.55	30.277	EST. 0+763.77	EST. 0+860.70	EST. 0+933.33
CURVA:6	52°03'15"	120	58.598	109.02	13.543	EST. 1+105.50	EST. 1+164.10	EST. 1+214.52
CURVA:7	19°56'44"	100	17.584	34.81	1.534	EST. 1+442.00	EST. 1+459.59	EST. 1+476.82
CURVA:8	43°11'05"	100	39.577	75.37	7.547	EST. 1+622.04	EST. 1+661.62	EST. 1+697.42
CURVA:9	12°46'21"	200	22.385	44.58	1.249	EST. 2+043.68	EST. 2+066.07	EST. 2+088.27
CURVA:10	46°38'13"	120	51.726	97.68	10.674	EST. 2+213.18	EST. 2+264.90	EST. 2+310.85
CURVA:11	49°42'46"	160	74.121	138.82	16.335	EST. 2+374.33	EST. 2+448.45	EST. 2+513.15
CURVA:12	33°02'34"	150	44.493	86.51	6.46	EST. 2+542.63	EST. 2+587.12	EST. 2+629.14
CURVA:13	26°07'30"	180	41.763	82.07	4.781	EST. 2+789.21	EST. 2+830.97	EST. 2+871.28
CURVA:14	40°28'05"	120	44.232	84.76	7.893	EST. 2+890.79	EST. 2+935.03	EST. 2+975.55
CURVA:15	50°27'42"	200	94.244	176.14	21.093	EST. 3+003.02	EST. 3+097.27	EST. 3+179.17
CURVA:16	31°06'27"	200	55.667	108.59	7.603	EST. 3+239.75	EST. 3+295.42	EST. 3+348.34
CURVA:17	22°14'31"	200	39.315	77.64	3.827	EST. 3+722.68	EST. 3+762.00	EST. 3+800.32
CURVA:18	51°09'48"	260	124.469	232.17	28.258	EST. 3+926.79	EST. 4+051.26	EST. 4+158.97
CURVA:19	29°07'43"	200	51.963	101.68	6.64	EST. 4+265.89	EST. 4+317.85	EST. 4+367.57
CURVA:20	9°51'34"	120	10.35	20.65	0.446	EST. 4+648.50	EST. 4+658.85	EST. 4+669.15
CURVA:21	38°58'11"	200	70.764	136.03	12.15	EST. 4+876.45	EST. 4+947.22	EST. 5+012.48
CURVA:22	50°16'42"	180	84.469	157.95	18.834	EST. 5+016.75	EST. 5+101.22	EST. 5+174.71
CURVA:23	34°44'25"	160	50.049	97.01	7.645	EST. 5+193.50	EST. 5+243.55	EST. 5+290.51
CURVA:24	21°47'34"	180	34.651	68.46	3.305	EST. 5+404.55	EST. 5+439.20	EST. 5+473.02
CURVA:25	61°06'57"	100	59.041	106.67	16.128	EST. 5+643.66	EST. 5+702.70	EST. 5+750.32
CURVA:26	48°57'36"	100	45.531	85.45	9.877	EST. 5+788.72	EST. 5+834.25	EST. 5+874.17

Fuente: Elaborado por sustentantes mediante software Civil 3D.

Tabla No.76. Distancia de visibilidad adecuada para adelantar.

Velocidad de Diseño KPH	Distancia de Visibilidad De Adelantamiento
30	200
40	270
50	345
60	410
70	485
80	540
90	615
100	670
110	730
120	775

Fuente: SIECA 2011, página 79.

Tabla No.77. Distancia de visibilidad de parada horizontal y con pendiente vertical.

VELOCIDAD (KPH)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	
PENDIENTE EN ASCENSO +1%	12	17	29	41	56	72	90	110	131	154	179	205
	11	17	29	42	57	73	91	111	133	156	181	208
	10	17	29	42	57	74	92	112	134	158	184	211
	9	18	29	43	58	75	93	114	136	160	186	214
	8	18	30	43	58	75	94	115	138	162	189	217
	7	18	30	43	58	76	95	117	139	164	191	220
	6	18	30	44	59	77	97	118	141	167	194	223
	5	18	30	44	60	78	98	119	143	169	197	227
	4	18	30	44	60	79	99	121	145	172	198	231
	3	19	31	45	61	80	100	123	148	174	203	234
	2	19	31	45	62	81	102	125	150	177	207	239
1	19	31	46	63	82	103	127	152	180	210	243	
CALCULADO HORIZONTAL	0	18.5	31.2	46.2	63.4	83.0	104.9	129.0	155.5	184.2	215.2	248.6
REDONDEADO HORIZONTAL	0	20	35	50	65	85	105	130	160	185	220	250
PENDIENTE EN DESCENSO -1%	1	20	32	47	64	85	106	131	158	187	218	252
	2	20	32	48	65	85	108	133	161	191	223	257
	3	20	32	50	66	87	110	136	164	194	227	263
	4	20	33	50	67	88	112	138	167	198	232	269
	5	20	33	50	68	90	114	141	171	203	238	275
	6	20	35	50	70	92	116	144	174	207	243	281
	7	20	35	51	71	93	119	147	178	212	249	289
	8	20	35	52	72	95	121	151	183	218	256	297
	9	20	35	53	74	97	124	154	187	223	262	304
	10	21	36	53	75	99	127	158	192	230	270	314
	11	21	36	54	77	102	131	163	198	236	279	323
	12	21	37	56	78	105	134	167	204	244	287	334

Fuente: SIECA 2011, página 77.

Tabla No. 7832. Distancia de visibilidad de decisión.

VELOCIDAD DE DISEÑO (KPH)	DISTANCIA DE DECISIÓN PARA EVITAR LA MANIOBRA (m)				
	A	B	C	D	E
50	70	155	145	170	195
60	95	195	170	205	235
70	115	235	200	235	275
80	140	280	230	270	315
90	170	325	270	315	360
100	200	370	315	355	400

Fuente: SIECA 2011, página 80.

Tabla No. 7933. Peralte de diseño.

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

Fuente: SIECA 2011, página 116.

Tabla No.80. Valores del Coeficiente de fricción lateral (f).

V (KM/H)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
F	0.35	0.28	0.23	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.09

Fuente: SIECA 2011, página 89.

Tabla No.81. Radios mínimos y grados máximos de curvas horizontales.

VELOCIDAD DE DISEÑO (KPH)	FACTOR DE FRICCIÓN MÁXIMA	Peralte Máximo = 4%		GRADO DE CURVATURA (Degree)	Peralte Máximo = 6%		GRADO DE CURVATURA (Degree)
		RADIO (m)			RADIO (m)		
		CALCULADO	RECOMENDADO		CALCULADO	RECOMENDADO	
20	0.35	8.1	8	143°14'	7.7	8	143°14'
30	0.28	22.1	22	52°05'	20.8	21	54°34'
40	0.23	46.7	47	24°23'	43.4	43	26°39'
50	0.19	85.6	86	13°19'	78.7	79	14°30'
60	0.17	135.0	135	08°29'	123.2	123	09°19'
70	0.15	203.1	203	05°39'	183.7	184	06°14'
80	0.14	280.0	280	04°06'	252.0	252	04°33'
90	0.13	375.2	375	03°03'	335.7	336	03°25'
100	0.12	492.1	492	02°20'	437.4	437	02°37'
110	0.11				560.4	560	02°03'
120	0.09				755.9	756	01°31'
VELOCIDAD DE DISEÑO (KPH)	FACTOR DE FRICCIÓN MÁXIMA	Peralte Máximo = 8%		GRADO DE CURVATURA (Degree)	Peralte Máximo = 10%		GRADO DE CURVATURA (Degree)
		RADIO (m)			RADIO (m)		
		CALCULADO	RECOMENDADO		CALCULADO	RECOMENDADO	
20	0.35	7.3	7	163°42'	7.0	7	163°42'
30	0.28	19.7	20	57°18'	18.6	19	60°19'
40	0.23	40.6	41	27°57'	38.2	38	30°09'
50	0.19	72.9	73	15°42'	67.9	68	16°51'
60	0.17	113.4	113	10°08'	105.0	105	10°55'
70	0.15	167.8	168	06°49'	154.3	154	07°26'
80	0.14	229.1	229	05°00'	210.0	210	05°27'
90	0.13	303.7	304	03°46'	277.3	277	04°08'
100	0.12	393.7	394	02°55'	357.9	358	03°12'
110	0.11	501.5	501	02°17'	453.7	454	02°31'
120	0.09	667.0	667	01°43'	596.8	597	01°55'

Fuente: SIECA 2011, página 89.

Tabla No. 8234. Peralte recomendado, longitud de transición y distancia de bombeo.

RADIO	20 KPH			1:125	RADIO	30 KPH			1:133	RADIO	40 KPH			1:143	RADIO	50 KPH			1:150	RADIO	60 KPH			1:167
	e%	Ls	Db			e%	Ls	Db			e%	Ls	Db			e%	Ls	Db			e%	Ls	Db	
187	B.N.				443	B.N.				784	B.N.				1090	B.N.				1490	B.N.			
196	2.0	11			322	2.0	17			571	2.0	22			791	2.0	26			1090	2.0	34		
122	2.2	11			288	2.2	17			512	2.2	22			711	2.2	26			976	2.2	34		
111	2.4	11			261	2.4	17			463	2.4	22			644	2.4	26			885	2.4	34		
101	2.6	12			237	2.6	17			421	2.6	22			587	2.6	26			808	2.6	34		
92	2.8	13			216	2.8	17			385	2.8	22			539	2.8	26			742	2.8	34		
84	3.0	14	14		199	3.0	17	17		354	3.0	22	22		496	3.0	26	26		684	3.0	34	34	
77	3.2	15	14		183	3.2	17	16		326	3.2	22	21		458	3.2	26	26		633	3.2	34	32	
73	3.4	15	13		166	3.4	17	15		302	3.4	22	19		425	3.4	26	25		589	3.4	34	30	
66	3.6	16	13		150	3.6	17	14		279	3.6	22	18		395	3.6	26	23		548	3.6	34	26	
61	3.8	17	13		141	3.8	18	14		259	3.8	22	17		368	3.8	26	22		512	3.8	34	27	
56	4.0	18	14		133	4.0	18	14		241	4.0	22	17		344	4.0	26	21		479	4.0	34	26	
52	4.2	19	14		123	4.2	19	14		224	4.2	22	16		321	4.2	26	20		449	4.2	34	24	
47	4.4	20	14		112	4.4	21	14		208	4.4	22	15		301	4.4	26	19		421	4.4	34	23	
42	4.6	21	14		104	4.6	22	14		192	4.6	24	16		281	4.6	26	18		395	4.6	34	22	
37	4.8	22	14		95	4.8	23	14		178	4.8	24	15		263	4.8	26	18		371	4.8	34	21	
34	5.0	22	13		85	5.0	24	14		163	5.0	26	16		246	5.0	28	17		349	5.0	34	20	
30	5.2	23	13		77	5.2	25	14		148	5.2	27	16		229	5.2	29	17		328	5.2	34	20	
27	5.4	24	13		69	5.4	26	14		136	5.4	28	16		213	5.4	30	17		307	5.4	34	19	
24	5.6	24	13		63	5.6	27	14		125	5.6	29	16		198	5.6	31	17		288	5.6	34	18	
22	5.8	23	12		56	5.8	28	14		115	5.8	30	16		185	5.8	32	17		270	5.8	35	18	
20	6.0	22	11		54	5.9	28	14		106	6.0	31	16		172	6.0	33	17		253	6.0	36	18	
19	6.2	21	10		53	6.0	29	15		98	6.2	32	15		161	6.2	34	16		238	6.2	37	18	
17	6.4	20	9		49	6.2	30	15		95	6.2	32	15		151	6.4	35	16		224	6.4	39	18	
16	6.6	20	9		45	6.4	31	15		91	6.4	33	15		143	6.5	36	17		213	6.6	40	18	
15	6.8	19	8		42	6.6	31	14		84	6.6	34	15		141	6.6	37	17		210	6.6	40	18	
14	7.0	18	8		36	6.8	30	13		78	6.8	35	15		132	6.8	38	17		198	6.8	41	18	
12	7.2	17	7		36	7.0	29	12		72	7.0	36	15		123	7.0	39	17		185	7.0	42	18	
11	7.4	16	6		33	7.2	28	12		66	7.2	37	15		115	7.2	40	17		174	7.2	43	18	
10	7.6	15	6		30	7.4	27	11		62	7.4	38	15		107	7.4	41	17		162	7.4	45	18	
9	7.8	15	6		26	7.6	26	10		57	7.6	39	15		99	7.6	42	17		150	7.6	46	18	
8	8.0	15	6		25	7.8	24	9		52	7.8	40	15		90	7.8	43	17		132	7.8	47	18	
7	8.0	13	5		20	8.0	22	8		41	8.0	41	15		73	8.0	44	17		113	8.0	48	18	

Fuente: SIECA 2011, página 97.

Tabla No.83. Distancia de visibilidad de parada, curva vertical en cresta.

Velocidad de Diseño KPH	Distancia de Visibilidad de Parada (m)	Tasa de Curvatura Vertical K_v	
		Calculada	Para Diseño
20	20	0.6	1
30	35	1.9	2
40	50	3.8	4
50	65	6.4	7
60	85	11.0	11
70	105	16.8	17
80	130	25.7	26
90	160	38.9	39
100	185	52.0	52
110	220	73.6	74
120	250	95.0	95

Fuente: SIECA 2011, página 125.

Tabla No.84. Distancia de visibilidad de rebase, curva vertical en cresta.

Velocidad de Diseño KPH	Distancia de Visibilidad de Adelantamiento (m)	Tasa de Curvatura Vertical, K
		Para Diseño
30	200	46
40	270	84
50	345	138
60	410	195
70	485	272
80	540	338
90	615	438
100	670	520
110	730	617
120	775	695

Fuente: SIECA 2011, página 125.

Tabla No.85. Distancia de visibilidad de parada, curva vertical en columpio.

Velocidad de Diseño KPH	Distancia de Visibilidad de Parada (m)	Tasa de Curvatura Vertical K	
		Calculada	Para Diseño
20	20	2.1	3
30	35	5.1	6
40	50	8.5	9
50	65	12.2	13
60	85	17.3	18
70	105	22.6	23
80	130	29.4	30
90	160	37.6	38
100	185	44.6	45
110	220	54.4	55
120	250	62.8	63

Fuente: SIECA 2011, página 127.