



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Construcción.

Monografía

“DISEÑO GEOMÉTRICO, ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO Y DRENAJE MENOR DE 700 METROS LINEALES DE CALLES, DEL BARRIO FRANCISCO RIVERA QUINTERO, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ESTELÍ, POR EL MÉTODO DE AASHTO-93, 2021”.

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Becker Jesús Úbeda Rugama.

Br. Edwin Joel Funes Soto.

Br. William Rodolfo Quintero Quintero.

Tutor

DR. Ing. Sergio Junior Navarro Hudiel

Managua, Noviembre 2022

CARTA DIRIGIDA A DECANO

INCLUIR CARTA DE APROBACIÓN

DEDICATORIA.

AGRADECIMIENTO.

RESUMEN EJECUTIVO.

El presente estudio tuvo como objetivo realizar el diseño geométrico, estructura de pavimento rígido y drenaje menor de 700 metros lineales de calles, del barrio Francisco Rivera Quintero, de la ciudad de Estelí, por el método de AASHTO-93.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES.

Este capítulo abordó las generalidades del proyecto su ubicación geográfica, una breve introducción, antecedentes y justificación sobre la importancia del diseño de en cumplimiento con sus objetivos específicos.

CAPÍTULO II: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.

Se presentó todo lo relacionado con la planimetría y altimetría del terreno, donde se identificaron las pendientes máximas y mínimas con sus respectivas estaciones, luego se elaboró un consolidado de las obras de drenajes existentes a lo largo del tramo en análisis, así como el levantamiento de los BMs, curvas y rectas importantes a lo largo del tramo, con la finalidad de tener una perspectiva clara de las condiciones del terreno para realizar los planos finales.

CAPÍTULO III: ESTUDIO DE TRÁNSITO.

Se realizó un conteo vehicular en la estación 0+020 donde se contó el 100% de los vehículos, luego se estimó TPDiS (Tráfico Promedio Diurno Semanal) el cual se calculó por medio de los datos recolectados en el conteo vehicular, realizado durante 7 días consecutivos 12 horas diurnas (6 am-6 pm), con el objetivo de estimar el TPDA (Tráfico Promedio Diurno Anual), para el cual se utilizaron factores de ajustes de la estación de corta duración (Estación ECD-142 Emp. - San Nicolás -Estelí). Los factores utilizados fueron: FD (Factor día) y FE (Factor expansión).

La metodología empleada fue la del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), utilizando el anuario de aforos de tráfico -2019, con la finalidad de estimar una tasa de crecimiento en base a la estación seleccionada.

También se utilizaron los registros históricos del PIB y POB para hacer pesar más el resultado final y posterior proyectar el tráfico actual, esto en un periodo de diseño, para finalmente estimar el número de repeticiones por eje equivalente (ESAL s) o W18.

CAPÍTULO IV: ESTUDIO GEOTÉCNICO.

Los estudios de laboratorio fueron ejecutados por el Laboratorio EDICO (Ingenieros Consultores), en colaboración con la alcaldía municipal de Estelí y sustentantes de esta monografía. Dichos sondeos permitieron la caracterización de las propiedades físicas y mecánicas del suelo existente y bancos de materiales cercanos al proyecto. Se realizaron 8 sondeos en la plataforma vial de trabajo a cada 100 metros, donde se tomaron 25 muestras del terreno natural. Los bancos de préstamos se evaluaron en base a las recomendaciones de la NIC-2019 (Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes), para determinar si pueden ser utilizados como material base granular o subbase.

Posterior se realizó el cálculo del CBR de la subrasante en base a las muestras tomadas utilizando los cortes y rellenos que genero Civil 3D.

CAPÍTULO V: DISEÑO GEOMÉTRICO VIAL.

El contenido de este capítulo expone resultados corresponden al establecimiento y/o definición de la Geometría Vial del Barrio Francisco Rivera Quintero (**700 metros lineales**), adoptando las Normas de Diseño del Proyecto mostradas en el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras Regionales (Normas SIECA, 3ra Edición 2011) y mediante el software Civil 3D-2022.

Se definieron los parámetros tal como; Radio Mínimo (R_{min}), distancia entre ejes (L), coeficiente de fricción longitudinal (f_{max}), Grado de curvatura máximo (D_c), pendiente transversal (%), distancia de visibilidad de parada (DVA) y rebase (DVP); en función de la velocidad de diseño (V_d).

CAPÍTULO VI: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO RIGIDO.

En este capítulo se presenta el diseño del pavimento rígido según la Guía AASHTO publicada en 1993. La determinación de los espesores de losa se llevó a cabo por medio de ábacos o nomogramas que indica su metodología utilizando los resultados de los capítulos de Tránsito (ESAL's) y Estudio Geotécnico (Modulo Resiliente) que permitieron determinar el espesor de losa y el espesor de la base o subbase. También se incorporó la modulación de la losa en tableros con pasa juntas como lo indica la AASHTO-93.

Posterior se realizó la comprobación de los resultados obtenidos manualmente utilizando el software WinPAS 10 (1.0.4), donde finalmente se determina el espesor de la losa de concreto hidráulico.

CAPÍTULO VII: ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO.

El desarrollo de este capítulo comprende un estudio hidrológico del Barrio Francisco Rivera Quintero de 700 metros lineales de calles y Avenidas, se identificaron **16 Microcuencas** y se separaron en dependencia del tipo de obra de drenajes existente. Según los cálculos hidráulicos que fueron realizados utilizando el programa **Hcanales 3.1**, todas las obras de drenaje propuestas se dimensionaron para tener la capacidad hidráulica para evacuar el caudal resultante para cada una de las Microcuencas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a los objetivos planteados se muestran las conclusiones obtenidas al desarrollar cada capítulo propuesto en este documento, de igual manera se reflejan las recomendaciones necesarias acorde a cada conclusión establecida.

ÍNDICE DE CONTENIDO.

pág.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1	Introducción.....	1
1.2	Antecedentes.	2
1.3	Justificación.....	3
1.4.	Objetivos.	4
1.4.1.	Objetivo General.	4
1.4.2.	Objetivos Específicos.....	4

CAPÍTULO II

ESTUDIO TOPOGRÁFICO

2.1.	Metodología.	5
2.2.	Levantamiento topográfico.	5
2.2.1.	Levantamiento con estación total.....	6
2.2.2.	Perfil longitudinal.....	6
2.2.3.	Intersecciones de calle (PI).....	9
2.2.4.	Planimetría.....	11
2.2.5.	Establecimiento de BMs.....	12
2.2.6.	Altimetría vial existente del tramo.	13
2.2.7.	Definición de la rasante.....	13
2.2.8.	Levantamiento de las obras de drenaje.	14
2.3.	Elaboración de planos.....	15

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE TRÁNSITO

3.1.	Generalidades.....	16
3.2.	Recopilación de datos.....	16
3.2.1.	Tipos de vehículos.	17
3.2.2.	Clasificación del tipo de vehículo por la disposición de sus ejes.....	18
3.3.	Procesamiento de información.....	18
3.4.	Análisis de la información obtenida.....	18

3.5. Estación de conteo vehicular.	18
3.6. Consolidado del conteo vehicular.	19
3.6.1. Cálculo del tránsito promedio diario (TPDiS).	20
3.6.2. Cálculo del TPDA.	22
3.6.3. Composición vehicular.	26
3.6.4. Evolución del producto interno bruto (PIB).	28
3.6.5. Evolución de los registros de población (POB).	29
3.6.6. Consolidado de las tasas de crecimiento.	30
3.7. Selección de la tasa de crecimiento.	31
3.8. Determinación del tránsito de diseño.	31
3.8.1. Período de Diseño (PD).	31
3.8.2. Factor de crecimiento (Fc).	32
3.8.3. Factor distribución por dirección (Fd).	33
3.8.4. Factor distribución por carril (fc).	33
3.8.5. El índice de serviciabilidad inicial (P_0).	34
3.8.6. El índice de serviciabilidad final (P_t).	34
3.8.7. Espesor de losa D (estimado).	34
3.8.8. Factor de equivalencia (FESAL).	35
3.8.9. Ejes equivalentes (ESAL o W18).	37

CAPÍTULO IV

ESTUDIO GEOTÉCNICO

4.1. Metodología.	39
4.2. Ensayos de suelos en la línea vial.	39
4.2.1. Características geotécnicas de los suelos en la línea vial.	40
4.2.2. Análisis de los resultados.	42
4.3. Resultados de ensayos a bancos de préstamo.	45
4.3.1. Consideraciones para elección del banco a utilizar.	47
4.4. Banco de préstamo N°1 propuesto para la capa base.	47
4.5. Banco de préstamo N°2 propuesto para la capa base.	48
4.6. Determinación del CBR de Diseño.	49
4.6.1. CBR de la subrasante.	50

CAPÍTULO V

DISEÑO GEOMÉTRICO

5.1. Metodología.	55
5.2. Establecimiento y definición de los parámetros geométricos.	55
5.2.1. Clasificación funcional.....	55
5.2.2. Vehículo de diseño.....	56
5.3. Justificación de criterios adoptados.	56
5.3.1. Velocidad de diseño (VD).	57
5.3.2. Superficie de rodamiento.	58
5.3.3. Número de carriles.....	58
5.3.4. Ancho de carril de rodamiento.	58
5.3.5. Ancho de hombros y aceras.....	58
5.3.6. Ancho de corona.	59
5.3.7. Pendiente transversal.	59
5.3.8. Pendiente transversal de la franja de hombro.....	59
5.3.9. Sección típica propuesta.....	59
5.4. Configuración inicial del software Civil-3D.	59
5.4.1. Importación de puntos.....	60
5.4.2. Generación de superficie.	61
5.5. Alineamiento horizontal con autodesk civil-3D.	62
5.5.1. Parámetros de diseño a considerar.	63
5.5.1.1. Coeficiente de fricción lateral (f).....	63
5.5.1.2. Sobreelevación máxima.....	63
5.5.1.3. Radio mínimo.....	64
5.5.1.4. Grado de curva.	64
5.5.2. Elementos de la Curva Horizontal.....	65
5.5.3. Comprobación de Peralte en Civil-3D.....	68
5.5.4. Sobre anchos en curvas.	69
5.6. Alineamiento vertical en Autodesk civil 3D.....	72
5.7. Diseño planimétrico del proyecto.	73
5.7.1. Distancia de Visibilidad.	76
5.8. Diseño altimétrico del proyecto.	77

CAPÍTULO VI

DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO

6.1. Generalidades.....	89
6.2. Variables por considerar en este método:.....	90
6.2.1. Ejes simples equivalentes de 82 kN (W80).....	90
6.2.2. Confiabilidad (R) y desviación normal estándar (Zr).	90
6.2.3. Desviación estándar.....	91
6.2.4. Serviciabilidad.	92
6.2.5. Consideraciones de drenaje en el diseño del pavimento.	94
6.2.6. Cálculo del CBR de diseño.	95
6.2.7. Módulo de resiliencia (Mr).....	95
6.2.8. Coeficiente de transmisión de carga (J).	96
6.2.9. Propiedades del concreto.	97
6.2.9.1. Módulo de elasticidad del concreto (Ec).	97
6.2.9.2. Módulo de ruptura (Mr).	98
6.2.10. Módulo de reacción de la subrasante (k) de diseño.....	99
6.2.11. Factor de pérdida de soporte (Ls).	100
6.2.12. Procedimiento para calcular el espesor de losa.....	101
6.3. Espesores finales de diseño.	104
6.4. Programa WinPAS 10 (Pavement Analysis Software).	105
6.5. Modulación de la losa de Concreto.	108
6.5.1. Diseño de Juntas.	109
6.5.2. Diseño de pasa juntas (transversales).	110

CAPÍTULO VII

Estudio Hidrológico y Diseño Hidráulico

7.1. Metodología.	113
7.1.1. Estudio hidrológico.....	113
7.1.1.1. Diseño del sistema de drenaje pluvial (método racional).	113
7.1.1.2. Microcuencas hidrológicas identificadas.	113
7.1.1.3. Período de Retorno (PR).	116
7.1.1.4. Pendiente (Sc).	116
7.1.1.5. Coeficiente de escorrentía (C).	117
7.1.1.6. Tiempo de concentración (Tc).	119

7.1.1.7. Intensidad Duración Frecuencia (IDF).	121
7.2. Diseño hidráulico de obras propuestas.	122
7.2.1. Coeficiente de rugosidad (n).	122
7.2.2. Dimensionamiento de cunetas.	122
7.2.3. Dimensionamiento de vados.	123
7.2.4. Dimensionamiento de alcantarilla.	124
7.2.4.1. Diseño final de alcantarilla.	124
CONCLUSIONES.	126
RECOMENDACIONES.	128
BIBLIOGRAFÍA.	130
ANEXOS	
GLOSARIO.	

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.

TABLAS.....	PÁG
Tabla 1: Coordenadas geográficas Tramo-1. _____	5
Tabla 2: Personal de cuadrilla topográfica. _____	6
Tabla 3: Punto de intersección (Calles-Avenidas). _____	9
Tabla 4: de Rectas identificadas a lo largo del tramo-1 _____	11
Tabla 5: de Rectas identificadas a lo largo del tramo-2. _____	11
Tabla 6: de Curvas identificadas a lo largo del tramo-2. _____	12
Tabla 7: Datos técnicos – BMs. _____	12
Tabla 8: Pendientes por estaciones (con proyecto). _____	14
Tabla 9: La sobreelevación o peralte según tipo de área. _____	14
Tabla 10: Obras de Drenaje. _____	14
Tabla 11: Tránsito Promedio Diurno Semanal (TPDiS)/Ambos Sentidos. _____	20
Tabla 12: vector geográfico de correspondencia. _____	22
Tabla 13: dependencia de estaciones (Condega – Shell Palacagüina). _____	23
Tabla 14: factores /1 ^{er} cuatrimestre del año (emc-1205) Emp. _____	24
Tabla 15: Calculo del TPDA, aplicando factores de ajuste (FD, FE) . _____	25
Tabla 16: Registros históricos del TPDA-142, PIB, y POB. _____	27
Tabla 17: Evolución del TPDA de Estación ECD 142 Emp. San Nicolas-Estelí. _____	28
Tabla 18: Tasas de Crecimiento Anual para PIB. _____	29
Tabla 19: Datos ECD-142 y Tasas de Crecimiento Anual para Población. _____	30
Tabla 20: Tasas de Crecimiento Calculadas (TPDA, PIB, POB). _____	30
Tabla 21: clasificación funcional de la vía. _____	32
Tabla 22: periodo de diseño (N). _____	32
Tabla 23: Factor de Distribución por Dirección (Fd). _____	33
Tabla 24: Factor de Distribución por Carril (Fc). _____	33
Tabla 25: Tránsito de Diseño. _____	34
Tabla 26: Factores de ejes kips a interpolar. _____	35
Tabla 27: Calculo de factores equivalente de carga para ejes simples. _____	36
Tabla 28: Calculo de factores equivalente de carga para ejes tándem. _____	36

Tabla 29: Cálculo ESAL´S por carril de diseño.	38
Tabla 30: Tipos de Ensayos para Estudio de Suelos.	39
Tabla 31: Sondeos del tramo en estudio (Est 0+000, 0+300), (SM-01, SM-04).	43
Tabla 32: Sondeos del tramo en estudio (Est 0+400, 0+660), (SM-05, SM-08).	44
Tabla 33: Bancos De Prestamos Identificados.	45
Tabla 34: Normativa para material Base Granular.	47
Tabla 35: Evaluación Banco N°1 para la capa base.	48
Tabla 36: Evaluación Banco N°2 para la capa Base.	48
Tabla 37: Bancos Diseño Seleccionados.	49
Tabla 38: Altura de corte y relleno de la subrasante.	51
Tabla 39: Ejemplo de toma de muestra en base a subrasante.	51
Tabla 40: Selección de CBR de diseño para la subrasante.	52
Tabla 41: Criterio del Instituto de asfalto para determinar CBR de Diseño.	52
Tabla 42: Clasificación del CBR.	53
Tabla 41: clasificación funcional de la vía.	55
Tabla 44: Dimensiones del vehículo de diseño.	56
Tabla 45: Velocidad Promedio de Ruedo.	57
Tabla 46: Anchos mínimos de aceras.	58
Tabla 47: Coeficiente de fricción lateral en función de la velocidad.	63
Tabla 48: Sobreelevación o peralte según tipo de área.	63
Tabla 49: Radios mínimos y grados de curvas en base a velocidad de diseño.	65
Tabla 50: Replanteo de curvas horizontales.	74
Tabla 51: Replanteo desde PC al PT.	75
Tabla 52: Coeficiente de fricción en función de la Velocidad.	77
Tabla 53: Distancia de parada en función de la Velocidad.	78
Tabla 54: Controles de Diseño de Curvas Verticales en Cresta.	81
Tabla 55: Cuerda máxima o corte de cadena a utilizar en el replanteo de CH	85
Tabla 56: Replanteo desde PCV al PTV.	86
Tabla 57: Parámetros de diseño adoptadas.	88
Tabla 58: Niveles de Confiabilidad R en Función del tipo de Carretera.	91
Tabla 59: Valores de Zr en función de la confiabilidad R.	91

Tabla 60: Desviación estándar dependiendo de las condiciones de servicio. __	92
Tabla 61: Escala serviciabilidad _____	92
Tabla 62: Factores de Serviciabilidad. _____	93
Tabla 63: Capacidad del drenaje para remover la humedad. _____	94
Tabla 64: Coeficiente de drenaje para pavimentos rígidos. _____	94
Tabla 56: Correlación entre CBR y módulo resiliente para subrasante y base. _____	95
Tabla 66: Valores de Coeficiente de transmisión de carga (J). _____	97
Tabla 67: Valores típicos de factores de pérdida de soporte. _____	100
Tabla 68: Espesores de diseño. _____	104
Tabla 69: Datos para utilizar en WinPAS versión 1.0.4. _____	105
Tabla 70: Dimensiones de tablero. _____	109
Tabla 71: Resumen de especificaciones para colocación de juntas. _____	110
Tabla 72: Recomendaciones de espaciamiento máx. para barras de amarre. _____	111
Tabla 73: Diámetro y longitudes recomendadas en pasa juntas. _____	111
Tabla 74: Características de microcuencas cunetas. _____	114
Tabla 75: Características de microcuencas vados. _____	115
Tabla 76: Características de microcuencas alcantarilla. _____	115
Tabla 77: Periodo de Retorno (PR) por tipo de Obra. _____	116
Tabla 78: Valores de Sc para cunetas. _____	117
Tabla 79: Valores de Sc para vados. _____	117
Tabla 80: Valores de Sc para alcantarillas. _____	117
Tabla 81: Coeficiente de escorrentía (C). _____	118
Tabla 82: Coeficiente de escorrentía por tipo de obra de drenaje (cunetas). _	118
Tabla 83: Coeficiente de escorrentía por tipo de obra de drenaje (vados). ____	119
Tabla 84: Coeficiente de escorrentía por tipo de obra de drenaje (alcant.). __	119
Tabla 85: Valores de Tc para cunetas. _____	120
Tabla 86: Valores de Tc para vados. _____	120
Tabla 87: Valores de Tc para alcantarillas. _____	120
Tabla 88: Valores a utilizar de A, d y b. _____	121
Tabla 89: Calculo de intensidades para cunetas. _____	121
Tabla 90: Calculo de intensidades para vados. _____	122

Tabla 91: Calculo de intensidades para alcantarilla. _____	122
Tabla 92: Coeficientes de rugosidad (n). _____	122
Tabla 93: Tirantes hidráulicos para alcantarillas. _____	124

TABLAS (ANEXOS).....PÁG.

Tabla 94: Datos Técnicos de Levantamiento (tramo 2). _____	VII
Tabla 95: Datos Técnicos de Levantamiento (tramo 2). _____	VIII
Tabla 96: Datos Técnicos de Levantamiento (tramo 2). _____	IX
Tabla 97: Datos Técnicos de Levantamiento (tramo 2). _____	X
Tabla 98: Datos Técnicos de Levantamiento (tramo 2). _____	XI
Tabla 99: Datos Técnicos de Levantamiento (tramo 2). _____	XII
Tabla 100: Datos Técnicos de Levantamiento (tramo 2). _____	XIII
Tabla 101: Datos Técnicos de Levantamiento (tramo 2). _____	XIV
Tabla 102: Datos Técnicos de Levantamiento (tramo 2). _____	XV
Tabla 103: Datos Técnicos de Levantamiento (tramo 2). _____	XVI
Tabla 104: Datos Técnicos de Levantamiento (tramo 2). _____	XVII
Tabla 105: códigos de levantamiento topográfico. _____	XVIII
Tabla 106: Formato para conteo de tránsito vehicular por 12 horas diurnas__	XX
Tabla 107: Conteo de Tránsito Vehicular Diurno semanal (lunes). _____	XXI
Tabla 108: Composición vehicular del lunes/ ambos sentidos Est: 0+020. __	XXII
Tabla 109: Conteo de tránsito vehicular diurno semanal (martes). _____	XXIII
Tabla 110: Volumen vehicular del martes/ ambos sentidos Est: 0+020. ____	XXIV
Tabla 111: Conteo de tránsito vehicular diurno semanal (miércoles). _____	XXV
Tabla 112: Volumen vehicular del miércoles/ ambos sentidos Est: 0+020. __	XXVI
Tabla 113: Conteo de tránsito vehicular diurno semanal (jueves). _____	XXVII
Tabla 114: Volumen vehicular del jueves/ ambos sentidos Est: 0+020. ____	XXVIII
Tabla 115: Conteo de tránsito vehicular diurno semanal (viernes). _____	XXIX
Tabla 116: Volumen vehicular del viernes/ ambos sentidos Est: 0+020. ____	XXX
Tabla 117: Conteo de tránsito vehicular diurno semanal (sábado). _____	XXXI
Tabla 118: Volumen vehicular del sábado/ ambos sentidos Est: 0+020. __	XXXII
Tabla 119: Conteo de tránsito vehicular diurno semanal (domingo). _____	XXXIII

Tabla 120: Volumen vehicular del domingo / ambos sentidos Est: 0+020. _	XXXIV
Tabla 121: Porcentajes del volumen vehicular tramo en estudio y ECD-142	XXXV
Tabla 122: Factores de ajustes para ECD-142 _____	XXXVI
Tabla 123: Indicadores macroeconómicos de PIB, POB. _____	XXXVII
Tabla 124: Tipología y descripción vehicular de conteos de tránsito. ____	XXXVIII
Tabla 125: Listado histórico TPDA ECD-142 _____	XXXIX
Tabla 126: Crecimiento económico de Nicaragua año-2019. _____	XL
Tabla 127: Diagrama de cargas permisibles (vehículos livianos y pasajeros).	XLI
Tabla 128: Diagrama de cargas permisibles (vehículos pesados). _____	XLI
Tabla 129: Factores equivalentes de cargas, ejes simples. _____	XLII
Tabla 130: Factores equivalentes de cargas, ejes tándem. _____	XLIII
Tabla 131: Interpolación lineal para los valores de ejes simples. _____	XLIV
Tabla 132: Interpolación lineal de eje simple. _____	XLIV
Tabla 133: Interpolación lineal de eje tándem. _____	XLIV
Tabla 134: Clasificación de suelos AASHTO m-145. _____	XLV
Tabla 135: Clasificación de suelos S.U.C.S. _____	XLVI
Tabla 136: Características físico-mecánicas de los bancos de préstamos __	XLIX
Tabla 137: Ensayos de granulometría limite líquido y limite plástico, banco N°1	LI
Tabla 138: Ensayo de desgastes los ángeles, banco de préstamo N°1 _____	LII
Tabla 139: Resultados de pruebas de CBR banco n°1, Alfonso Ruiz. _____	LIII
Tabla 140: Ensayos de granulometría limite líquido y limite plástico, banco n°2	LV
Tabla 141: Ensayo de desgastes los ángeles, banco de préstamo n°2 _____	LVI
Tabla 142: Resultados de pruebas de CBR Banco N°2, Eduardo Blanco. ____	LVII
Tabla 143: Muestras tomadas en base a la subrasante propuesta en planos.	LVIII
Tabla 144: Comprobación del CBR subrasante calculado. _____	LIX
Tabla 145: Distribución de peralte para cada uno de los radios presentados.	LXI
Tabla 146: Sobre anchos en curvas. _____	LXII
Tabla 147: Curvas horizontales trazadas. _____	LXIII
Tabla 148: Datos de curvas verticales proyectadas. _____	LXIV

IMÁGENES.....PÁG.

Imagen- 1: Importación de Puntos	7
Imagen- 2: Superficie (Terreno Natural).	7
Imagen- 3: Procedimiento de creación de alineamientos.	8
Imagen- 4: Procedimiento de creación de alineamientos.	8
Imagen- 5: Punto de intersección (Est. 0+040, tramo-1).	9
Imagen- 6: Punto de intersección (Est. 0+267, tramo-2).	10
Imagen- 7: Punto de intersección (Est. 0+409, tramo-2).	10
Imagen- 8: Ubicación del aforo vehicular.	19
Imagen- 9: Bancos de préstamos N°1, Alfonso Ruiz, y N°2, Eduardo Blanco.	46
Imagen- 10: Configuración de dibujo.	60
Imagen- 11: Archivos de importación.	60
Imagen- 12: Grupo de puntos importados (BM's).	61
Imagen- 13: Grupo de puntos eje central	61
Imagen- 14: Herramienta de dibujo de superficie.	62
Imagen- 15: Crear superficie y generar superficie.	62
Imagen- 16: Sentido de Peralte (CURVA No. 7).	68
Imagen- 17: Resultado de Peralte (CURVA No. 7).	69
Imagen- 18: Configuración de sobreanchos.	71
Imagen- 19: Configuración de criterios de diseño para sobreanchos.	71
Imagen- 20: Resultado de sobreancho (curva no. 12).	72
Imagen- 21: Alineamiento vertical CV-1 (Cresta).	86
Imagen- 22: Alineamiento vertical.	87
Imagen- 23: Transferencia de carga Longitudinal.	96
Imagen- 24: Tipo de Soporte Lateral Propuesto.	97
Imagen- 25: Estructura de pavimento rígido.	104
Imagen- 26: Interfaz del programa WinPAS 10.	105
Imagen- 27: Tipo de pavimento a diseñar.	106
Imagen- 28: Introducción de datos de diseño.	106
Imagen- 29: Espesor requerido (D) Según WinPAS.	107
Imagen- 30: Espesor requerido (D) Según WinPAS.	107

Imagen- 31: Relación entre largo y ancho de un tablero de losa. _____	109
Imagen- 32: Dimensionamientos de la pasa juntas transversal. _____	112
Imagen- 33: Dimensionamientos de la losa y sus elementos. _____	112
Imagen- 34: Drenaje lateral (bordillo integrado). _____	123
Imagen- 35: Badén típico urbano. _____	124
Imagen- 36: Detalle de alcantarilla sencilla vista en planta (sin escala). _____	125

IMÁGENES(ANEXOS).....PÁG.

Imagen- 37: Macro Localización Nicaragua (Departamento de Estelí). _____	I
Imagen- 38: Micro localización del tramo en estudio (Barrio Francisco Rivera __	II
Imagen- 39: Formato tabloide planta-perfil (Largo 432 mm x Ancho 279 mm). _____	XIX
Imagen- 40: Banco de préstamo n°1 Alfonso Ruiz. _____	L
Imagen- 41: Banco de préstamo N°2, Eduardo Blanco. _____	LIV
Imagen- 42: Vehículo de diseño (C3). _____	LIX
Imagen- 43: Sección transversal típica para el sector urbano. _____	LX
Imagen- 44: Subcuenca identificadas (cunetas). _____	LXV
Imagen- 45: Subcuenca identificadas (vados). _____	LXVI
Imagen- 46: Subcuenca identificadas (alcantarilla). _____	LXVII
Imagen- 47: Cuneta mc-01. _____	LXVIII
Imagen- 48: Cuneta mc -02. _____	LXVIII
Imagen- 49: Cuneta mc -03. _____	LXVIII
Imagen- 50: Cuneta mc -4. _____	LXIX
Imagen- 51: Cuneta mc -5. _____	LXIX
Imagen- 52: Cuneta mc -6. _____	LXIX
Imagen- 53: Cuneta mc -7. _____	LXX
Imagen- 54: Cuneta mc -8. _____	LXX
Imagen- 55: Cuneta mc -9. _____	LXX
Imagen- 56: Cuneta mc -10. _____	LXXI
Imagen- 57: Cuneta mc -11. _____	LXXI
Imagen- 58: Cuneta mc -12. _____	LXXI
Imagen- 59: Vados mc -13. _____	LXXII

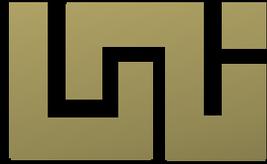
Imagen- 60: Alcantarilla mc -16. _____ LXXII

GRÁFICOS.....PÁG

Gráfico- 1: Comportamiento del Tránsito promedio Diurno semanal por día. __	21
Gráfico- 2: Composición del Tránsito Diurno semanal por vehículo. _____	21
Gráfico 3: Composición de Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA). _____	26
Gráfico 4: Estimación del CBR de Diseño. _____	54
Gráfico 5: Comportamiento del pavimento con el índice de serviciabilidad. ____	93
Gráfico 6: Ábaco para obtener el módulo de reacción compuesto _____	99
Gráfico 7: módulo de reacción (MK) por pérdida de soporte de la subrasante.	101
Gráfico 8: Ábaco de diseño para pavimentos rígidos. _____	102
Gráfico 9: Ábaco de diseño para pavimentos rígidos. _____	103

GRÁFICOS (ANEXOS).....PÁG

Gráfico 10: Composición vehicular del lunes/ ambos sentidos _____	XXII
Gráfico 11: Composición vehicular del martes / ambos sentidos _____	XXIV
Gráfico 12: Composición vehicular del miércoles/ambos sentidos _____	XXVI
Gráfico 13: Composición vehicular del jueves / ambos sentidos _____	XXVIII
Gráfico 14: Composición vehicular del viernes / ambos sentidos _____	XXX
Gráfico 15: Composición vehicular del sábado / ambos sentidos _____	XXXII
Gráfico 16: Composición vehicular del domingo / ambos sentidos _____	XXXIV
Gráfico 17: Estratigrafía (Est 0+00-0+300), sondeos (SM-01, SM-04). ____	XLVII
Gráfico 18: Estratigrafía (Est 0+400, 0+660), Sondeos (SM-05, SM-08). __	XLVIII



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Construcción

CAPÍTULO I

GENERALIDADES



1.1 Introducción.

Estelí departamento de Nicaragua está situado en la Región Las Segovias y está compuesto por seis municipios: Estelí, La Trinidad, Condega, San Nicolás, San Juan de Limay y Pueblo Nuevo. posee una población estimada de 228,766 habitantes. Su extensión territorial es de 795.67 km². **(Ver Anexos Imagen 37 pág. I)**. Sus vías poseen 31.44 Kilómetros de adoquín, 12.4 kilómetros de Asfalto, 126.0 kilómetros de revestimiento con Macadán (MTI, Red Vial, 2018).

El tramo en estudio comprendió la realización de una estructura de pavimento rígido y drenaje menor en el barrio Francisco Rivera Quintero ubicado en el distrito tres en el perímetro oeste del casco urbano de la ciudad de Estelí. El barrio cuenta con servicios de agua, luz, internet, sin embargo, las calles están revestidas con material macadán en mal estado, convirtiéndose en sitio de difícil acceso en periodo de verano e invierno producto de la erosión y falta de obras de drenajes que encausen el agua hacia drenajes naturales.

En los alrededores del barrio Francisco Rivera Quintero se encuentran fabricas procesadoras de tabaco como la Drew Estate Company, las cuales son fuente de empleo tanto para la población del barrio en estudio como otros barrios cercanos, actualmente el tramo a diseñar es la única entrada principal al barrio por ende es prioridad un diseño que cumpla con los parámetros necesarios de una estructura óptima para el tránsito vehicular y población en general, El tramo de calles está clasificado como una vía colectora menor urbana. **(Anexos Imagen 38 pág. II)**

Esta monografía abordó estudios técnicos necesarios como levantamientos de datos de campo, para los capítulos de tránsito, geotecnia, estudio hidrológico e hidráulico así como el diseño geométrico de la vía, posterior se procesó la información bajo la metodología de la AASHTO-93 y especificaciones generales de la Nic-2019, esta incorporó parámetros y ecuaciones para realizar un diseño confiable, dicho diseño se apegó a las especificaciones de la guía hidráulica para el diseño de obras de drenaje (PAST-DANIDA, 2008) y el Manual Centro Americano para el Diseño de Pavimento (SIECA, 2002) y (SIECA, 2011).

1.2 Antecedentes.

El barrio Francisco Rivera Quintero fue fundado en el año 2009, en el periodo de gobierno del Lic. Francisco Valenzuela alcalde de Estelí, los primeros proyectos de desarrollo en el barrio fueron: El suministro de agua potable el cual se realizó en el mes de febrero del año 2008, en coordinación con los pobladores de la zona y la empresa de acueductos y alcantarillado ENACAL la cual, comprendido la realización de trabajos de excavación en todas las calles, para instalar la red de tuberías de agua potable. Posterior en el año 2017 en el mes de abril se realizó el suministro de energía eléctrica por la empresa ENATREL en coordinación con la alcaldía municipal de Estelí. El proyecto consistió en la electrificación de 190 viviendas beneficiando a todos los habitantes del sector. (Alcaldía, 2021)

Según la líder comunitario C. Acuña (Comunicación personal, de enero de 2021) en los años noventa el barrio era una finca la que tenía por nombre La Joyas con una extensión equivalente a 6.65 hectáreas, en sus inicios solo existían seis (6) casas las cuales estaban distanciadas unas a otra, la propiedad pertenecía a una extranjera con nacionalidad alemana, poco después la propiedad fue adquirida por el Sr. Miguel Ángel Centeno la cual trabajó en agricultura y ganadería por un tiempo hasta que decidió lotificar toda su extensión para la venta de lotes a bajos costos.

Actualmente en el barrio existen un total de 300 viviendas las cuales poseen servicios básicos, así como calles transversales y longitudinales, en los límites del barrio colindan otros barrios como: Alicia Rivera, San José, las Malvinas La Unión, Leonel Rugama, 29 de octubre y La Chiriza.

El paso de los últimos huracanes Otto, Iota y Eta en los años 2020 y 2016 deterioraron la superficie de rodamiento producto del desbordamiento de quebradas adyacentes y de causas naturales existentes produciendo cortes y erosión a lo largo del tramo impidiendo la libre circulación a la población en general. El nivel de serviciabilidad actual de la vía es malo no posee drenaje funcional que permita evacuar las corrientes generadas en la época de invierno, a esto se le suma la falta de mantenimiento **(Ver anexos, Fotos 1-9, págs. III-VI).**

1.3 Justificación.

Tomando en cuenta los índices de deterioro, ligado a un problema de circulación de vehículos automotores y población en general se presenta la propuesta de un diseño de estructura de pavimento rígido con el fin de proporcionar a las autoridades competentes un diseño que cumpla satisfactoriamente con un tránsito previsto en un periodo de años y además soporte las cargas y fenómenos ambientales durante su vida útil.

El tramo en estudio se considera de gran importancia, ya que, comunica con otros barrios del casco urbano de la ciudad de Estelí, permitiendo a los pobladores moverse con facilidad hacia diferentes puntos, como universidades, bancos, escuelas secundarias, instituciones gubernamentales, fabricas procesadoras de tabaco, etc.

Al ejecutarse este proyecto se estará contribuyendo a crear las condiciones necesarias para garantizar una serviciabilidad adecuada a los diferentes usuarios y protagonistas del área de influencia, se mejorará el desarrollo económico de la población, además de un notable incrementando en la plusvalía de las viviendas, aumentando la calidad de vida de los habitantes. La población directa beneficiada será de 1500 habitantes, e indirectamente a 2300 de los Barrios aledaños.

Se realizó un estudio hidrológico e hidráulico del tramo en estudio que cumple con la demanda anual de precipitación, así como la acumulación de los diferentes caudales de cuencas cercanas al área de estudio, permitiendo proponer un dimensionamiento adecuado en cada obra de drenaje la cual permitirá mantener una pérdida de serviciabilidad baja en la carpeta de rodamiento rígido durante su periodo de diseño.

Este estudio ofrecerá a estudiantes un material de consulta que les permitirá obtener instrucciones de los procedimientos de análisis y criterios de diseño aplicados en el diseño de estructuras de pavimento rígido, así como la metodología utilizada para alcanzar el cumplimiento con cada objetivo propuesto.

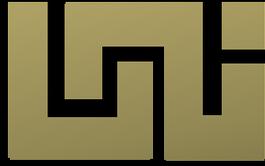
1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo General.

- “Diseñar geoméricamente la estructura de pavimento rígido y drenaje menor de 700 metros lineales de calles, del Barrio Francisco Rivera Quintero, ubicado en el municipio de Estelí, por el método de AASHTO-93, 2021”.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Realizar el levantamiento topográfico que permita la representación altiplanimétrica del mismo, utilizando el Software Civil 3D 2022, para la definición de la rasante optima de la vía.
- Calcular las cargas a la que estará sometida la estructura de pavimento durante su periodo de diseño, mediante un estudio de un aforo vehicular.
- Determinar las propiedades físico-mecánicas de la vía y los bancos de materiales existentes, a través de un estudio geotécnico, para su uso en la estructura de pavimento Rígido.
- Diseñar geoméricamente el tramo en estudio, aplicando las normas para elementos de Diseño Geométrico de Carreteras Regionales SIECA 2011 y 2004, empleando el Software Civil 3D 2022.
- Determinar los espesores de la estructura de pavimento rígido, aplicando el método de la AASHTO-93 y Software WinPAS 10 (1.0.4), para su comprobación.
- Realizar un estudio hidrológico y diseño hidráulico utilizando la guía de diseño de obras de drenaje menor (PAST-DANIDA 2008), para la evaluación y dimensionamiento de obras de drenaje menor.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Construcción

CAPÍTULO II

ESTUDIO TOPOGRÁFICO



2.1. Metodología.

El levantamiento topográfico fue realizado por los sustentantes en colaboración con la Alcaldía Municipal de Estelí (Área de Planificación Urbana), entre los alcances del proyecto tenemos el levantamiento de 0.7 Kilómetros de calles y Avenidas del barrio Francisco Rivera Quintero. El procedimiento utilizado fue el método de perfil longitudinal y secciones transversales considerando que es el más adecuado para proyectos de carreteras.

2.2. Levantamiento topográfico.

Se verificaron las condiciones predominantes en terreno y mediante visita de campo se desarrollaron los trabajos de diseño. El alineamiento horizontal dio comienzo en el estacionamiento 0+000 y finalizó en el estacionamiento 0+700 metros lineales.

Tabla 1: Coordenadas geográficas Tramo-1.

ESTACIÓN INICIAL (0+000)		
Coordenadas Geográficas	86°21.0'36.2"Oeste.	13°06.0'01.0" Norte
Coordenadas UTM	X= 568,215.28	Y= 1,447,137.84
Rumbo	S 89° 16' 38.02" O	
ESTACIÓN FINAL (0+700.00)		
Coordenadas Geográficas	86°21.0'37.5"Oeste.	13°06.0'22.9" Norte
Coordenadas UTM	X= 569,336.037	Y= 1,448,964.722
Rumbo	S 89° 16' 38.02" O	

Fuente: Elaborado por sustentantes.

El levantamiento fue realizado en un lapso de 2 días, obteniendo los datos necesarios para conocer las condiciones geométricas en la que se encuentra la vía, para su diseño y conocer las condiciones del terreno en estudio. EL grupo dentro de la brigada de topografía fue equipado con:

- ✓ El equipo utilizado fue una estación total modelo leica TS06 plus.
- ✓ Trípode.
- ✓ 2 bastones.
- ✓ Prismas: Constante de prisma = 30 mm.
- ✓ 1 cinta métrica de 5.00 metros.
- ✓ 1 spray de color Rojo para marcar.

Tabla 2: Personal de cuadrilla topográfica.

DESCRIPCIÓN / CARGO	CANTIDAD DE PERSONAL.
→ operador de aparato.	1
→ Anotador	1
→ Ayudantes de topografía	2

Fuente: Elaborado por sustentantes.

La ejecución del Proceso de Levantamiento de la información Topográfica conllevó el desarrollo de las diferentes fases de trabajo que generalmente están establecidas y comprendidas en los levantamientos topográficos de caminos y carreteras y que corresponden principalmente a las siguientes.

- ✓ Medición de poligonal de Línea Central (LC), el cual sirvió para trazar el perfil longitudinal, los puntos se muestran en Anexos **tablas 94-105, pág. VII-XVIII.**
- ✓ Levantamiento altiplanimétrico ó seccionamiento del camino.
- ✓ Levantamiento de las obras de drenaje existente.

2.2.1. Levantamiento con estación total.

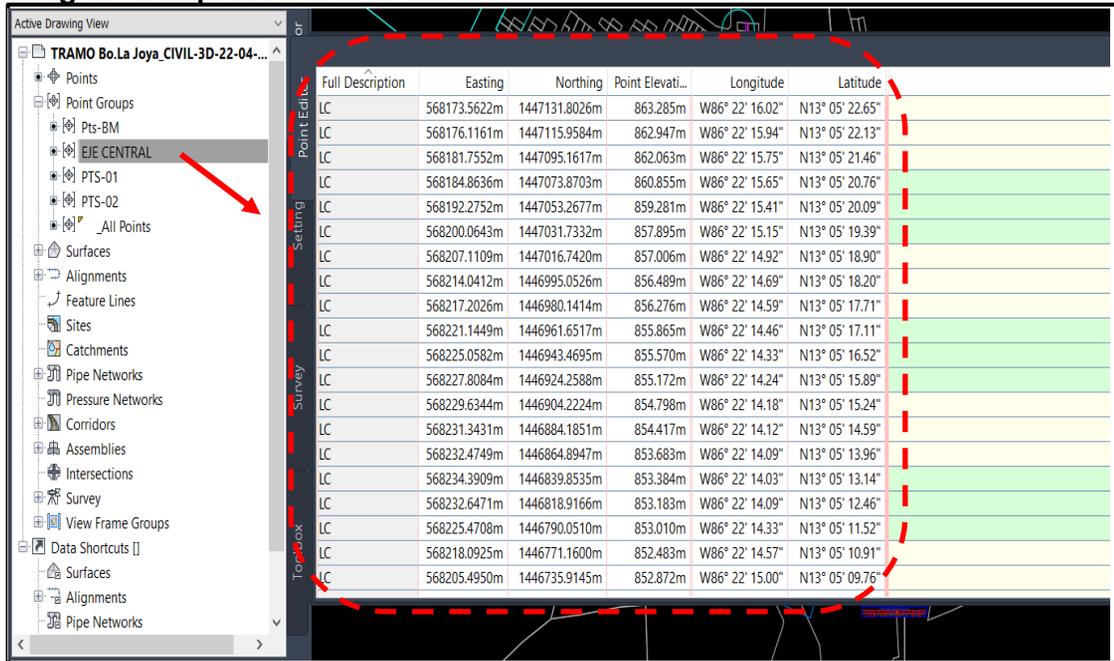
Se ejecutó utilizando equipo topográfico electrónico (modelo Leica TS06 Plus), con capacidad para archivar en memoria 8,000 puntos en conjunto con todos sus elementos; estuvo orientado específicamente al levantamiento físico del estado y situación de la franja de terreno del corredor del camino de cada uno de los sitios de interés donde se producen variaciones; dicha información se obtiene sin tener que realizar cálculo alguno.

2.2.2. Perfil longitudinal.

Se siguió la metodología de levantar puntos iniciando en el punto número (Estación 0+000), uno en el eje del camino tomando los datos en secciones transversales a una distancia de 20 metros entre una y otra incluyendo por radiaciones para la infraestructura existente.

PASO-1: importación de puntos topográficos al software civil 3D, usamos el formato “txt”, delimitado por espacios, para el trazo de la línea Central (LC), se utilizaron 43 puntos, como se muestra en la **Imagen-1.**

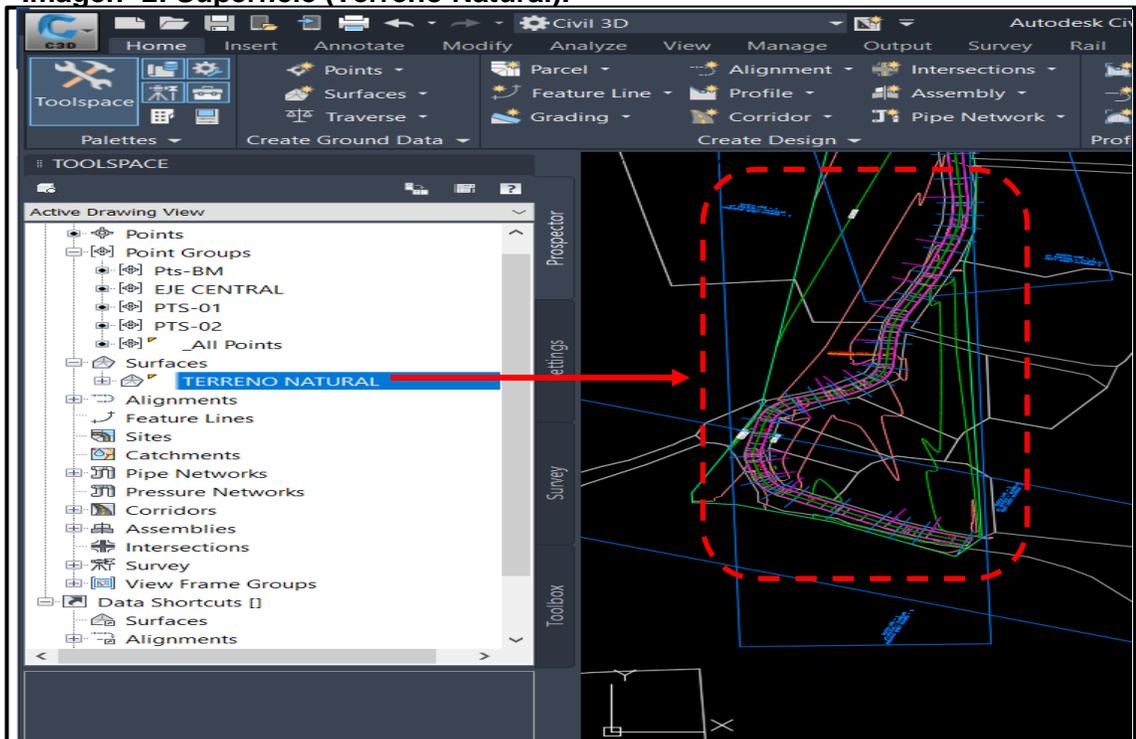
Imagen- 1: Importación de Puntos



Fuente: Sustentantes-Civil 3D-2022.

PASO-2: Se selecciono el icono "Superficies", se seleccionó "crear superficie", como se muestra en la **Imagen-2**.

Imagen- 2: Superficie (Terreno Natural).

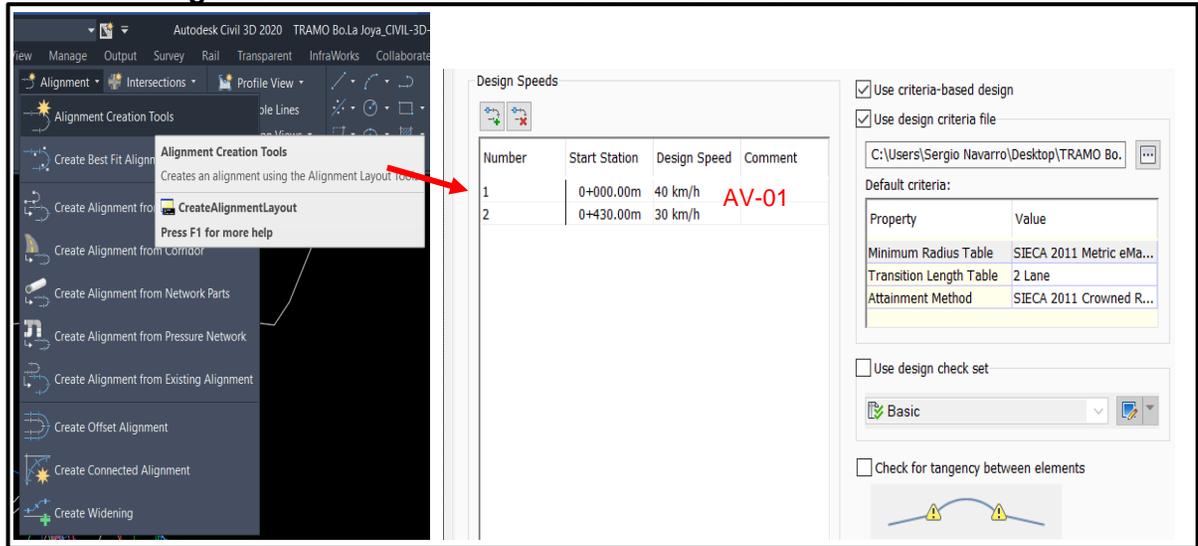


Fuente: Sustentantes-Civil 3D-2022.

PASO-3: Alineamiento horizontal y Perfil Longitudinal.

Utilizando la “opción de creación de Alineamiento” como se muestra en la Imagen-3:

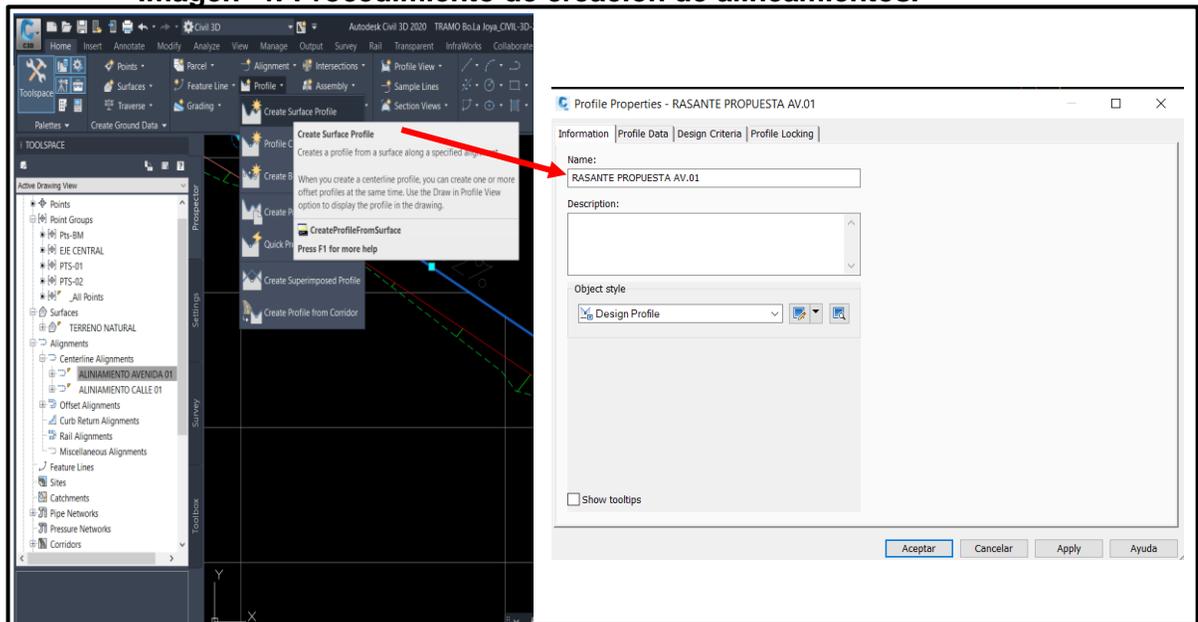
Imagen- 3: Procedimiento de creación de alineamientos.



Fuente: Sustentantes-Civil 3D-2022.

El Procedimiento de creación de perfil, se seleccionó la opción “Crear perfil de superficie” como se muestra en la imagen- 4.

Imagen- 4: Procedimiento de creación de alineamientos.



Fuente: Sustentantes-Civil 3D-2022.

En **Anexos**, se presentan los resultados del levantamiento topográfico para el Proyecto en análisis (**Tablas 94-105, pág. VII-XVIII**).

2.2.3. Intersecciones de calle (PI).

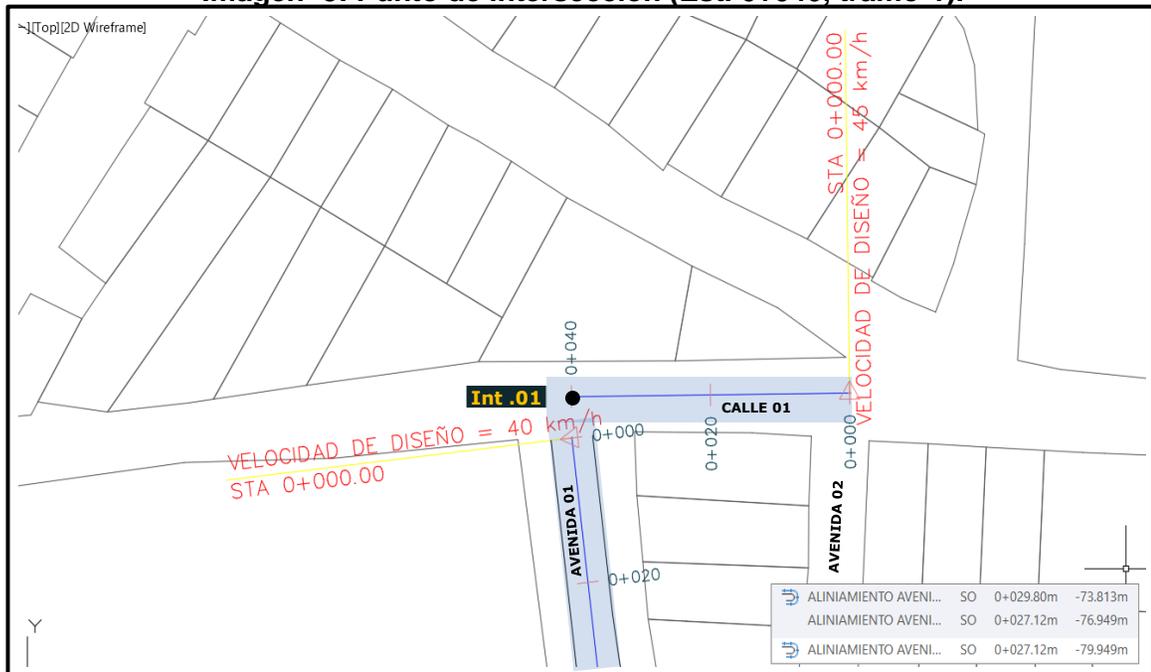
En la ciudad de Estelí el sistema de distribución de las Avenidas va en sentido Norte – Sur, distribuidas al Este y al Oeste de la Avenida central. Por su parte las calles están en sentido Este – Oeste y distribuidas al Norte y al Sur de la calle Transversal. En el levantamiento se determinaron 3 Punto de Intersección de calles y Avenidas.

Tabla 3: Punto de intersección (Calles-Avenidas).

NO. PI	DESCRIPCIÓN	ESTACIÓN	COORDENADAS UTM WGS84 (SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL)	
			OESTE	NORTE
Intersección-01	Calle 1 – Avenida 1	0+040.00	568,175.287	1,447,137.339
Intersección-02	Calle 2 – Avenida 1	0+267.00	568,232.963	1,446,872.280
Intersección-03	Calle 3 – Avenida 1	0+409.00	568,206.167	1,446,737.680

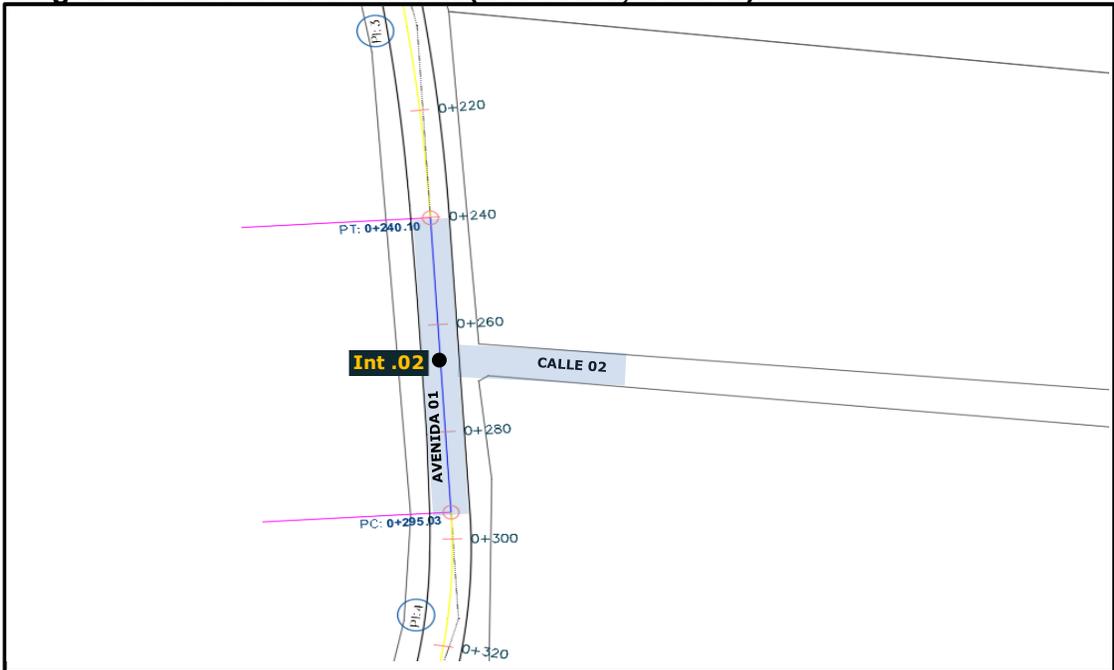
Fuente: Elaborado por sustentantes.

Imagen- 5: Punto de intersección (Est. 0+040, tramo-1).



Fuente: Sustentantes-Civil 3D-2022.

Imagen- 6: Punto de intersección (Est. 0+267, tramo-2).



Fuente: Sustentantes-Civil 3D-2022.

Imagen- 7: Punto de intersección (Est. 0+409, tramo-2).



Fuente: Sustentantes-Civil 3D-2022.

2.2.4. Planimetría.

El alineamiento horizontal está formado por curvas horizontales y Líneas Rectas, dividido en dos tramos (Calle-01 y Avenida 01).

En el tramo-01 (**Calle-01**), solamente está formado por una recta corta hasta el punto de intersección con la Avenida-01, obteniendo una longitud total de 40.00 metros.

Tabla 4: de Rectas identificadas a lo largo del tramo-1

ALINEAMIENTO HORIZONTAL CALLE 01						
Tramo #	Longitud	Rumbo	Coord. Est. Inicial	Coord. Est. Final	Est. Inicial	Est. Final
L1	40.00	S89° 16' 38.02"W	(568215.28,1447137.84)	(568175.29,1447137.34)	0+000.00	0+040.00

Fuente: Sustentantes-Civil 3D-2022.

En el tramo-02 (**Avenida-01**), presenta 12 tramos curvos complementados con 14 rectas, obteniendo una longitud total de 326.74 metros.

Tabla 5: de Rectas identificadas a lo largo del tramo-2.

ALINEAMIENTO HORIZONTAL AVENIDA 01						
Tramo #	Longitud	Rumbo	Coord. Est. Inicial	Coord. Est. Final	Est. Inicial	Est. Final
L2	39.37	S6° 39' 54.70"E	(568175.35,1447131.68)	(568179.92,1447092.57)	0+000.00	0+039.37
L3	32.11	S23° 00' 58.42"E	(568186.19,1447068.93)	(568198.74,1447039.38)	0+063.92	0+096.02
L4	10.52	S13° 39' 29.57"E	(568218.24,1446980.53)	(568220.73,1446970.31)	0+158.09	0+168.60
L5	54.93	S3° 24' 58.88"E	(568231.33,1446899.70)	(568234.60,1446844.86)	0+240.10	0+295.03
L6	20.14	S16° 14' 54.23"W	(568230.21,1446805.83)	(568224.58,1446786.50)	0+334.50	0+354.64
L7	23.50	S23° 06' 49.95"W	(568219.74,1446772.97)	(568210.51,1446751.35)	0+369.02	0+392.52
L8	19.32	S3° 38' 57.86"W	(568204.64,1446726.69)	(568203.41,1446707.41)	0+418.00	0+437.32
L9	9.82	S55° 38' 33.33"W	(568193.87,1446690.65)	(568185.77,1446685.11)	0+457.28	0+467.10
L10	13.24	S70° 00' 56.04"W	(568179.09,1446681.68)	(568166.65,1446677.15)	0+474.62	0+487.86
L11	23.42	S11° 49' 37.61"W	(568152.63,1446660.99)	(568147.83,1446638.07)	0+510.21	0+533.62
L12	11.60	S12° 54' 58.75"E	(568147.94,1446627.35)	(568150.53,1446616.05)	0+544.42	0+556.02
L13	50.31	S59° 14' 39.96"E	(568160.72,1446602.06)	(568203.95,1446576.33)	0+573.81	0+624.12
L14	18.46	S69° 40' 27.17"E	(568221.18,1446568.10)	(568238.49,1446561.69)	0+643.23	0+661.69

Fuente: Sustentantes-Civil 3D-2022.

Obteniendo una longitud total de **434.95** metros de tramos curvos (**Avenida-01**), con radios que van desde 25 metros hasta 200 metros, **ver tabla-6:**

Tabla 6: de Curvas identificadas a lo largo del tramo-2.

ALINEAMIENTO HORIZONTAL: TRAMOS CURVOS AVENIDA 01							
NUMERO DE PI	Rc	LC	Rumbo	Coord. PC	Coord. PT	Est. Inicial (PC)	Est. Final (PT)
PI: 1	86.00	24.54	S14° 50' 26.56"E	(568179.92,1447092.57)	(568186.19,1447068.93)	0+039.37	0+063.92
PI: 2	380.00	62.06	S18° 20' 13.99"E	(568198.74,1447039.38)	(568218.24,1446980.53)	0+096.02	0+158.09
PI: 3	400.00	71.50	S8° 32' 14.22"E	(568220.73,1446970.31)	(568231.33,1446899.70)	0+168.60	0+240.10
PI: 4	115.00	39.47	S6° 24' 57.67"W	(568234.60,1446844.86)	(568230.21,1446805.83)	0+295.03	0+334.50
PI: 5	120.00	14.38	S19° 40' 52.09"W	(568224.58,1446786.50)	(568219.74,1446772.97)	0+354.64	0+369.02
PI: 6	75.00	25.48	S13° 22' 53.90"W	(568210.51,1446751.35)	(568204.64,1446726.69)	0+392.52	0+418.00
PI: 7	22.00	19.96	S29° 38' 45.60"W	(568203.41,1446707.41)	(568193.87,1446690.65)	0+437.32	0+457.28
PI: 8	30.00	7.53	S62° 49' 44.69"W	(568185.77,1446685.11)	(568179.09,1446681.68)	0+467.10	0+474.62
PI: 9	22.00	22.34	S40° 55' 16.82"W	(568166.65,1446677.15)	(568152.63,1446660.99)	0+487.86	0+510.21
PI: 10	25.00	10.80	S0° 32' 40.57"E	(568147.83,1446638.07)	(568147.94,1446627.35)	0+533.62	0+544.42
PI: 11	22.00	17.79	S36° 04' 49.36"E	(568150.53,1446616.05)	(568160.72,1446602.06)	0+556.02	0+573.81
PI: 12	105.00	19.11	S64° 27' 33.57"E	(568203.95,1446576.33)	(568221.18,1446568.10)	0+624.12	0+643.23

Fuente: Sustentantes-Civil 3D-2022.

2.2.5. Establecimiento de BMs.

En la **Tabla No.7** se muestran todos los resultados obtenidos luego del postproceso de los datos recopilados durante la georreferenciación en el sistema de coordenadas geográfico WGS84 (sistema nacional vigente) y su proyección al sistema UTM.

Tabla 7: Datos técnicos – BMs.

Descripción	Este	Norte	Elevación	Longitud	Latitud
BM1	568218.1690	1447131.4800	863.950m	W86° 22' 14.54"	N13° 05' 22.64"
BM2	568171.6760	1447142.0690	863.500m	W86° 22' 16.08"	N13° 05' 22.98"
BM3	568211.3150	1446989.2690	856.350m	W86° 22' 14.78"	N13° 05' 18.01"
BM4	568238.6250	1446869.2340	853.980m	W86° 22' 13.88"	N13° 05' 14.10"
BM5	568230.9140	1446784.1190	852.880m	W86° 22' 14.15"	N13° 05' 11.33"
BM6	568198.2950	1446708.0210	853.100m	W86° 22' 15.24"	N13° 05' 08.85"
BM7	568158.3910	1446663.1710	854.600m	W86° 22' 16.57"	N13° 05' 07.40"
BM8	568144.3889	1446619.3919	853.980m	W86° 22' 17.03"	N13° 05' 05.97"
BM9	568243.6810	1446565.2150	852.800m	W86° 22' 13.74"	N13° 05' 04.20"

Fuente: Levantamiento por Sustentantes -Área de planificación Urbana de la Alcaldía de Estelí.

La referenciación grafica de cada uno de los 9 BMs (Bench Marck), se muestra en los Planos (**lámina 13/15**).

2.2.6. Altimetría vial existente del tramo.

El Tramo de Proyecto del **Barrio Francisco Rivera Quintero**, se encuentra enmarcado en una zona que se caracteriza por ser del tipo de terreno **plano-ondulado**, desde su inicio hasta el final del tramo. La cota más elevada se da en la **Avenida 1 Estación 0+000** siendo su cota de **863.18 metros**, el punto más bajo se localiza en la **Avenida 1** en el Estación **0+583** con la cota de **852.10 metros**.

2.2.7. Definición de la rasante.

La rasante puede definirse como la elevación con respecto a una superficie de referencia definida de todos los puntos del eje de la vía. Es la línea base que define todos los alineamientos verticales del trazado y su elección depende de muy variadas condicionales entre las cuales se destacan:

- Topografía del terreno.
- Puntos obligados en altura.
- Seguridad en la circulación vehicular.
- Visibilidad.
- Velocidad de diseño.
- Costos de construcción.
- Costos de operación.
- Características del alineamiento horizontal.
- Rendimiento de los vehículos pesados en las rampas.

Cuando se va a trazar la rasante sobre el perfil del terreno, se tiene que tomar en cuenta los siguientes factores de diseño:

1. pendiente gobernadora.
2. pendiente máxima permisible.
3. longitud critica.
4. pendiente mínima 0.5%, se utiliza este valor para facilitar el drenaje.

Tabla 8: Pendientes por estaciones (con proyecto).

No.	PVI Estación	Pendiente Entrada (%)	Pendiente Salida (%)
1	0+000.00m		-1.08%
2	0+034.94m	-1.08%	-6.62%
3	0+118.91m	-6.62%	-2.21%
4	0+288.02m	-2.21%	-0.50%
5	0+427.72m	-0.50%	2.72%
6	0+512.42m	2.72%	-3.63%
7	0+579.01m	-3.63%	0.50%
8	0+661.63m	0.50%	

Fuente: Sustentantes-Civil 3D-2022.

Destaca la pendiente que se observa en la parte inicial del tramo, entre el km 0+118.91 al Km 0+288.02, y con un porcentaje del -6.62% como la más alta. La pendiente más baja identificada es de 0.50%, entre el km 0+288.02 al Km 0+427.72.

Tabla 9: La sobreelevación o peralte según tipo de área.

Sobreelevación <i>em</i> áx (%)	Consideración por Área.
4.00	En áreas Urbanas

Fuente: Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA 2011, p. 83.

2.2.8. Levantamiento de las obras de drenaje.

Se realizó el levantamiento a cada uno de las Obras de Drenaje que están en el tramo en estudio. Destaca el hecho de la inexistencia de drenaje Longitudinal y transversal (Cunetas, vados y alcantarillas).

Tabla 10: Obras de Drenaje.

Obra de Drenaje	Condición.	** Microcuencas identificadas	Propuesta/Material
Cuneta	* N.E	12	Nueva / Concreto
Vados	N.E	3	Nueva / Concreto
Alcantarilla	N.E	1	Nueva / Concreto

* N.E= No existe a lo largo del tramo.
 **Las 16 Microcuencas identificadas se muestran en el Capítulo 7, pág.99-100.

Fuente: Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA 2011, p. 83.

2.3. Elaboración de planos.

La información del levantamiento topográfico fue utilizada para elaborar los planos finales de construcción en hojas planta - perfil los cuales muestran la línea central, límites de derecho de vía, datos de curva del cambio de línea, referencias de línea central, BM's y sus referencias, el perfil longitudinal y el anteproyecto de la rasante.

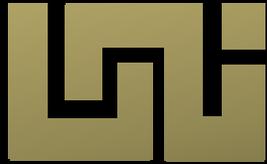
En el juego de planos constructivos se incluyen, además, hojas que contienen detalles constructivos de drenaje: cunetas, vados y canal rectangular. En los perfiles Longitudinales se indican las alturas del terreno, puntos de Intersección (PI), y rasante propuesta y pendientes variables a lo largo del eje del proyecto, utilizando el programa Civil 3D 2022. El formato de plano utilizado fue tabloide con un largo de 432 mm y un ancho de 279 mm. (Ver anexos imagen 39, pág. XIX)

Los planos planta-perfil fueron dibujados con la siguiente escala:

- Planta_____ 1:500 y 1:1000.
- Perfil_____ 1:1000.
- Secciones transversales_____ 1: 200.

Se elaboraron un total de 15 Laminas (Ver después de anexos), distribuidas de la siguiente manera:

Contenido	Págs.
-Portada_____	1.
-Planta- perfil_____	2-4.
-Perfil corte-relleno_____	5-6.
-Secciones transversales_____	7-12.
-Referenciación de BMs_____	13.
-Sección típica_____	14.
- Detalles típicos_____	15.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Construcción

CAPÍTULO III

ESTUDIO DE TRÁNSITO



3.1. Generalidades.

En este capítulo se realizó la proyección del tránsito actual de la vía, dependiendo de los resultados que exprese este estudio, se proyectaron los niveles de servicio, que deberá ofrecer el tramo en análisis, para su período de diseño, el tránsito posiblemente es la variable más importante para el diseño de una vía, pues si bien el volumen y dimensiones de los vehículos influyen en su diseño geométrico, el número y el peso de los ejes de estos son factores determinantes en el diseño de la estructura de pavimento para poder calcular los espesores de pavimento.

Para la elaboración de este capítulo se dividió en las siguientes etapas:

3.2. Recopilación de datos.

Se realizó por medio de conteo vehicular, que consiste en medir el volumen de tránsito durante un período de tiempo equivalente a 12 horas diurnas. La recolección de datos se realizó durante 7 días consecutivos, en las fechas del 04 hasta al 10 de enero del año 2021, entre las 06:00 horas y las 18:00 horas, a fin de evaluar las condiciones de tránsito normales, basándonos para esto en la Tipología y Descripción Vehicular que brinda la Revista Anuario de Tránsito del Ministerio de Transporte 2019. Para realizar el aforo, se utilizó el formato mostrado en el **Anexos, Tabla 106, pág. XX**

Los datos de Tránsito Promedio Diario Anual, (TPDA) así como los factores de ajuste estacional, el número promedio de ejes y otros parámetros, fueron obtenidos de los datos de campo y de los cálculos de gabinete, la estación de Conteo Vehicular fue ubicada en una zona con adecuada visibilidad y con amplitud en los hombros, logrando captar el cien por ciento de los vehículos en ambos sentidos de la vía. Los resultados del Conteo y Clasificación por (12.0 horas), del tramo en estudio se muestran en el siguiente anexo. (**Ver Anexos, Tablas 107-119, págs. XXI-XXXIII**).

3.2.1. Tipos de vehículos.

Para el levantamiento de la información de campo fue necesario tener en cuenta las características de los vehículos, en nuestro país actualmente hay una gran variedad de vehículos, en total el MTI presenta una clasificación vehicular compuesta por 17 tipos de vehículos, por lo que es conveniente agruparlos en cuatro categorías. *(Ver Anexos, Tabla 124, pág. XXXVIII)*

3.2.1.1. Motocicletas.

Se incluyen todas las categorías de dos, tres y cuatro ruedas de vehículos motorizados, en esta categoría incluyen scooter, motonetas, motonetas y otros triciclos a motor.

3.2.1.2. Vehículos livianos.

Son los vehículos automotores de cuatro ruedas que incluyen, los Automóviles, Camionetas, Pick – Ups y Jeep.

3.2.1.3. Vehículos pesados de pasajeros.

Son los vehículos destinados al Transporte Público de Pasajeros de cuatro, seis y más ruedas, que incluyen los Microbuses Pequeños (hasta 15 Pasajeros) y Microbuses Medianos (hasta 25 pasajeros) y los Buses medianos y grandes.

3.2.1.4. Vehículos pesados de carga.

Son vehículos destinados al transporte pesado de cargas mayores o iguales a tres toneladas tienen seis o más ruedas en dos, tres, cuatro, cinco y más ejes, estos vehículos incluyen, los camiones de dos ejes (C2) mayores o iguales de tres Toneladas, los camiones de tres ejes (C3), los camiones combinados con remolque del tipo (C2R2), los vehículos articulados de cinco y seis ejes de los tipos (T3S2) y (T3S3) y otros tipos de vehículos especiales, presenta la Tipología y Descripción Vehicular.

3.2.2. Clasificación del tipo de vehículo por la disposición de sus ejes.

La diversidad de vehículos que circulan sobre un pavimento durante su periodo de diseño trae como consecuencia un amplio espectro de ejes de cargas, con diferentes distancias entre ejes, lo que origina una amplia gama de esfuerzos y deformaciones aplicados a un determinado punto de la estructura. Se ha clasificado el tipo de vehículos de acuerdo con el número y disposición de sus ejes de la forma que se muestra en el Diagrama de Cargas Permisibles. **(Ver Anexos, Tablas 127-128, pág. XLI)**

3.3. Procesamiento de información.

Es la etapa de trabajo de gabinete en la cual se procesó toda la información obtenida de los conteos de aforo vehicular mediante el Software Microsoft Excel, esto con la finalidad de simplificar los procedimientos de cálculo, basándonos para esto en la Revista Anuario de Tránsito del Ministerio de Transporte 2019.

3.4. Análisis de la información obtenida.

En esta etapa se usó los criterios del Anuario de Aforos de Tráfico año 2019 y el libro de Ingeniería de Tránsito fundamentos y aplicaciones del Ing. Rafael Cal y Mayor año 2017, para comprender de una mejor manera los resultados obtenidos.

3.5. Estación de conteo vehicular.

El conteo vehicular se realizó en la estación: **0+020** en una intersección donde convergen los vehículos y no en la estación **0+000**, ya que, habría pérdida de conteo vehicular. Las coordenadas geográficas son: norte **13°05'22.6"** Norte, **86°22'16.1"** Oeste, el conteo tuvo por finalidad determinar los volúmenes del tránsito vehicular que circula en la vía, así como su composición y clasificación. El volumen de tráfico y su comportamiento son los que definen los alcances y las demandas de un proyecto vial, por lo cual la estación de conteo se ubicó en un lugar estratégico, que permitiera captar el 100% de los vehículos en ambos sentidos de la vía.

El único camino hacia el barrio es la vía en análisis, destacándose como único acceso hacia diferentes barrios aledaños, por lo cual, la estación de conteo se ubicó en la estación ya antes mencionada. A continuación, se presenta su ubicación.

Imagen- 8: Ubicación del aforo vehicular.



Fuente: Google Earth.

En la **Est: 0+020** se realizó el aforo vehicular de 7 días de duración, la actividad inicio a partir del lunes 04 de enero y concluyo el domingo 10 de enero del año 2021, realizando un conteo y clasificación vehicular de 12.0 horas diurnas durante una semana en ambos sentidos de la vía.

3.6. Consolidado del conteo vehicular.

De la información obtenida en los conteos, se determinó el volumen de tránsito vehicular diurno a partir de los datos levantados en campo. En la **Tabla 11, pág. 20** se presentan los conteos del tránsito, según su composición y clasificación vehicular para cada día; así como el promedio del período de evaluación en consolidado para ambos sentidos del tramo en estudio.

3.6.1. Cálculo del tránsito promedio diario (TPDiS).

Para obtener resultados adecuados, se contó y clasificó el cien por ciento de los vehículos que circularon en ambas direcciones de la estación de conteo vehicular (0+020).

Para obtener el Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDiS) fue necesario aplicar la **ecuación 1**:

$$TPDiS = \frac{\text{Total Diurno}}{7 \text{ dias}} \quad [\text{Ec. 1}]$$

Tabla 11: Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDiS)/Ambos Sentidos.

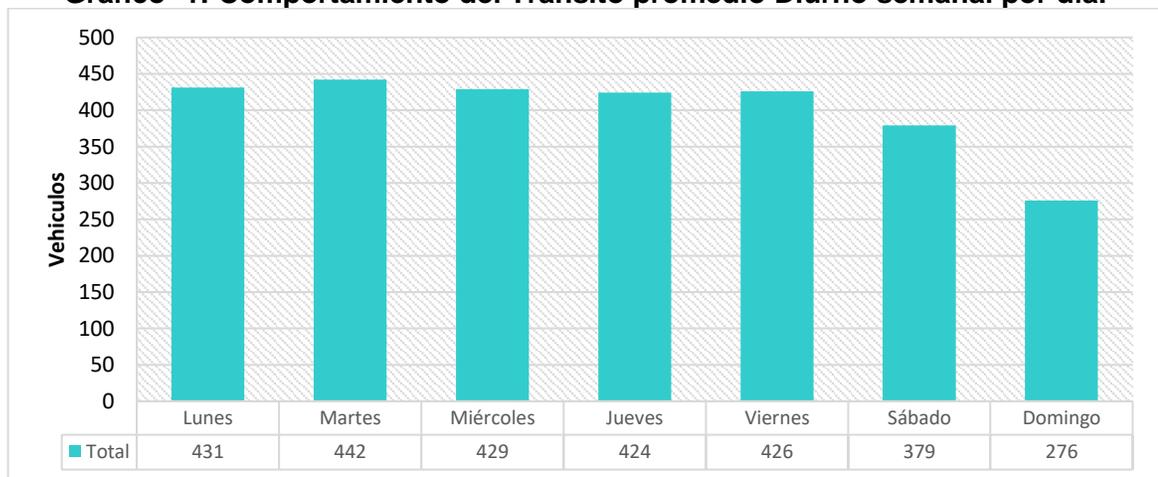
ESTACIÓN: Est: (0+020) Barrio Francisco Rivera Quintero											
Días	Vehículos de Pasajeros					Vehículos de Carga					TOTAL
	Motos	Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb > 15 P	Bus	Liv C2	C2	C3	
Lunes	171	70	16	59	16	4	48	23	17	7	431
Martes	174	66	21	65	14	5	48	30	13	6	442
Miércoles	181	52	15	61	12	4	48	35	16	5	429
Jueves	162	58	19	72	8	5	48	23	20	9	424
Viernes	149	71	18	77	9	5	48	29	13	7	426
Sábado	132	68	11	80	5	2	48	18	10	5	379
Domingo	125	43	7	80	2	1	0	11	6	1	276
Total	1094	428	107	494	66	26	288	169	95	40	2807
TPDiS (Vehículos/12 hrs)	156.0	61.0	15.0	71.0	9.0	4.0	41.0	24.0	14.0	6.0	401.00
% de vehículos	38.90%	15.21%	3.74%	17.71%	2.24%	1.00%	10.22%	5.99%	3.49%	1.50%	100%
Composición	75.56%					24.44%					100%

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Al finalizar el conteo de 7 días consecutivos durante 12 horas diurnas en la Est **0+020 (cerca del inicio del tramo)** y posterior realizar el consolidado en Microsoft Excel se tiene una perspectiva clara de cómo se comporta el tránsito a lo largo de los días en el tramo de estudio, para luego calcular el Tránsito Promedio Diurno Semanal (TPDiS) en base a la **ecuación 1**, obteniendo un valor de total de **401.0** vehículos por 12 horas diurnas.

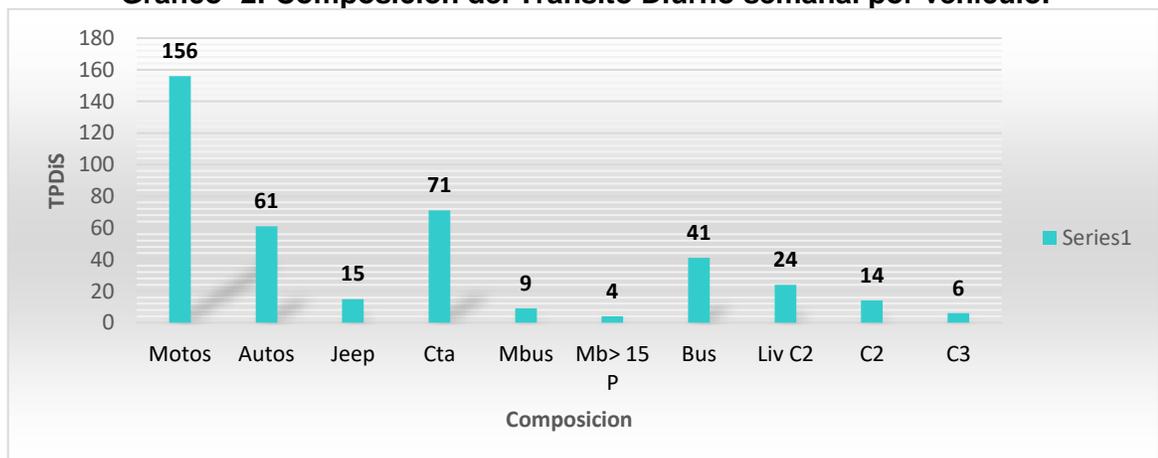
Posterior se procedió a realizar un gráfico con los datos obtenidos donde se refleja el comportamiento del tránsito diurno semanal (TPDiS), de igual manera otro Gráfico donde se muestra su composición en periodo de 12 horas diurnas. **(Ver gráfico a continuación).**

Gráfico- 1: Comportamiento del Tránsito promedio Diurno semanal por día.



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Gráfico- 2: Composición del Tránsito Diurno semanal por vehículo.



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

En el **Gráfico -1 pág. 21** se muestra el comportamiento del tránsito vehicular diurno semanal, donde se aprecia que los días con mayor demanda vehicular es el martes seguido del lunes y en menor demanda el domingo.

En el **Gráfico-2 pág. 21** se aprecia claramente, el comportamiento de la composición vehicular predominando los Vehículos Livianos (motos, autos, camionetas, jeep) seguido de los vehículos pesados (Liv C2, C2, C3), y en menor cantidad los vehículos de pasajeros (bus, micro bus>15p).

3.6.2. Cálculo del TPDA.

Para obtener el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) fue necesario usar factores de ajustes diarios y de expansión, obtenidos del Anuario de Aforos de Tráfico del MTI año 2019, publicado por el Ministerio de Transporte e Infraestructura–DAV. Para expandir (TPDiS_{12 hrs} a TPDA), se consideró utilizar una estación de conteo adecuada que cumpla con características similares al tramo de estudio. para ello se hizo uso de los vectores de correspondencia (vector geográfico, volumen de tránsito vehicular (TPDA) y el porcentaje de tránsito vehicular).

Según el anuario tráfico-2019 del MTI el vector geográfico para el tramo de estudio departamento de Estelí, corresponde a la región central norte entre ellos encontramos los departamentos (Nueva Segovia, Madriz, Estelí, Jinotega). Ver Tabla a continuación.

Tabla 12: vector geográfico de correspondencia.

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 Tráfico 2019. MTI, pág. 15 pdf

Se seleccionó la estación de corta duración **ECD N° 142 Emp. San Nicolás-Estelí** la cual se encuentra situado en el departamento de Estelí y está a su vez está bajo la dependencia de la estación de mayor cobertura EMC-1205 Emp. Chichigalpa Rotonda Chinandega. Criterios de selección: ubicación geográfica Volumen de Tránsito, y Porcentaje Vehicular similar al del tramo en estudio.

El Anuario de tráfico del MTI-2019 indica, que se deberá trabajar con una estación de corta duración (ECD) cuando el vector volumen de su TPDA sea de 300 a 5000 Vehículos por día. en este capítulo el estudio da como resultado un **TPDA de 524 Vehículos por día**. Ver Tabla 15 pág. 25.

Tabla 13: dependencia de estaciones (Condega – Shell Palacagüina).



ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO
1205 Emp. Chichigalpa Rotonda Chinandega	NIC-1	116A	ECD	La Garita - Emp. Los Pollos
	NIC-1	116B	ECD	Emp. Los Pollos - Punta de Plancha
	NIC-1	100	ECD	Punta de Plancha - Emp. San Benito
	NIC-1	106	ECD	Las Calabazas - La Uva - Sébaco
	NIC-1	109	ECD	La Trinidad - Emp. San Nicolás <i>Aplica</i>
	NIC-1	142	ECD	Emp. San Nicolás - Estelí
	NIC-2	206	ECD	Nandaime - Rivas

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico, MTI (Año 2019) pág. 19-19,39, pdf.

La eleccion de la estación seleccionada de corta duracion (ECD-142) se sustenta en base a los vectores de correspondencia metodología del anuario de aforos del MTI-2019, la estacion se encuentra en la región central norte y los porcentajes de flujo vehicular que presenta son similares a los porcentajes de los conteos de campo del tramo en estudio. (Ver Anexos Tabla 121 pag XXXV).

La expansión de Tránsito Promedio Diurno Semanal de 12.0 horas (TPDiS_{12hrs}), se realizó en base a factores de ajuste, estos factores se aplican para estaciones de corta duración o conteo sumario (ECD o ECS) que se encuentran bajo la dependencia de una estación de mayor cobertura.

El anuario de tráfico del MTI-2019 presenta factores para tres cuatrimestres del año, ya que, éstos se realizan en tres periodos enero-abril, mayo-agosto y septiembre-diciembre. Los factores de ajuste utilizados en este estudio para el cálculo del Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), comprenden los del primer cuatrimestre del año (enero-abril), ya que, los conteos de aforo vehicular se realizaron en el mes de enero-2021. Ver tabla a continuación

Tabla 14: factores /1^{er} cuatrimestre del año (emc-1205) Emp. Sébaco san isidro.



MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA
DIVISION GENERAL DE PLANIFICACION
DIVISION DE ADMINISTRACION VIAL
OFICINA DE DIAGNOSTICO Y EVALUACION DE PAVIMENTOS

**ESTACION DE MAYOR COBERTURA 1205
EMPALME CHICHIGALPA - ROTONDA CHINANDEGA
FACTORES - 2019**



Factores del primer cuatrimestre del año Enero - Abril

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 →	1.36	1.34	1.28	1.31	1.23	1.39	1.30	1.27	1.37	1.36	1.00	1.51	1.38	1.00	1.67	1.33	1.42
Factor Semana	0.97	0.99	0.99	0.93	0.97	0.97	1.01	0.88	0.88	0.85	1.00	0.92	1.03	1.00	0.84	0.86	0.92
Factor Fin de Semana	1.09	1.02	1.04	1.22	1.09	1.09	0.98	1.50	1.55	1.78	1.00	1.26	0.94	1.00	1.93	1.71	1.30
Factor Expansión a TPDA →	0.98	0.96	0.98	0.99	0.98	0.76	0.94	0.97	1.01	0.94	1.00	0.99	1.00	1.00	1.02	0.57	0.78

TPDA = TPDi_{12hrs} * FD * FE [Ec. 2]

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	1.31	1.34	1.30	1.30	1.22	1.46	1.26	1.25	1.41	1.31	1.00	1.56	1.00	1.00	1.11	1.00	1.07
Factor Semana	1.00	1.00	1.00	0.94	0.97	0.97	0.97	0.88	0.88	0.86	1.00	0.88	1.00	1.00	0.95	1.00	0.88
Factor Fin de Semana	1.01	1.00	1.01	1.20	1.08	1.08	1.08	1.50	1.51	1.72	1.00	1.48	1.00	1.00	1.16	1.00	1.54
Factor Expansión a TPDA	1.00	1.03	1.00	1.00	1.01	1.04	1.03	1.02	0.95	1.26	1.00	0.95	1.00	1.00	0.94	2.73	1.12

Factores del tercer cuatrimestre del año septiembre - Diciembre

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	1.28	1.33	1.23	1.30	1.21	1.40	1.23	1.26	1.37	1.21	1.00	1.48	1.00	1.00	1.20	1.00	1.30
Factor Semana	0.98	0.98	0.95	0.93	0.97	0.98	1.00	0.87	0.86	0.96	1.00	0.88	1.00	1.00	0.98	0.86	0.95
Factor Fin de Semana	1.06	1.04	1.14	1.22	1.09	1.05	1.00	1.64	1.69	1.11	1.00	1.51	1.00	1.00	1.04	1.71	1.16
Factor Expansión a TPDA	1.02	1.01	1.02	1.01	1.01	1.39	1.03	1.01	1.05	0.88	1.00	1.07	1.00	1.00	1.05	1.14	1.20

Fuente: Anuario de Tráfico 2019. MTI pág. 307 pdf.

Para realizar la expansión del Tráfico Promedio Diurno Semanal TPDiS_{12hrs}, solo se utilizó el Factor Día (FD) y Factor Expansión (FE).

Se procede a calcular el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) utilizando la **Ecuación 2**:

$$\mathbf{TPDA = TPDi_{12hrs} * FD * FE} \quad [\text{Ec. 2}]$$

TPDi₁₂: Tránsito Promedio Diurno Semanal de 12 horas.

FD: Factor Día.

FE: Factor Expansión (Expansión a TPDA).

Tabla 15: Calculo del TPDA, aplicando factores de ajuste (FD, FE) / ambos sentidos.

TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL (TPDA). EST: 0+020											
Factor / Tipo de Vehículo	Moto	Vehículos de Pasajeros					Vehículos de Carga				TOTAL
		Auto	Jeep	Cta.	Mbus	Mb> 15 P	Bus	Liv C2	C2	C3	
TPDi _{12HRS}	156	61	15	71	9	4	41	24	14	6	401.0
FACTOR DIA	1.36	1.34	1.28	1.31	1.23	1.39	1.30	1.27	1.37	1.36	
FACTOR EXPANSIÓN	0.98	0.96	0.98	0.99	0.98	0.76	0.94	0.97	1.01	0.94	
TPDA verano	208	79	19	93	11	5	51	30	20	8	524
%TPDA	39.7%	15.1%	3.63%	17.75%	2.10%	0.95%	9.73%	5.73%	3.82%	1.53%	100%
% Vehículos	88.93% Livianos						11.07% de Carga				100%

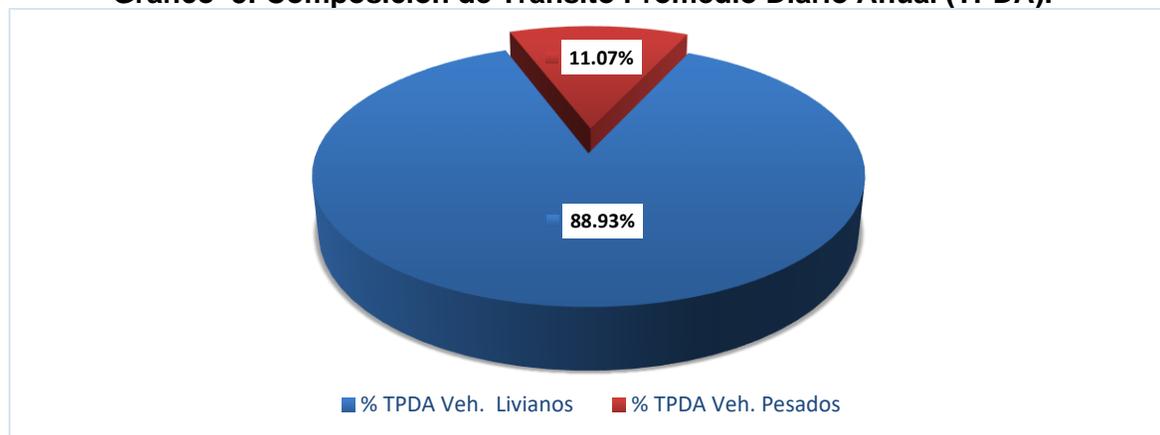
Fuente: Elaborado por Sustentantes.

El Tráfico Promedio Diario Anual se estimó utilizando la **ecuación 2**. El cálculo para el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) correspondiente al tramo de estudio resultó de: **524 vpd** (vehículos por día), posterior se utilizó los registros de la estación de corta duración ECD-142 Emp. San Nicolas-Estelí para realizar la estimación de una tasa de crecimiento acorde al desarrollo económico del país y proyectar el TPDA calculado a un periodo de años en base a la clasificación funcional de la vía.

3.6.3. Composición vehicular.

En base a los resultados del aforo vehicular de campo, se procedió a determinar la composición vehicular de la muestra, la cual está conformada en el siguiente orden: vehículos livianos **88.93%**, y vehículos de carga **11.07%**, obteniendo así un porcentaje de tránsito vehicular total de **100%**, (**Ver Gráfico- 3**)

Gráfico 3: Composición de Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

El tramo se clasifica primeramente como una vía colectora esta a su vez se subdivide en menor dentro del área urbana de la ciudad, esta alimenta las vías troncales, su velocidad de diseño y nivel de servicio es bajo, las calles tienen distancias relativamente cortas, tiene como función principal el acceso a la propiedad. El TPDA en este estudio es bajo, está acorde a su clasificación según el (Estudio de plan Nacional de Transporte de Nicaragua, 2001), esta a su vez concuerda con la clasificación funcional de la SIECA-2011 el cual se define en base a su TPDA (**Ver Tabla-21, pág.32**)

3.7. Determinación de las tasas de crecimiento.

Para determinar las tasas de crecimiento se utilizó la metodología del anuario de aforos del Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI, pág. 22, donde se indica la ecuación a utilizar para la determinación de las tasas de crecimiento, en la cual se consideran los registros históricos del TPDA de la estación seleccionada con el fin de ponderar o hacer pesar más el resultado final, también se incorporaron los registros del Producto Interno Bruto (PIB) y población (POB). Se considero utilizar registros de 12 años (2008-2019). **(Ver Anexos, Tabla-123, pág. XXXVII), (Ver Anexos, Tabla-125, pág. XXXIX)**

Tabla 16: Registros históricos del TPDA-142, PIB, y POB.

AÑO	TPDA ECD 142	PIB (Miles \$)	POB (Miles de habitantes)
2008	3884	8,497	5,816
2009	-	8,299	5,997
2010	3633	8,759	6,071
2011	-	9,774	6,134
2012	4196	10,533	6,198
2013	-	10,983	6,293
2014	-	11,880	6,328
2015	4337	12,757	6,394
2016	-	13,286	6,460
2017	5365	13,786	6,528
2018	-	13,025	5,816
2019	5912	12,611	5,997

Fuente: BCN Informe Anual 2019 y Anuario de Tráfico MTI-2019 pág. 98.

En los registros de la estación N° 142 ECD (Emp. San Nicolas-Estelí), se observan crecimientos altos en relación con los años anteriores, hasta llegar al 2019 que se encuentra con una TPDA mucho mayor, elevando su tasa de crecimiento con relación a los años (2012-2015), algunos años no poseen conteos volumétricos, ya que, en esos años no se realizaron.

Se procedió a calcular las tasas de crecimiento interanual aplicando la **ecuación-**

$$TC = \left[\left(\frac{TPDA_i}{TPDA_o} \right)^{1/n} \right] - 1 \quad [\text{Ec. 3}]$$

Dónde:

TC: Tasa de crecimiento.

TPDA_i: Tráfico Promedio Diario Actual

TPDA_o: Año anterior.

n= La diferencia de años.

La tabla 16: muestra las diferentes tasas de crecimiento interanuales para los diferentes años, obtenida de la ecuación antes detallada. El TPDA promedio de la estación Emp. San Nicolas-Estelí, resultó de 4,555 vehículos. Su tasa promedio corresponde a 4.30%.

Tabla 17: Evolución del TPDA de la Estación ECD 142 Emp. San Nicolas-Estelí.

AÑO	TPDA ECD-142	Diferencia de años	Aplicando la Ec-3		TCA
2008	3884				
2009	-				
2010	3633	2	0.935	0.967	-3.29%
2011	-				
2012	4196	2	1.155	1.075	7.47%
2013	-				
2014	-				
2015	4337	3	1.034	1.011	1.11%
2016	-				
2017	5365	2	1.237	1.112	11.22%
2018	-				
2019	5912	2	1.102	1.050	4.97%
Promedio	4555	TC Promedio TPDA-142			4.30%

Fuente: Revista Anuario de Aforo 2019, MTI- DAV pág. 98).

3.6.4. Evolución del producto interno bruto (PIB).

Utilizando el informe anual del Banco Central de Nicaragua (BCN), se elaboró una tabla con los datos históricos existentes del producto interno bruto (PIB), de los últimos 12 años, donde se refleja el comportamiento histórico, desde el año 2008 al año 2019. Se procede a calcular las diferentes tasas interanuales (Ver Tabla-18, Pág. 29)

El PIB promedio de los últimos 12 años que presenta el informe de Banco Central de Nicaragua BCN corresponde a \$ 11,183 Millones de dólares, con una tasa de crecimiento promedio de 3.78%. La determinación de esta se calculó usando la **ecuación N° 3**.

Tabla 18: Tasas de Crecimiento Anual para PIB.

AÑO	TPDA ECD-142	PIB (\$Miles)	Diferencia de años	Aplicando la Ec-3		TCA
2008	3884	8497	1	-	-	-
2009	-	8299	1	0.977	0.977	-2.33%
2010	3633	8759	1	1.055	1.055	5.54%
2011	-	9774	1	1.116	1.116	11.59%
2012	4196	10533	1	1.078	1.078	7.77%
2013	-	10983	1	1.043	1.043	4.27%
2014	-	11880	1	1.082	1.082	8.17%
2015	4337	12757	1	1.074	1.074	7.38%
2016	-	13286	1	1.041	1.041	4.15%
2017	5365	13786	1	1.038	1.038	3.76%
2018	-	13025	1	0.945	0.945	-5.52%
2019	5912	12611	1	0.968	0.968	-3.18%
Promedio	4555	\$ 11,183 millones	TC Promedio PIB			3.78%

Fuente: BCN Informe Anual 2019 y Anuario de Tráfico MTI-2019 pág. 98.

3.6.5. Evolución de los registros de población (POB).

Partiendo de la información del Banco Central de Nicaragua, se elaboró una tabla con los datos históricos existentes de población (POB) de los últimos 12 años, donde se aprecia el comportamiento histórico, desde el año 2008 al año 2019.

El POB promedio de 6,136 Miles de habitantes, con una tasa de crecimiento promedio de 1.29%. Las tasas de crecimiento interanual de los últimos 12 años se calcularon usando la **ecuación N° 3**. (Ver Tabla-19, Pág. 30)

Tabla 19: Datos ECD-142 y Tasas de Crecimiento Anual para Población.

AÑO	TPDA ECD 142	POB (Miles/Hab)	Aplicando la Ec-4			Tasa Crecimiento Anual (POB)
2008	3884	5669	1	1.013	1.013	1.013
2009	-	5742	1	1.013	1.013	1.013
2010	3633	5816	1	1.013	1.031	1.031
2011	-	5997	1	1.031	1.012	1.012
2012	4196	6071	1	1.012	1.010	1.010
2013	-	6134	1	1.010	1.010	1.010
2014	-	6198	1	1.010	1.015	1.015
2015	4337	6293	1	1.015	1.006	1.006
2016	-	6328	1	1.006	1.010	1.010
2017	5365	6394	1	1.010	1.010	1.010
2018	-	6460	1	1.010	1.011	1.011
2019	5912	6528	1	1.011	1.013	1.013
Promedio	4555	6,136	TC Promedio POB			1.29%

Fuente: BCN Informe Anual 2019 y Anuario de Tráfico MTI-2019 pág. 98.

3.6.6. Consolidado de las tasas de crecimiento.

A continuación, se realizó el consolidado de las tasas de crecimientos calculadas (TPDA ECD-142, PIB, POB)

Tabla 20: Consolidado de las Tasas de Crecimiento Calculadas (TPDA, PIB, POB).

TPDA-142	PIB	POB
TC= 4.30%	TC= 3.78%	TC= 1.29%
Alto	alto	Muy bajo
Promedio		
TASA DE CRECIMIENTO TC: 3.12% Aceptable		

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Se obtuvieron tres tasas de crecimiento sin embargo ninguna de las tres se ajusta para la proyección del tránsito en el tramo de estudio, por lo que se decidió, realizar un promedio obteniendo una tasa de crecimiento más acorde considerando el promedio histórico del TPDA, PIB y POB. Obteniéndose una tasa de crecimiento de 3.12%, la cual es aceptable.

3.7. Selección de la tasa de crecimiento.

La tasa seleccionada de **3.12%** se sustenta en base al crecimiento económico histórico del PIB de los últimos 10 años del país, el cual es de 3.39%, (**Ver anexos Tabla 126, Pág. XL**). similar a la tasa calculada la cual posee un valor promedio de 3.12%.

3.8. Determinación del tránsito de diseño.

Acorde a lo indicado por Heberto Hernández, 2011, El tránsito de Diseño (TD), determina la cantidad de vehículos que circularán en una vía, para obtener un acumulado de vehículos y proyectar su vida útil. De manera general el Tránsito de diseño a emplear para fines de este proyecto está dada por la ecuación:

$$TD = TPDA * FC * FD * fc * 365 \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

TPDA: Tránsito Promedio Diario Anual.

FC: Factor Crecimiento.

FD: Factor Dirección.

Fc: Factor Carril

365: Días del año.

3.8.1. Período de Diseño (PD).

Es el número de años para el cual se diseña específicamente el pavimento; generalmente varía entre los ocho (8) y veinte (20) años, dependiendo del tipo de vía. En este caso el tramo tiene una clasificación funcional **Colectora menor urbana** definido por el **TPDA: 524 vpd** y el número de **carriles (2)**, según lo estipulado en la (SIECA 2011, pág. 13). El cual indica que debe estar en un rango de 500 a 3000 vpd. En dependencia a su clasificación funcional la vía se diseñó a **N=15 años**. Ver tabla 21 y 22, pág. 32.

Tabla 21: clasificación funcional de la vía.

función	clase de carretera	abrev.	TPDA	no. de carriles
Arteria principal	Autopista	AA	> 20,000	6-8
	Arteria Rural	AR	10,000-20,000	4-6
	Arteria Urbana	AU	10,000-20,000	4-6
Arteria menor	Arteria Menor Rural	AMR	3,000-10,000	2
	Arteria Menor Urbana	AMU	3,000-10,000	2
Colectora mayor	Colectora Mayor Rural	CMR	10,000-20,000	4-6
	Colectora Mayor Urbana	CMU	10,000-20,000	4-6
Colectora menor	Colectora Menor Rural	CR	500-3,000	2
	Colectora Menor Urbana	CU	500-3,000	2
Local	Local Rural	LR	100-500	2
	Local Urbana	LU	100-500	2
	Rural	R	<100	1-2

Fuente: Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales (SIECA 2011, pág. 33).

Tabla 22: periodo de diseño (N).

Tipo de carretera	Período de diseño (años)
Autopista Regional	20 – 40
Troncales Sub-Urbanas	15 – 30
Troncales Rurales	15 – 30
Colectora menor urbana	10 – 20 (15 años)
Colectoras Rurales	10 – 20

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2002.

3.8.2. Factor de crecimiento (Fc).

Está en función de la tasa anual de crecimiento y el período de diseño de la estructura de pavimento. El tránsito acumulado durante los “n” años se determina a través de un factor de crecimiento el cual varía según el método de diseño. Así por ejemplo para el método de AASHTO 93. Se determina mediante la siguiente

Ecuación N°5:

$$FC = \left(\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right) \quad (\text{Ec. 5})$$

Dónde:

Fc: Factor de crecimiento.

i: Tasa de crecimiento anual :**3.12%**

n: Periodo de años al cual está proyectando: **15 años**

$$F_c = \left(\frac{(1 + 0.0312)^{15} - 1}{0.0312} \right) = 18.76$$

3.8.3. Factor distribución por dirección (Fd).

Este valor se puede deducir del estudio de tránsito (conteo), es la relación entre la cantidad de vehículos que viajan en una dirección y la cantidad de vehículos que viajan en la dirección opuesta, por lo general es 0.5 ya que la cantidad de vehículos es la misma en ambos sentidos.

Tabla 23: Factor de Distribución por Dirección (Fd).

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 2002.

3.8.4. Factor distribución por carril (fc).

El carril de diseño es por el que circulan el mayor número de ejes equivalentes (ESAL'S). se elige un valor de 1.0

Tabla 24: 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 2002.

Se tomó el valor de **Fc' = 1.00** puesto que la vía posee un solo carril para un sentido direccional. En base a los datos anteriormente definidos se realizó la determinación del Tránsito de Diseño (TD), aplicando la ecuación-4, pág. 29.

En la **tabla 25, pág. 34**, se presenta el cálculo del tránsito de diseño (TD) por clasificación vehicular y por su promedio total en ambos casos da el mismo resultado obteniendo un tránsito por carril de diseño de **1,081,893.0 Vehículos**, durante un periodo de 15 años. Este cálculo no toma en consideración el TPDA de las motos.

Tabla 25: Tránsito de Diseño.

Tipo de vehículos	TPDA (2021)	F.C.	Días del año	Factor por carril (Fc)	Factor de Dirección (FD)	Tránsito para el carril de diseño
Calculo por clasificación vehicular						
Autos	79	18.76	365	1.00	0.50	270,473.0
Jeep	19	18.76	365	1.00	0.50	65,051.0
Camionetas	93	18.76	365	1.00	0.50	318,405.0
McBus<15 pas	11	18.76	365	1.00	0.50	37,661.0
MnBus 15-30 pas	5	18.76	365	1.00	0.50	17,119.0
Bus	51	18.76	365	1.00	0.50	174,609.0
C2 Liv	30	18.76	365	1.00	0.50	102,711.0
C2 5 +ton	20	18.76	365	1.00	0.50	68,474.0
C3	8	18.76	365	1.00	0.50	27,390.0
TOTAL, DE DISEÑO EN UN PERIODO DE 15 AÑOS						1,081,893.0
Calculo en base al promedio						
Transito Promedio	316	18.76	365	1.00	0.50	1,081,893.0

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

3.8.5. El índice de serviciabilidad inicial (P_0).

Es la condición inmediata después de la construcción, (AASHTO-93 en su capítulo 8, Pág. 181) define que para pavimentos rígidos este valor inicial es de

$P_0 = 4.5$. (definido en función del pavimento y la calidad de construcción)

3.8.6. El índice de serviciabilidad final (P_t).

Es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios de la vía antes de que sea necesario el tomar acciones de rehabilitación, reconstrucción o repavimentación, y generalmente varía con la importancia o clasificación funcional de la vía. El valor sugerido por la AASHTO-93 en su capítulo 8, Pág. 181 es:

$pt = 2.0$. (para vías de tránsito menor)

3.8.7. Espesor de losa D (estimado).

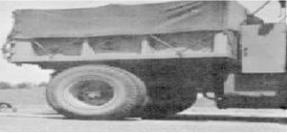
Este valor se utiliza para determinar los factores equivalentes de carga LEFS (load equivalent factor), el valor (D) estimado para la losa en este estudio es de 6" pulgadas.

3.8.8. Factor de equivalencia (FESAL).

Al igual que en pavimentos flexibles el tránsito es transformado a un número de pasadas de ejes tipo de 18 kips (80 kN), denominado ESAL's (equivalent simple axial load), a través de los factores de carga LEFs (load equivalent factor), determinados por la AASHTO, cuyo valor se determinó en función de un espesor de losa (6" pulgadas) y del valor de la serviciabilidad final pt: 2.0, utilizando las tablas factores equivalente de carga para ejes simple y ejes tándem de la (Guía de la AASHTO– 93 pág. 292-293) respectivamente. conociendo que el pavimento propuesto es una estructura de pavimento rígido.

A continuación, en la Tabla 26, se presentan los factores de cada vehículo interpolado según su clasificación tanto para ejes simples como para ejes dobles.

Tabla 26: Factores de ejes kips a interpolar.

Tipo de vehículos	Peso X eje (Ton.met)	Peso X eje (Kips)	Interpolaciones
Autos	1.00	2.20	<i>Ver Anexos, Tabla – 131 a 133 págs. XLIV</i>
Camionetas	2.00	4.40	
McBus < 15 pas	4.00	8.80	
MnBus 15-30 pas, C2	8.00	17.60	
 Bus	5.00	11.00	
 C3	16.50 (eje Doble)	36.30	
Utilizando una serviciabilidad final de 2.0 y un espesor propuesto de losa de 6" pulgadas			

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

En la **Tabla-26** se muestra cada uno de los factores de equivalencia de carga calculados, según el tipo de vehículo y su peso en Kips para cada eje. Considerando un espesor de losa de 6 pulgadas y una serviciabilidad final de 2.0, estos se determinaron según interpolación lineal.

Tabla 27: Calculo de factores equivalente de carga para ejes simples.

Carga/eje	Espesor de Losa <i>D</i> en pulgadas (mm)										
	(kps)	(kN)	6,0 (152,4)	7,0 (177,8)	8,0 (203,2)	9,0 (228,6)	10,0 (254,0)	11,0 (279,4)	12,0 (304,8)	13,0 (330,2)	14,0 (355,6)
2.2 → 2	8.9	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
4.4 → 4	17.8	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
→ 6	26.7	0.011	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
8.8 → 8	35.6	0.035	0.033	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032	0.032
11 → 10	44.5	0.087	0.084	0.082	0.081	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
→ 12	53.4	0.186	0.180	0.176	0.175	0.174	0.174	0.173	0.173	0.173	0.173
→ 14	62.3	0.353	0.346	0.341	0.338	0.337	0.336	0.336	0.336	0.336	0.336
17.6 → 16	71.2	0.614	0.609	0.604	0.601	0.599	0.599	0.598	0.598	0.598	0.598
→ 18	80.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
→ 20	89.0	1.55	1.56	1.57	1.58	1.58	1.59	1.59	1.59	1.59	1.59
→ 22	97.9	2.32	2.32	2.35	2.38	2.40	2.41	2.41	2.41	2.41	2.42
→ 24	106.8	3.37	3.34	3.40	3.47	3.51	3.53	3.54	3.55	3.55	3.55
→ 26	115.7	4.76	4.69	4.77	4.88	4.97	5.02	5.04	5.06	5.06	5.06

Fuente: Guía para el Diseño de estructuras de Pavimento AASHTO-93.

En el caso del factor de **22 Kips** para el eje doble del vehículo Bus, no fue necesario interpolarlo ya que este se encuentra en la tabla factores equivalentes de carga ejes simple (2.32).

Tabla 28: Calculo de factores equivalente de carga para ejes tándem.

Carga/eje	Espesor de Losa <i>D</i> en pulgadas (mm)										
	(kps)	(kN)	6,0 (152,4)	7,0 (177,8)	8,0 (203,2)	9,0 (228,6)	10,0 (254,0)	11,0 (279,4)	12,0 (304,8)	13,0 (330,2)	14,0 (355,6)
2	8.9	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
4	17.8	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005
6	26.7	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
8	35.6	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
10	44.5	0.014	0.013	0.013	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012
12	53.4	0.028	0.026	0.026	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
14	62.3	0.051	0.049	0.048	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047	0.047
16	71.2	0.087	0.084	0.082	0.081	0.081	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
18	80.0	0.141	0.136	0.133	0.132	0.131	0.131	0.131	0.131	0.131	0.131
20	89.0	0.216	0.210	0.206	0.204	0.203	0.203	0.203	0.203	0.203	0.203
22	97.9	0.319	0.313	0.307	0.305	0.304	0.303	0.303	0.303	0.303	0.303
24	106.8	0.454	0.449	0.444	0.441	0.440	0.439	0.439	0.439	0.439	0.439
26	115.7	0.629	0.626	0.622	0.620	0.618	0.618	0.618	0.618	0.618	0.618
28	124.6	0.852	0.851	0.850	0.850	0.850	0.849	0.849	0.849	0.849	0.849
30	133.5	1.13	1.13	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
32	142.4	1.48	1.48	1.49	1.50	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51
34	151.3	1.90	1.90	1.93	1.95	1.96	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97
36.30 → 36	160.0	2.42	2.41	2.45	2.49	2.51	2.52	2.53	2.53	2.53	2.53
→ 38	169.1	3.04	3.02	3.07	3.13	3.17	3.19	3.20	3.20	3.20	3.21
→ 40	178.0	3.79	3.74	3.80	3.89	3.95	3.98	4.00	4.01	4.01	4.01
→ 42	186.9	4.67	4.59	4.66	4.78	4.87	4.93	4.95	4.97	4.97	4.97

Fuente: Guía para el Diseño de estructuras de Pavimento AASHTO-93.

3.8.9. Ejes equivalentes (ESAL o W18).

En el Método AASHTO los pavimentos se proyectan para que resistan determinado número de cargas durante su vida útil. El tránsito está compuesto por vehículos de diferente peso y número de ejes, y a los efectos del cálculo, se los transforma un número equivalente de ejes tipo de 80 KN o 18 KN o 18 Kips, los cuales se les denomina “equivalent simple axial load” o ESAL. Se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$\text{ESAL o W18} = \text{TD} * \text{FESAL} \quad (\text{Ec. 6})$$

Dónde:

TD: Tránsito de Diseño.

FESAL: Factor de Equivalencia de carga por eje.

Ya conocido los valores del Tránsito de Diseño (TD) por tipo de vehículo cuyos resultados se muestran en la **Tabla 25** de la **pág. 34**. En donde el TPDA para motos no se tomó en cuenta en el cálculo del tránsito de Diseño, ya que se considera que el daño causado por este tipo de vehículo es imperceptible.

El cálculo de los ejes equivalentes a 18 KIPS para cada clasificación de vehículos se estimó en base al tránsito de diseño y los factores **ESAL** para cada eje, este último se determinó utilizando las tablas (Ver anexos, 129-130 pág. XLII, XLIII), de factores equivalentes de carga, considerando una serviciabilidad final de $pt=2.0$ y un espesor de losa de 6” pulgadas, para lo cual se debió conocer los pesos de cada eje en toneladas y luego pasarlo a Kips fue necesario utilizar la tabla de diagramas de carga permisibles para la conversión. **Ver Anexos Tablas 127-128 pag. XLI.**

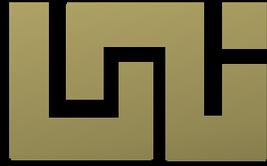
Se interpolaron cinco (5) valores FESAL para ejes Simples (2.2, 4.4, 8.8, 11, 17.60), y un valor FESAL para ejes Dobles (36.30). Solo el peso de 22 Kips no se interpoló ya que, el FESAL (2.32), si se muestra en el cuadro AASHTO– 93, para ejes Sencillos. El cálculo del **ESAL o W18** se muestra a continuación, en la **Tabla 29 pág. 38:**

Tabla 29: Cálculo ESAL´S por carril de diseño.

Tipo de vehículos	Peso X eje (Ton.met)	Peso X eje (Kips)	Tipo de eje	TPDA 2021	TD	Factor ESAL	ESAL de diseño
Autos	1.00	2.20	Simple	79	270,473	0.00038	103
	1.00	2.20	Simple			0.00038	103
Jeep	1.00	2.20	Simple	19	65,051	0.00038	25
	1.00	2.20	Simple			0.00038	25
Camionetas	1.00	2.20	Simple	93	318,405	0.00038	121
	2.00	4.40	Simple			0.00380	1210
McBus<15 pas	2.00	4.40	Simple	11	37,661	0.00380	143
	4.00	8.80	Simple			0.05580	2101
MnBus > 15 pas	4.00	8.80	Simple	5	17,119	0.05580	955
	8.00	17.60	Simple			0.92280	15797
Bus	5.00	11.00	Simple	51	174,609	0.1365	23834
	10.00	22.00	Simple			2.320	405093
C2 Liv	4.00	8.80	Simple	30	102,711	0.0558	5731
	8.00	17.60	Simple			0.92280	94782
C2 5 +ton	5.00	11.00	Simple	20	68,474	0.13650	9347
	10.00	22.00	Simple			2.32	158860
C3	5.00	11.00	Simple	8	27,390	0.1365	3739
	16.50	36.30	Doble			2.3740	65024
TOTAL				316	1,081,893		786,993.00

Para el tramo de calles del barrio Francisco Rivera Quintero se obtuvo un ESAL´S de 7.870 E+05 o 786,993.00 repeticiones equivalentes a 18 Kips o 18, 000 lbs para el carril de diseño, en un periodo de 15 años. Trabajando con Po=4.5, Pt=2.0, ΔPsi=2.5 y un espesor de losa de 6” pulgadas.

Fuente: Elaborado por Sustentantes.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Construcción

CAPÍTULO IV

ESTUDIO GEOTÉCNICO



4.1. Metodología.

En este capítulo se detallarán los procedimientos llevados a cabo a lo largo del tramo en análisis, con el propósito de evaluar y analizar las características físicas, mecánicas y condiciones de soporte del suelo, y así poder contar con la información básica necesaria para la determinación de los espesores de la estructura de pavimento rígido. Los ensayos de laboratorio y caracterización física de los suelos fueron proporcionados por la Alcaldía municipal de Estelí, de un Estudio realizado por el laboratorio EDICO (Estudios y Diseños Ingenieros Consultores) en el mes de noviembre del año 2020.

Todos los ensayos se realizaron en conformidad a lo establecido en las Normas de la ASTM (Asociación Internacional para la Prueba de Materiales), y AASHTO, entre ellas: Humedad, Valor de Soporte (CBR), Granulometría, Límites de Atterberg (Límite líquido e índice plástico) y Densidad (Próctor), los cuales son los siguientes:

Tabla 30: Tipos de Ensayos para Estudio de Suelos.

Ensayo	Especificación ASTM	Especificación AASHTO
Granulometría	D - 422	T - 2788
Límite Líquido	D - 423	T - 8990 y 9087
Índice de Plasticidad	D - 424	T - 9097
Ensayo Próctor Modificado	D - 1557 - 91	T - 180 - 90
Ensayo CBR.	D - 1883 - 73	T - 193 - 81

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

4.2. Ensayos de suelos en la línea vial.

En base a los estudios realizados por Alcaldía Municipal de Estelí, en colaboración con el laboratorio de suelo EDICO, se tomaron muestras representativas alternadas a uno y otro lado de la vía, cada sondeo espaciado a 100 metros con una profundidad de hasta 1.50 metros, dicho procedimiento se inició en la estación 0+000 del tramo-1, (calle-01), hasta la estación 0+660 del tramo-2, (Avenida-01). La investigación del suelo del tramo vial se realizó por medio de 8 sondeos manuales, en estos sondeos se encontraron 25 muestras.

4.2.1. Características geotécnicas de los suelos en la línea vial.

A continuación, se muestra un análisis de los tipos de suelos encontrados a lo largo de la plataforma de camino, clasificados según la AASHTO M 145. **(Ver Anexos, Tablas 134-135, págs. XLV-XLVI)**

- **Sonde N°1, Est: 0+000, tramo-01, calle-01, hasta Sondeo N°4, Est:0+300.**

A lo largo de la línea vial iniciando en la estación 0+000 inicio del tramo sondeo manual (Sm-01), hasta la estación 0+300- sondeo manual (Sm-4), se encuentran presentes cinco (5) tipos de suelos **A-2-4 (0), A-2-5 (0), A-2-6 (0), A-7-5(14), A-7-6(13)**.

Primer estrato: En la estratigrafía del primer sustrato predomina un suelo del tipo **A-2-6(0)**, con índice de grupo cero, este suelo subyace a una profundidad que varía entre 0.0-0.20 metros, situado en las estaciones (0+100–0+300), este suelo está clasificado según la AASHTO como un suelo de regular calidad, se encuentra dentro del grupo A-2, posee un límite líquido determinado de 34%, su índice de plasticidad de 11%, presenta un valor de CBR al 95% próctor modificado de 15%.

De manera puntual en el sondeo manual (Sm-01) en la estación (0+000) se encuentra un tipo de suelo **A-2-5 (0)** con índice de grupo cero, subyace a una profundidad que va desde los 0.00-0.15 metros, catalogado según la AASHTO de regular calidad, se encuentra dentro del grupo A-2, posee un límite líquido de 45% y un índice de plasticidad de 9%. Su CBR al 95% Proctor modificado es de 18%.

segundo estrato: Se encuentran un tipo de suelo a lo largo del tramo, desde la estación (0+000 ala 0+300), inicia con un tipo de suelo **A-2-4(0)** con índice de grupo cero, este suelo subyace a una profundidad que varía entre 0.15-0.90 metros, presenta una descripción visual de un material de grava arcillo arenosa, este tipo de suelo según su clasificación AASHTO pertenece al grupo A-2, catalogado como un material de buena calidad, posee un límite líquido de 33%, posee un índice de plasticidad de 8%, su CBR al 95% próctor modificado de 22%.

Tercer estrato: se encuentran presentes dos tipos de suelos claramente definidos el **A-7-6(13)** y el **A-7-5** con diferentes índices de grupos.

De manera puntual en la estación 0+000, sondeo N°1, subyace el suelo **A-7-6(13)**, con índice de grupo trece, se encuentra a una profundidad de 1.05 m a 1.50 metros, posee un espesor de 0.45 metros, este suelo catalogado según la clasificación de la AASHTO es un suelo de mala calidad, se encuentra en el grupo A-7, posee un límite líquido de 44%, y una índice plasticidad de 19%, su valor CBR al 95% Proctor modificado es de 5%.

Desde la estación 0+100, sondeo N°2 a la 0+300, sondeo N°4 se encuentra el tipo de suelo **A-7-5**, con diferentes índices de grupos, se encuentra a profundidades variables que van desde los 0.46 m a 1.50 metros, posee diferentes espesores desde 0.92 m a 1.04 metros, catalogado según la clasificación de la AASHTO como un suelo de mala calidad por su alto contenido de agua, posee un límite líquido de 58% y un índice de plasticidad de 22%, su CBR al 95% próctor modificado varía de 7% a 9%.

- **Sonde N°5, Est: 0+400 tramo-02, hasta Sondeo N°8, Est:0+660**

Primer estrato: En la estratigrafía del primer sustrato predomina un suelo del tipo **A-2-6(0)**, con índice de grupo cero, este suelo se encuentra presente desde la estación 0+400, Sondeo N°5, a la Estación 0+600, sondeo N°7, se encuentra a una profundidad desde los 0.00 m a los 0.20 metros, posee diferentes espesores desde los 0.15 m a 0.20 metros, catalogado según la clasificación de la AASHTO como un suelo de regular calidad, se encuentra del grupo A-2. Posee un límite líquido de 34%, y un índice de plasticidad de 11%, su valor CBR al 95% próctor modificado es de 15%.

De manera puntual en la estación 0+660, sondeo N°8, se encuentra un tipo de suelo **A-2-4(0)**, con índice de grupo cero, este material presenta las mismas características físico-mecánicas descritas en el segundo de la estación 0+000 a la 0+300.

Tercer estrato: se encuentra dos tipos de suelo **A-7-5(12)** y **A-7-6(13)**. El suelo **A-7-5(12)** se encuentra en las estaciones 0+400, a la estación 0+500, presentan las mismas características físico mecánicas descritas en el tercer estrato de la estación 0+000 ala 0+300. El suelo **A-7-6(13)** también presenta las mismas características descriptas en las estaciones antes mencionadas. Este material tiene un espesor de 0.53 cm. La descripción de las propiedades físico mecánica de cada sondeo sobre la plataforma vial pueden verificarse en las **Tablas 31-32, pag 43-44.**

4.2.2. Análisis de los resultados.

Los suelos predominantes a lo largo del tramo corresponden al tipo **A-2-4(0)**, **A-2-6(0)**, **A-7-5(20)**. son suelos de baja resistencia con calidad de regular a deficientes, límites líquidos e índices de plasticidad altos según su clasificación y características físico - mecánicas de la AASHTO MT-141. En menor cantidad subyacen los suelos **A-2-5(0)**, **A-7-6(13)**, son suelos de muy mala calidad según la clasificación de la AASHTO. Para detallar los tipos de suelos y su profundidad, se realizó la secuencia estratigráfica del sitio en análisis. **(Ver Anexos, Gráficos 17-18, pág. XLVII - XLVIII)**

Tabla 31: Sondeos del tramo en estudio (Est 0+000, 0+300), (SM-01, SM-04).

				PROYECTO: Diseño de pavimento Rígido de 700 metros lineales- Barrio Francisco Rivera Quintero, Zona Urbana de Estelí													
				UBICACIÓN: Municipio de Estelí, Departamento de Estelí										PROCEDENCIA:		Sondeos Manuales	
SONDEO N°.	ESTACION UBICACIÓN	PROFUNDIDAD EN CENTIMETROS	MUESTRA	% QUE PASA POR TAMIZ										LL	IP	CLASIFICACION	CBR AL 95%
				2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200				
1	0+000 LADO DERECHO	0 -15	1	100	90	74	64	51	40	23	18	12	8	45	9	A-2-5(0)	18
1		15 - 105	2	94	77	72	67	56	48	43	37	20	15	33	8	A-2-4(0)	22
1		105 - 150	3				100	99	98	97	96	92	86	44	19	A-7-6(13)	5
2	0+100 LADO IZQUIERDO	0 - 17	4	100	93	82	73	62	54	38	30	20	15	34	11	A-2-6(0)	15
2		17 - 46	5	96	81	72	68	58	50	44	38	23	14	35	9	A-2-4(0)	22
2		46 - 150	6		100	99	98	97	96	93	92	88	82	58	22	A-7-5(16)	7
3	0+200 LADO CENTRAL	0 -20	7	100	93	82	73	62	54	38	30	20	15	34	11	A-2-6(0)	15
3		20 -52	8	95	78	70	67	56	48	43	37	20	15	33	8	A-2-4(0)	22
3		52 - 104	9							100	100	99	98	73	38	A-7-5(20)	9
3		104 - 150	10					100	99	98	96	93	88	50	20	A-7-5(14)	7
4	0+300 LADO DERECHO	0-20	11	100	93	82	73	62	54	38	30	20	15	34	11	A-2-6(0)	15
4		20-58	12	94	77	72	67	56	48	43	37	20	15	33	8	A-2-4(0)	22
4		58-81	13		100	99	98	97	96	93	92	88	82	58	22	A-7-5(16)	7
4		81-150	14					100	99	98	95	91	87	48	18	A-7-5(13)	7

OBSERVACIONES: LL: Limite Líquido IP: Índice de plasticidad IG: Índice de Grupo NP: Suelo no Plástico

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí -Laboratorio EDICO.

Sondeo manual (Sm-1 al Sm-4) se tomaron un total de 6 muestras de las cual una (1) de ellas corresponde al banco de préstamo Alfonso Ruiz, las cuales se utilizaron para la estimación del CBR de la subrasante.

Tabla 32: Sondeos del tramo en estudio (Est 0+400, 0+660), (SM-05, SM-08).

			PROYECTO:	Diseño de pavimento Rígido de 700 metros lineales- Barrio Francisco Rivera Quintero, Zona Urbana de Estelí													
			UBICACIÓN:	Municipio de Estelí, Departamento de Estelí								PROCEDENCIA:	Sondeos Manuales				
SONDEO N°.	ESTACION UBICACIÓN	PROFUNDIDAD EN CENTIMETROS	MUESTRA	% QUE PASA POR TAMIZ										LL	IP	CLASIFICACION	CBR AL 95%
				2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200				
5	0+400 LADO IZQUIERDO	0-15	15	100	93	82	73	62	54	38	30	20	15	34	11	A-2-6(0)	13
5		15-72	16	90	72	68	61	50	44	38	30	18	12	33	8	A-2-4(0)	22
5		72-150	17					100	99	98	94	90	86	47	17	A-7-5(12)	9
6	0+500 LINEA CENTRAL	0-18	18	100	93	82	73	62	52	38	30	20	15	34	11	A-2-6(0)	15
6		18-32	19	95	80	73	68	58	50	44	35	19	13	34	9	A-2-4(0)	22
6		32-150	20		100	99	98	97	96	93	92	88	82	58	22	A-7-5(16)	9
7	0+600 LADO DERECHO	0-20	21	100	92	81	70	58	47	34	28	17	12	37	12	A-2-6(0)	15
7		20-150	22	95	80	73	68	58	50	44	35	19	13	34	9	A-2-4(0)	22
8	0+660 LADO IZQUIERDO	0-25	23	95	80	73	68	58	50	44	35	19	13	34	9	A-2-4(0)	22
8		25-97	24	95	100	99	98	97	96	93	92	88	82	58	22	A-7-5(16)	9
8		97-150	25				100	99	98	97	96	92	86	44	19	A-7-6(13)	5

OBSERVACIONES: LL: Limite Liquido IP: Índice de plasticidad IG: Índice de Grupo NP: Suelo no Plástico

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí -Laboratorio EDICO.

Sondeo manual (Sm-5 al Sm-8) se tomaron un total de 6 muestras de las cual una (1) de ellas corresponde al banco de préstamo Alfonso Ruiz, las cuales se utilizaron para la estimación del CBR de la subrasante.

4.3. Resultados de ensayos a bancos de préstamo.

Según los ensayos de laboratorio se exploraron Bancos en explotación y zonas potenciales para encontrar nuevos Banco a lo largo de la línea vial en base a la experiencia y la geomorfología de los sitios a una distancia máxima de 5 km se realizaron ensayos de laboratorio determinándose el uso de acuerdo con las características determinadas para ser ocupados en la conformación de capas de terracería y base para el pavimento rígido propuesto en este estudio.

Tabla 33: Bancos De Prestamos Identificados.

Nombre de los Bancos	Coordenadas Geográficas	Tipo de suelo AASHTO	SUCS	Volumen m ³
Banco N°1 /Alfonso Ruiz	X=566473 Y=1446185	A-2-4 (0)	GW-GC	292,500 m ³
Descripción visual banco N°1	Grava con Limo y arcilla de baja comprensibilidad color rojizo			
Eduardo Blanco/Eduardo Blanco	X=568448 Y=1450319	A-1-a (0)	GW-GM	360,000 m ³
Descripción visual Banco N°2	Grava con arena color café claro			

Fuente: Alcaldía municipal de Estelí- Laboratorio EDICO.

El **Banco de Préstamo Alfonso Ruiz N°1** se localiza a 2.3 kilómetros al suroeste de la estación inicial 0+000, a 25 metros lado izquierdo, en las coordenadas UTM WGS84 X= 566473, coordenada Y= 1446185. El propietario de este banco es el Sr. Alfonso Ruiz. El volumen aproximado de este banco es de 292,500 m³, sus dimensiones corresponden a 50 metro de altura, 65 metros de ancho, 90 metros de largo, este banco ha sido usado. **(Ver Anexos Imagen-40, pág. L)**

El material de este banco corresponde visualmente grava con limo y arcilla de baja comprensibilidad color rojizo del tipo **A-2-4 (0)**. Posee Límite Líquido de 37% y su índice de plástico de 8%, sus partículas pasan 93% el tamiz de 1 1/2", 58% el tamiz N°.4, y 11% el tamiz N°.200. El PVS máx. es de 1,637 kg/m³, su humedad optima de 9.8%, su PVSS es de 1,003 kg/m³, y su Factor de Abundamiento de 1.38. El resultado de ensayo de CBR en muestras saturadas y compactadas al 90, 95 y 100% Próctor Modificado, es de **43, 62 y 86%**, respectivamente. **(Ver Anexos, Tabla 137-139, Pág. LI-LIII)**

Los ensayos de Desgate de los Ángeles dio como resultado 22% y el ensaye de Intemperismo acelerado dio como resultado 7.4%. El Peso Específico es de 2.14 y la Absorción de 8.0%. **(Ver Anexos, Tabla 138, Pág. LII)**

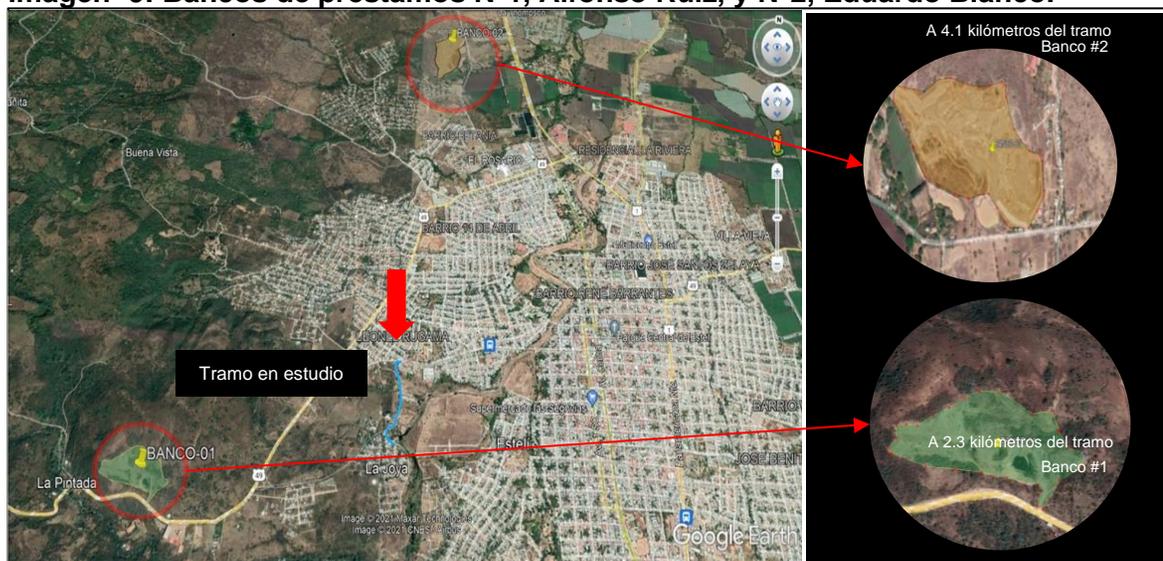
Banco de Préstamo Eduardo Blanco N°2, se localiza a 4.1 kilómetros al noreste de la estación inicial 0+000, a 35 metros lado izquierdo, en las coordenadas UTM WGS84 X= 568448, coordenada Y= 1450319. El propietario de este banco es el Sr. Eduardo Blanco. El volumen aproximado de este banco es de 360,000 m³, sus dimensiones corresponden a 25 metro de altura, 90 metros de ancho, 160 metros de largo, Este banco ha sido usado. **(Ver anexos Imagen-41, pág. LIV)**

El material de este banco corresponde visualmente a arena Limosa con grava con arena color café claro tipo **A-1-a (0)**. No posee limite liquido e índice plástico sus partículas pasan 95% el tamiz de 2", 48% el tamiz No.4, y 4% el tamiz No.200. El PVS máx. es de 1,977 kg/m³, su humedad optima de 8.7%, su PVSS es de 1,233 kg/m³, y su Factor de Abundamiento de 1.25.

El resultado de ensayo de CBR en muestras saturadas y compactadas al 90, 95 y 100% Próctor Modificado, es de **49, 83 y 93%**, respectivamente. **(Ver Anexos, Tabla 140-142, Pág. LV-LVII)**

El ensayo de Desgate de los Ángeles dio como resultado 28%, el ensayo de Intemperismo dio 8%. El Peso Específico es de 1.20 y la Absorción de 8.3%. **(Ver Anexos, Tabla 141, Pág. LVI)**

Imagen- 9: Bancos de préstamos N°1, Alfonso Ruiz, y N°2, Eduardo Blanco.



Fuente: Elaborado por sustentantes.

En la **imagen: 9** se aprecia la ubicación de los bancos de préstamos utilizados en la evaluación para bases granulares. Los cuales se encuentran a una distancia menor a 5 kilómetros.

El tramo en estudio coloreado en celeste se encuentra más cercano al banco N°1, sin embargo, el banco N°2, Eduardo Blanco se encuentra más alejado. A continuación, se realizó la evaluación de cada banco aplicando las normativas de la NIC-2019 para su posible uso como material Base en la estructura de pavimento Rígido.

4.3.1. Consideraciones para elección del banco a utilizar.

4.3.1.1. Consideraciones para la base.

En este estudio se realizó la evaluación de los bancos de préstamos existentes para material base granular, no realizo la evaluación para subbase granular, ya que, el diseño de pavimento rígido no lo requiere. A continuación, se presentan las especificaciones de la NIC-2019 que debe cumplir el material.

Tabla 34: Normativa para material Base Granular.

BASE		
ENSAYO	REQUERIMIENTOS	NORMA DE PRUEBA
Límite líquido	25% Máx.	AASHTO T-89
Índice de Plasticidad	0% Máx. (NP)	AASHTO T-90
CBR	80% Mín.	AASHTO T-193
Desgaste de los Ángeles	35% Máx.	AASHTO T-96
Intemperismo Acelerado	12% Máx.	AASHTO T-104
Compactación	95% Próctor Modificado	AASHTO-191
Cumplir con requerimientos de granulometría (E) (Base) Cuadro 1003-6.		

Fuente: Especificaciones NIC-2019 Sección 1003. 8 (inciso a y b).

4.4. Banco de préstamo N°1 propuesto para la capa base.

El **Banco de préstamo Alfonso Ruiz N°1** posee un CBR al 95% Proctor modificado de 61%, se utilizó para hacer la comparativa con los requerimientos mínimos establecidos por la Nic-2019, los cuales debe cumplir un banco para poder utilizarse como base granular.

Tabla 35: Evaluación Banco N°1 para la capa base.

Capa Base				
ensayo		requerimientos	Banco Alfonso Ruíz N°1	valoración
Límite líquido		25% Máx.	37%	No cumple
Índice de Plasticidad		0% Máx.	8%	No cumple
CBR		80% Mín.	61%	No cumple
Desgaste de los Ángeles		35% Máx.	22%	cumple
Intemperismo Acelerado		12% Máx.	7.4%	cumple
Graduación				
75	100	100	Cumple	
4.75	47-59	58	Cumple	
0.075	4-8	11	No Cumple	

Fuente: Especificaciones Nic-2019. Sección: 1003.8. tomo II inciso (a y b).

El banco de préstamo **Alfonso Ruiz N°1** cumplió con el ensayo de desgaste de los ángeles, ensayo de Intemperismo acelerado según la sección 1003.8 de la NIC 2019. Sin embargo, no cumple con el parámetro mínimo del ensayo CBR al 95% próctor modificado (80%) y con los requisitos de graduación, al no cumplir con dichos parámetros, el material no se podrá utilizar como base granular. A continuación, se realizó la evaluación del banco N°2, propuesto para la capa Base.

4.5. Banco de préstamo N°2 propuesto para la capa base.

El **Banco de préstamo Eduardo Blanco N°2** posee un CBR de **83%** al 95% próctor modificado, se utilizó para hacer la comparativa con los requerimientos mínimos de la Nic-2019, que debe cumplir un banco para poder utilizarse como material base.

Tabla 36: Evaluación Banco N°2 para la capa Base.

Capa Base				
ensayo		requerimientos	Banco Eduardo Blanco N°2	valoración
Límite líquido		25% Máx.	No posee	cumple
Índice de Plasticidad		0% Máx. (NP)	No posee	cumple
CBR		80% Mín.	83%	cumple
Desgaste de los Ángeles		35% Máx.	28%	cumple
Intemperismo Acelerado		12% Máx.	8%	cumple
tamiz (mm)	% que debe pasar por los tamices (E)/Base	Banco Eduardo Blanco		VALORACIÓN BASE
75	100	100		Cumple
4.75	47-59	48		Cumple
0.075	4-8	4		Cumple

Fuente: Especificaciones Nic-2019. Sección: 1003.8. tomo II inciso (a y b).

De acuerdo la **Tabla 36** el Banco de préstamo **Eduardo Blanco N°2** cumple con los requerimientos mínimos establecidos por la Nic-2019 como lo son graduación, limite líquido, desgaste de los ángeles, intemperismo acelerado y CBR Proctor modificado al 95%, para utilizarse como fuente de material para la capa base granular.

4.5.1. Resultados de evaluación de material propuesto para base.

Se evaluaron las propiedades físico-mecánicas de los dos (2) bancos identificados según las normativas de la NIC-2019 para la capa **base granular**, conociendo que solo el banco Eduardo Blanco N°2, cumple con todas las especificaciones mínimas para utilizarse como base granular en el diseño de pavimento rígido.

Este estudio no contempla la evaluación de un banco subbase para el diseño de pavimento rígido ya que, no lo requiere.

Tabla 37: Bancos Diseño Seleccionados.

BANCO	CAPA	CONDICIÓN	RESISTENCIA
El Eduardo Blanco N°2	Base	No estabilizado compactado al 95%	CBR 84%
No requiere	Subbase	-----	-----

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

El banco de diseño seleccionado se tomará como banco propuesto para el diseño de pavimento rígido (concreto hidráulico) tomando en consideración todos los parámetros que incorpora el método de la aashto-93

4.6. Determinación del CBR de Diseño.

El Ensayo CBR (California Bearing Ratio): Ensayo de Relación de Soporte de California, mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y sirve para poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, subbase y base de pavimentos. Se efectúa bajo condiciones controladas de humedad, densidad, y esta normado por la ASTM-D1883 y por la AASTHO T-193. Para la aplicación de este ensayo las muestras se sometieron a saturación por un periodo de 96 horas de anticipación.

La Metodología para la determinación del CBR de Diseño consiste en:

- 1) Identificar los Valores CBR de las muestras a utilizar.
- 2) Ordenar los Valores de Menor a Mayor.
- 3) Determinar la frecuencia de cada valor cbr así como el porcentaje de valores iguales o mayores.
- 4) Graficar los valores de CBR y los porcentajes calculados.
- 5) Estimar el CBR de diseño con la curva obtenida, utilizando el percentil que corresponda, en dependencia del número de ejes equivalentes por carril de diseño.

4.6.1. CBR de la subrasante.

Subrasante se denomina al suelo que sirve como fundación para todo el paquete estructural de un pavimento en este caso rígido. Para determinar el CBR de la subrasante se utilizaron las profundidades con respecto al terreno existente queda claro que los valores de CBR a utilizados son las de los suelos A-2-6(0) y A-2-4(0), y el material de relleno del banco N°1, los cortes utilizados fueron los generados por el software Civil 3D 2022.

En los tramos donde hay corte se seleccionó la capa inmediata mientras que donde hay relleno se propuso material del banco de préstamo **Alfonso Ruiz N°1**, esto en dependencia de su ubicación y propiedades físico-mecánicas. Las muestras tomadas pueden verificarse en los **Anexos Tabla 143, Pag LVIII**).

Se realizó una tabla la cual presenta el resumen de las alturas de corte y relleno que generó el software Civil 3D para cada sondeo sobre la plataforma vial en base a la subrasante propuesta en planos. Ver tabla 38, pag 51

Tabla 38: Altura de corte y relleno de la subrasante.

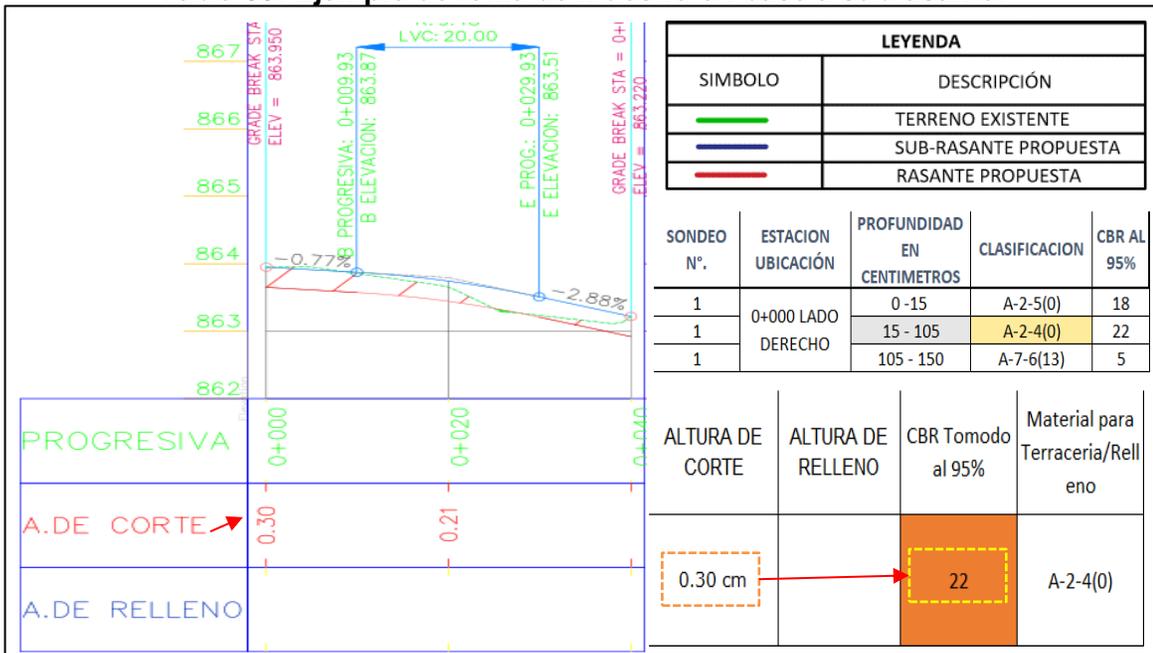
Sondeo No.	Perfil Longitudinal	Altura de Corte	Altura de Relleno	Tipos de Suelos tomados
S1-0+000	Calle-01	30 cm	---	A-2-4 (0)
S2-0+100	Avenida-01	---	5 cm	Banco N°1 -A-2-4(0)
S3-0+200	Avenida-01	33 cm	---	A-2-4 (0)
S4-0+300	Avenida-01	16 cm	---	A-2-6(0), A-2-4 (0)
S5-0+400	Avenida-01	16 cm	---	A-2-4 (0)
S6-0+500	Avenida-01	25 cm	---	A-2-4 (0)
S7-0+600	Avenida-01	13 cm	---	A-2-6(0), A-2-4 (0)
S7-0+660	Avenida-01	---	6 cm	Banco N°1 -A-2-4(0)

Fuente: Elaborado por Sustentante.

A continuación, se presenta un ejemplo demostrativo de la selección de la muestra estación 0+000, sondeo N°1.

Conociendo que hay un corte de 0.30 centímetros se selecciona la capa inmediata considerando una profundidad máxima de 0.20 metros para su selección, ya que, las cargas puntuales de los vehículos no llegarán más allá de esta profundidad, en este caso se toma la muestra A-2-A (0), y su valor CBR al 95% Proctor modificado.

Tabla 39: Ejemplo de toma de muestra en base a subrasante.



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Tomando en consideración el proceso anterior, se realizó un consolidado de los valores de CBR de diseño tomados y el tipo de suelo al que corresponde el material existente en la subrasante:

Tabla 40: Selección de CBR de diseño para la subrasante.

CLASIFICACIÓN AASHTO	CBR AL 95%	FRECUENCIA	CANTIDAD DE VALORES IGUALES O MAYORES	PORCENTAJES
A-2-6(0)	15	3	12	12/12*100=100%
A-2-4(0)	22	7	9	9/12*100=75%
Banco N°.1 A-2-4(0)	61	2	2	2/12*100=16.7%
Total		Se tomaron 12 muestras del total de 25.		

Elaborado por Sustentantes.

Posterior se aplicó el criterio expuesto por el Instituto del Asfalto para la determinación del valor del CBR de Diseño, el cual recomienda tomar un valor adecuado ya sea de **60%, 75% o el 87.5%**, tomando en cuenta que el ESAL's previsto por el carril de diseño será de **786,993.00**, por tanto, para el estudio en análisis se tomó percentil de **75%**, tal y como se indica a continuación.

Tabla 41: Criterio del Instituto de asfalto para determinar CBR de Diseño.

Cargas Equivalentes Totales (ESAL ´s)	Percentil de Diseño (%)
< de 10,000 ESAL ´s	60%
Entre 10,000 y 1,000,000 de ESAL ´s	75%
> de 1,000,000 ESAL ´s	87.5%

Fuente: Instituto de Asfalto. (MS-1) 1,991, pág. 168.

Teniendo los valores CBR de menor a mayor, los porcentajes de las cantidades iguales o mayores y definido el percentil (75 %) se procede a graficar el CBR de Diseño de la Subrasante, iniciando con una línea horizontal se intercepta la curva de la Subrasante luego con una línea vertical en 90 grados se intercepta el valor calculado en este caso el CBR resultante es de **22%**. **Ver Gráfico-4. Pag 54**

El cual de acuerdo con la clasificación de CBR de la **Tabla 42**, clasifica a la subrasante existente como subbase muy buena, como se muestra a continuación:

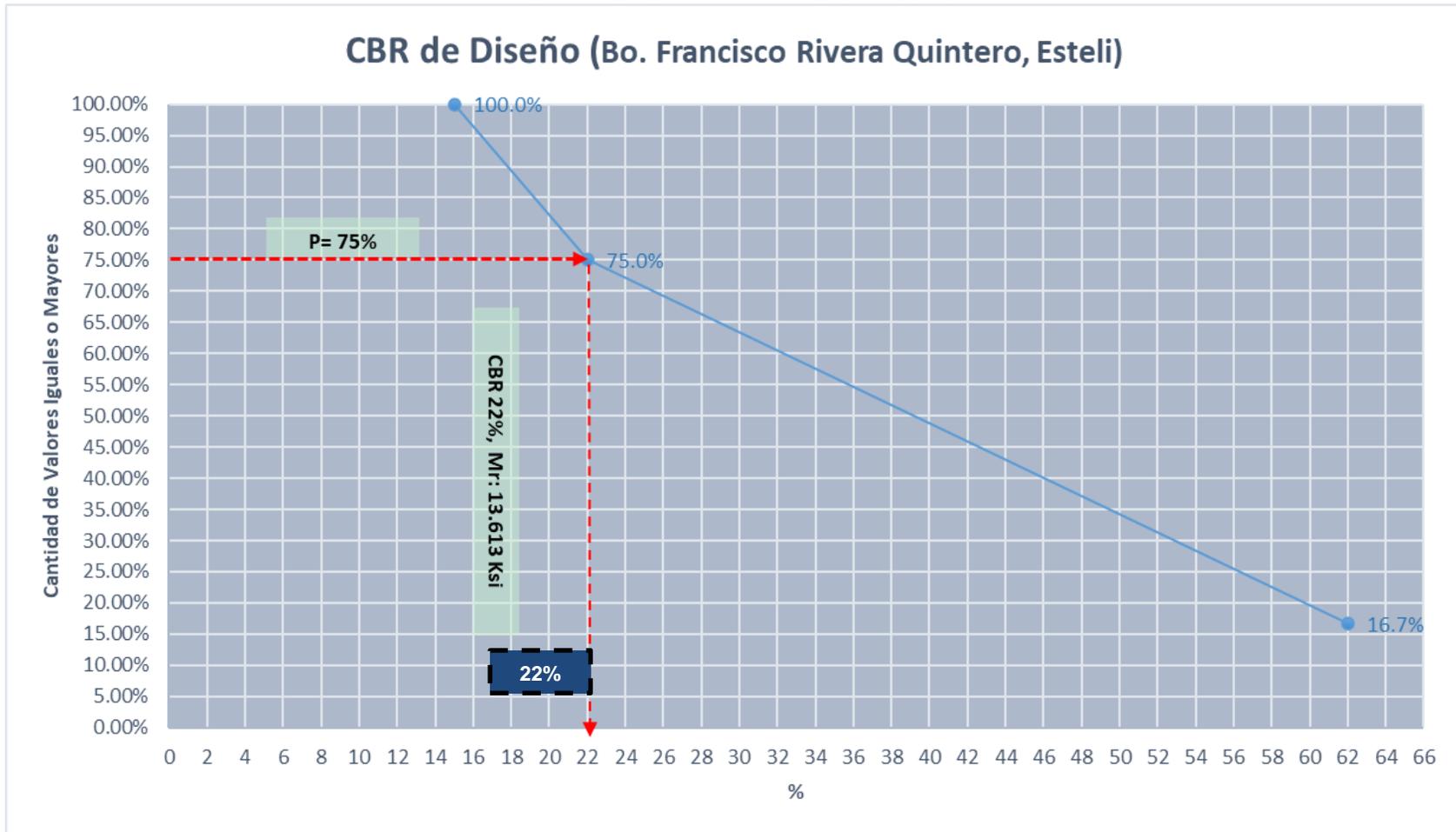
Tabla 42: Clasificación del CBR.

CBR	CLASIFICACIÓN
0-5	Subrasante mala
5-10	Subrasante regular
10-20	Subrasante buena
20-30	Subrasante muy buena
30-50	Subbase buena
50-80	Base buena
80-100	Base muy buena

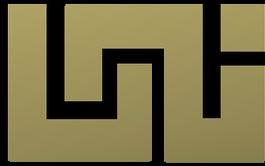
Fuente: Crespo Villalaz, C. (2008).

Una vez determinado el valor CBR de la Subrasante **22%** mediante el gráfico de CBR se dispuso a realizar una comprobación de este valor mediante interpolación lineal. (**Ver Anexos, Tabla 144, Pág. LIX**)

Gráfico 4: Estimación del CBR de Diseño.



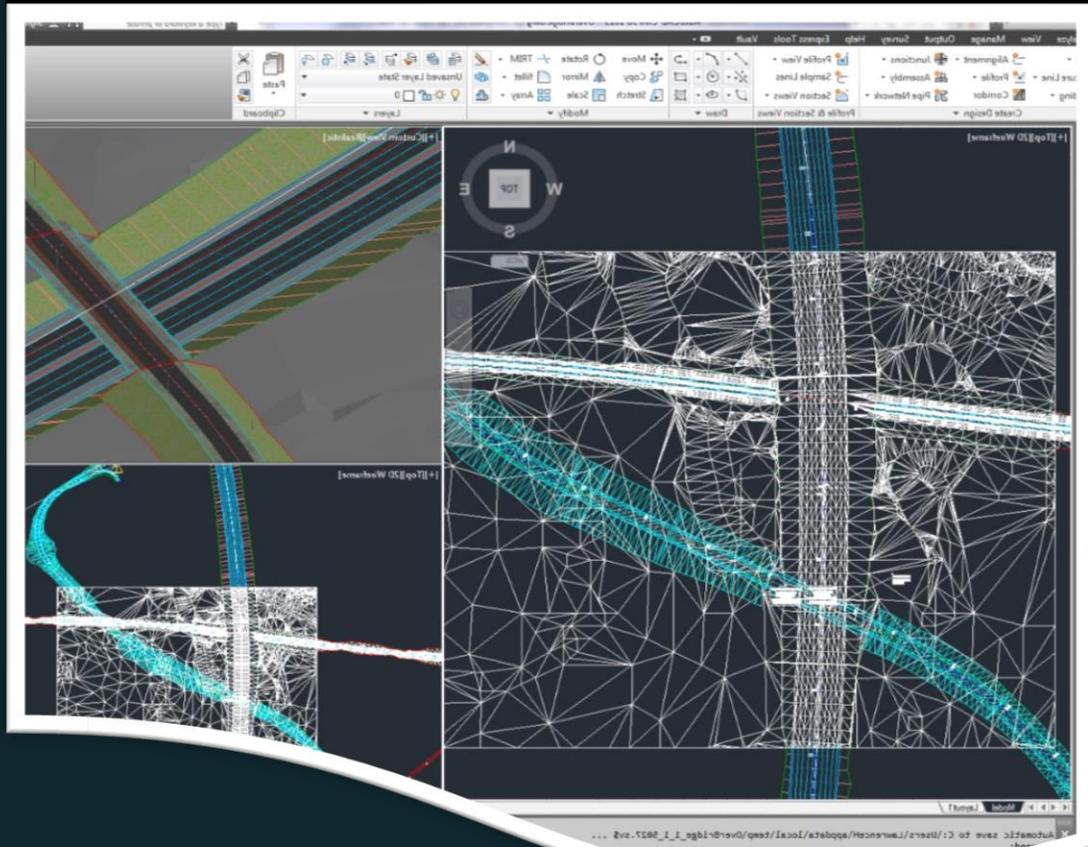
Fuente: Elaborado por Sustentantes.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Construcción

CAPÍTULO V

DISEÑO GEOMÉTRICO



5.1. Metodología.

Las normas de diseño que se aplicaron fueron las contenidas en el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, 3ra” de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana, (**SIECA-2011**). Una vez procesada la información topográfica se procedió a trazar el alineamiento horizontal de la carretera, este se realizó en el Programa Autodesk Civil 3D 2022.

5.2. Establecimiento y definición de los parámetros geométricos.

Se definieron los parámetros tales como; vehículo de diseño, coeficiente de fricción longitudinal (f), radio mínimo (Rm), pendiente transversal (b), pendiente del hombro, pendiente longitudinal máxima (Pmáx), sobreechanco máximo (Sa), distancia de visibilidad de parada y rebase (DVP y DVR); en función de la velocidad de diseño (Vd).

5.2.1. Clasificación funcional.

En este caso el tramo tiene una clasificación funcional **Colectora Menor Urbana (CU)**, definido por el **TPDA: 524 vpd** y el número de **carriles (2)**, según lo estipulado en la (SIECA 2011, pág. 13). El cual indica que debe estar en un rango de 500 a 3000 vpd. En dependencia a su clasificación funcional la vía se diseñó a N=15 años. (**Ver tabla 41**)

Tabla 43: clasificación funcional de la vía.

FUNCIÓN	CLASE DE CARRETERA	ABREV.	TPDA	NO. DE CARRILES
Arteria principal	Autopista	AA	> 20,000	6-8
	Arteria Rural	AR	10,000-20,000	4-6
	Arteria Urbana	AU	10,000-20,000	4-6
Arteria menor	Arteria Menor Rural	AMR	3,000-10,000	2
	Arteria Menor Urbana	AMU	3,000-10,000	2
Colectora mayor	Colectora Mayor Rural	CMR	10,000-20,000	4-6
	Colectora Mayor Urbana	CMU	10,000-20,000	4-6
Colectora menor	Colectora Menor Rural	CR	500-3,000	2
	Colectora Menor Urbana	CU	500-3,000	2
Local	Local Rural	LR	100-500	2
	Local Urbana	LU	100-500	2
	Rural	R	<100	1-2

Fuente: Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales (SIECA 2011, pág. 33).

5.2.2. Vehículo de diseño.

Los vehículos de diseño constituyen la base para establecer las características del diseño geométrico. por lo que una vez realizado el Proyecto en que se contará con un trazado con la geometría adecuada para que dicho tipo de camión (**C3**, clasificación según MTI).

En este estudio los sobre anchos y radios de giros mínimos fueron calculados utilizando como vehículo de diseño el **CU (camión C3)**, a continuación, se muestra un esquema con las dimensiones típicas del vehículo de diseño. (*Ver Anexos, Imagen 42, pág. LIX*)

Tabla 44: Dimensiones del vehículo de diseño.

Vehículo de Diseño	Símbolo	Altura	Ancho	Longitud	Voladizo Delantero	Voladizo Trasero	WB1	WB2
Vehículo Liviano	P	1.30	2.10	5.80	0.90	1.50	3.40	
Camión	SU	4.10	2.40	9.20	1.20	1.80	6.10	
Bus	BUS-14	3.70	2.60	12.20	1.80	2.60	7.30	
Bus Articulado	A-BUS	3.40	2.60	18.30	3.10	6.70	5.90	
Cabezal con Semirremolque	WB-15	4.10	2.60	16.80	0.60	4.50	10.80	
Cabezal con Semirremolque	WB-19	4.10	2.60	20.90	0.90	0.60	4.50	10.80
Cabezal con Semirremolque	WB-20	4.10	2.60	22.40	1.20	1.40-0.80	6.6	13.20-13.80

Fuente: Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales (SIECA 2011, pág. 38).

5.3. Justificación de criterios adoptados.

Considerando que la carretera se encuentra ubicada en un terreno plano y ciertos sectores en ondulado, y que las restricciones topográficas y de uso de suelo (el derecho de vía actual oscila entre 5 y 10 metros, la carretera atraviesa varias comunidades), no permiten proyectar una vía con los siguientes criterios de diseño:

5.3.1. Velocidad de diseño (VD).

La velocidad de diseño (VD), 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.

Según el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras, 3ra” de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (Sieca-2011, pág.56), en carreteras colectoras, el rango de velocidad debe ser de 30 a 80 Kilómetros/hora.

Para nuestro caso la vía es una **Colectora Menor Urbana (CU)**, controlada por señales de velocidad límite, por ser una zona residencial, es por eso que la velocidad adecuada se estableció entre 30 y 40 Kilómetros/hora.

Para el tramo-01 (**Calle-01**), se proyectó una velocidad:

- Velocidad de **40 km/h** (Est. 0+000 – 0+040).

Para el tramo-02 (**Avenida-01**), se proyectaron dos velocidades:

- Velocidad de **40 km/h** (Est. 0+000 – 0+430).
- Velocidad de **30 km/h** (Est. 0+430 – 0+660).

Tabla 45: Velocidad Promedio de Ruedo.

VELOCIDAD DE DISEÑO (VD)	VELOCIDAD DE RUEDO (VR)
20	20
30	30 *
40	40 **
50	47
60	55
70	63
80	70
90	77
100	85
* Est. 0+000-0+430, Av.01 ** Est. 0+430-0+660, Av.01	

Fuente: Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales (SIECA 2011, pág. 85).

5.3.2. Superficie de rodamiento.

La superficie de rodamiento está contemplando el uso de pavimento rígido (Concreto Hidráulico), se ejecutará de acuerdo con lo establecido en el **capítulo VI, tabla 68, pág. 104.**

5.3.3. Número de carriles.

En la normativa SIECA 2011, para una Colectora Menor Urbana (CU), el número de carriles es 2 para un tráfico de diseño en el rango de 500- 3000 vpd (Vehículos por día).

5.3.4. Ancho de carril de rodamiento.

La propuesta de usar **carriles de 3.00 metros**, según la SIECA considerará recomendable su utilización cuando haya restricciones en el derecho de vía. Asumir un ancho de **3.00 metros** es lo más acertado para implementar en el subtramo en estudio, además es consistente para un presupuesto racional, también ofrece la garantía de seguridad y comodidad del usuario.

5.3.5. Ancho de hombros y aceras.

El Manual de la SIECA recomienda anchos de hombros entre 1.00 – 1.20 metros para las Colectora Menor Urbana (CU). Para este Proyecto en estudio se ha fijado el ancho mínimo de hombro de **1.00 metros**.

Tabla 46: Anchos mínimos de aceras.

Tipo de carretera		Ancho aceras (m)
CMR	Colector Mayor Rurales	1.2 – 2.0
CMU	Colector Mayor Urbana	1.2 – 1.5
CR	Colectora Menor Rurales	1.0– 1.2
CU	Colectora Menor Urbana	1.0 – 1.2
LR	Local Rural	1.0 – 1.2
LU	Local Urbano	1.0 – 1.2
R	Rural	–

Fuente: Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales (SIECA 2011, pág. 142).

5.3.6. Ancho de corona.

En base a lo recomendado por el Manual de la SIECA edición 2004, tanto para las Zonas Urbanas y Rurales identificados a lo largo del tramo la distribución de los **7.30 metros** de corona será la siguiente **0.15 metros** de bordillo integrado más **1.00 metros** de acera a cada lado, más 2 carriles de **3.00 metros**, para un total de **6.30 metros** de ancho de rodamiento.

5.3.7. Pendiente transversal.

En materia de drenaje, el valor de la pendiente del **3.00%** corresponde a un valor que permite que el flujo de las aguas alcance una velocidad razonable sin producir efectos de erosión en los suelos naturales; considerando que la superficie de rodado de la vía estará constituida a base de pavimento de Concreto Asfáltico.

5.3.8. Pendiente transversal de la franja de hombro.

En esta ruta de Proyecto se ha considerado conveniente que la misma pendiente transversal de la superficie de rodamiento proyectada sea la que se establezca para el hombro (**3.00%**), y en curva, la pendiente será la correspondiente al peralte.

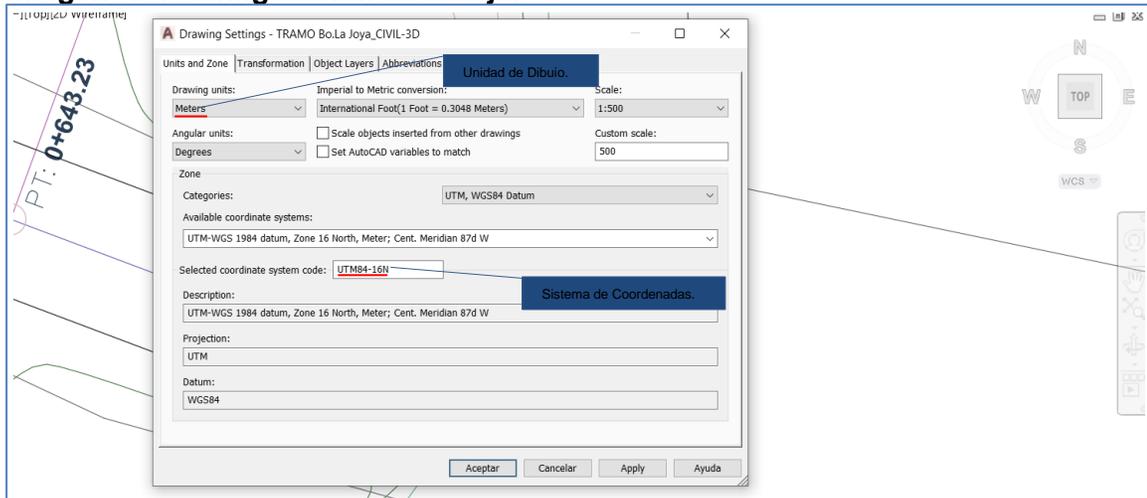
5.3.9. Sección típica propuesta.

Este tramo está ubicado en una zona Urbana el cuales contarán con la sección Típica de la **Imagen 43, Anexos, pág. LX**. Esta contara con cunetas Urbanas (Bordillo integrado), y con aceras de 1.00 metros.

5.4. Configuración inicial del software Civil-3D.

Haciendo uso del software **Civil-3D** para generar Superficies, secciones transversales, alineamientos, perfiles, anotaciones y más. Este nos la evaluación de múltiples alternativas, la toma de mejores decisiones y la producción de planos actualizados. Se debe de realizar la configuración básica (Escala, Unidades de medidas y Sistema de Coordenadas).

Imagen- 10: Configuración de dibujo.



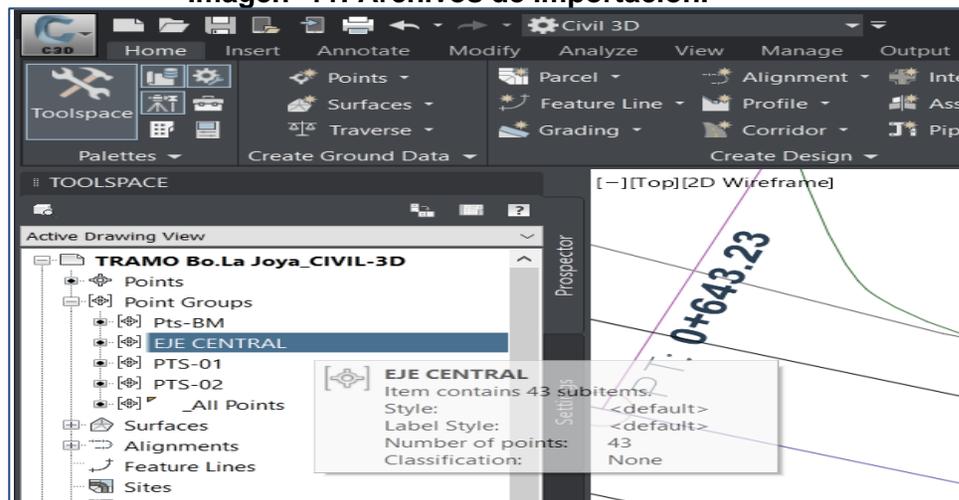
Fuente: Software Autodesk Civil 3D (Versión 2022).

5.4.1. Importación de puntos.

El proceso necesario para importar puntos fue el siguiente:

1. En el cuadro de diálogo importar puntos, haga clic en  y se seleccionó los archivos de datos de puntos.
2. Tras haber precisado un archivo de puntos, la lista de especificación del formato de archivos se filtra por los tipos de archivos que pueden corresponder con el archivo seleccionado.

Imagen- 11: Archivos de importación.



Fuente: Software Autodesk Civil 3D (Versión 2022).

Imagen- 12: Grupo de puntos importados (BM's).

A Point Group Properties - Pts-BM								
Information	Point Groups	Raw Desc Matching	Include	Exclude	Query Builder	Overrides	Point List	Summary
Full De...	Easting	Northing	Point Elevati...	Longitude	Latitude			
BM8	568144.3889m	1446619.3919m	853.980m	W86° 22' 17.03"	N13° 05' 05.97"			
BM7	568158.3910m	1446663.1710m	854.600m	W86° 22' 16.57"	N13° 05' 07.40"			
BM2	568171.6760m	1447142.0690m	863.500m	W86° 22' 16.08"	N13° 05' 22.98"			
BM6	568198.2950m	1446708.0210m	853.100m	W86° 22' 15.24"	N13° 05' 08.85"			
BM3	568211.3150m	1446989.2690m	856.350m	W86° 22' 14.78"	N13° 05' 18.01"			
BM1	568218.1690m	1447131.4800m	863.950m	W86° 22' 14.54"	N13° 05' 22.64"			
BM5	568230.9140m	1446784.1190m	852.880m	W86° 22' 14.15"	N13° 05' 11.33"			
BM4	568238.6250m	1446869.2340m	853.980m	W86° 22' 13.88"	N13° 05' 14.10"			
BM9	568243.6810m	1446565.2150m	852.800m	W86° 22' 13.74"	N13° 05' 04.20"			

Fuente: Software Autodesk Civil 3D (Versión 2022).

Imagen- 13: Grupo de puntos eje central

Full Descripti...	Easting	Northing	Point Elevati...	Longitude	Latitude	
LC	568173.5622m	1447131.8026m	863.285m	W86° 22' 16.02"	N13° 05' 22.65"	
LC	568176.1161m	1447115.9584m	862.947m	W86° 22' 15.94"	N13° 05' 22.13"	
LC	568181.7552m	1447095.1617m	862.063m	W86° 22' 15.75"	N13° 05' 21.46"	
LC	568184.8636m	1447073.8703m	860.855m	W86° 22' 15.65"	N13° 05' 20.76"	
LC	568192.2752m	1447053.2677m	859.281m	W86° 22' 15.41"	N13° 05' 20.09"	
LC	568200.0643m	1447031.7332m	857.895m	W86° 22' 15.15"	N13° 05' 19.39"	
LC	568207.1109m	1447016.7420m	857.006m	W86° 22' 14.92"	N13° 05' 18.90"	
LC	568214.0412m	1446995.0526m	856.489m	W86° 22' 14.69"	N13° 05' 18.20"	
LC	568217.2026m	1446980.1414m	856.276m	W86° 22' 14.59"	N13° 05' 17.71"	
LC	568221.1449m	1446961.6517m	855.865m	W86° 22' 14.46"	N13° 05' 17.11"	
LC	568225.0582m	1446943.4695m	855.570m	W86° 22' 14.33"	N13° 05' 16.52"	
LC	568227.8084m	1446924.2588m	855.172m	W86° 22' 14.24"	N13° 05' 15.89"	
LC	568229.6344m	1446904.2224m	854.798m	W86° 22' 14.18"	N13° 05' 15.24"	
LC	568231.3431m	1446884.1851m	854.417m	W86° 22' 14.12"	N13° 05' 14.59"	
LC	568232.4749m	1446864.8947m	853.683m	W86° 22' 14.09"	N13° 05' 13.96"	
LC	568234.3909m	1446839.8535m	853.384m	W86° 22' 14.03"	N13° 05' 13.14"	
LC	568232.6471m	1446818.9166m	853.183m	W86° 22' 14.09"	N13° 05' 12.46"	
LC	568225.4708m	1446790.0510m	853.010m	W86° 22' 14.33"	N13° 05' 11.52"	
LC	568218.0925m	1446771.1600m	852.483m	W86° 22' 14.57"	N13° 05' 10.91"	
LC	568205.4950m	1446735.9145m	852.872m	W86° 22' 15.00"	N13° 05' 09.76"	

43 Subitems para LC, en base a los 369.

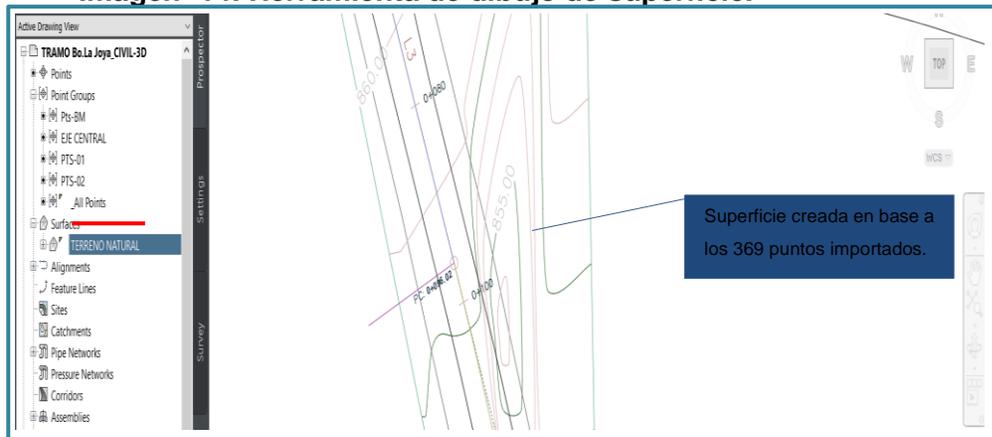
Fuente: Software Autodesk Civil 3D (Versión 2022).

5.4.2. Generación de superficie.

Para la realización del modelo digital del terreno, se seleccionó la opción “Inicio”, de la cinta de opciones opción “superficies”.

Luego seleccionar el icono “Superficies”, emerge una lista de opciones en la que elije “crear superficie”, como se muestra en la **Imagen-14**.

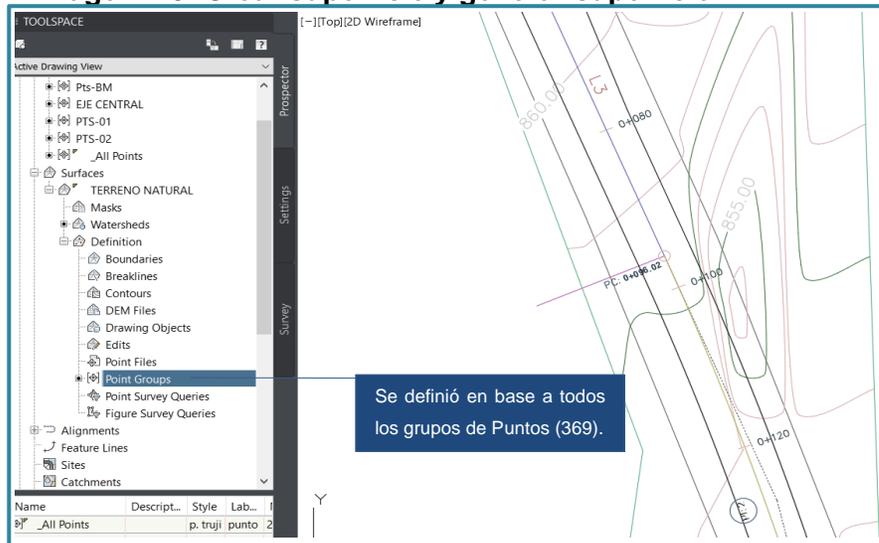
Imagen- 14: Herramienta de dibujo de superficie.



Fuente: Software Autodesk Civil 3D -2022.

Se procedió a asignar el método por el cual se realizaron las curvas de nivel, en el espacio de herramientas, pestaña Prospector, lista de opciones “superficies”, selección **CN-Terreno Natural**, definiciones, luego en la lista de opciones “Grupo de puntos”, finalmente en agregar, como se muestra en la **Imagen-15**.

Imagen- 15: Crear superficie y generar superficie.



Fuente: Software Autodesk Civil 3D -2022.

5.5. Alineamiento horizontal con autodesk civil-3D.

A continuación, se presenta el diseño geométrico de la vía en estudio desarrollado en su totalidad en el software **autodesk civil 3D-2022** ya que se consideró este estudio como aspecto importante previo al diseño de la estructura de pavimento.

Estos parámetros serán tomados e implementados en la propuesta de actualización de la carretera en estudio y serán introducidos en el programa **autodesk civil 3D-2022**, para poder verificar que nuestro diseño cumpla con Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales (SIECA 2011).

5.5.1. Parámetros de diseño a considerar.

5.5.1.1. Coeficiente de fricción lateral (f).

Para el caso del proyecto en estudio, para las velocidades establecidas de 30 Kilómetros/hora y 40 Kilómetros/hora, le corresponde un valor $f = 0.28$ y $f = 0.23$ respectivamente.

Tabla 47: Coeficiente de fricción lateral en función de la velocidad.

Velocidad de Diseño (Km/h)	Factor de Fricción Máxima (f)
30	0.28
40	0.23
50	0.19
60	0.17
70	0.15
80	0.14

Fuente: Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA 2011, p. 89.

5.5.1.2. Sobreelevación máxima.

Se estableció una Sobreelevación o peralte máximo del **4.0 %** porque se considera que está pendiente no presenta ningún inconveniente relacionado con la construcción, operación y mantenimiento del tipo de vía.

Tabla 48: Sobreelevación o peralte según tipo de área.

Tasa de Sobreelevación "e" en (%)	Tipo de Área.
10	Rural Montañosa
8	Rural Plana
6	Suburbana
4	Urbana

Fuente: Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA 2004, p. 4-36.

5.5.1.3. Radio mínimo.

Una vez establecido el máximo factor de sobreelevación (e), los radios mínimos de curvatura horizontal se calcularon utilizando la fórmula siguiente, que es la siguiente:

$$R_{min} = \frac{v^2}{127.14*(e_{m\acute{a}x}+f_{m\acute{a}x})} \quad (\text{Ec. 7})$$

Dónde:

R = Radio mínimo de curva, en metros

e= Tasa de sobreelevación en fracción decimal.

f = Factor de fricción lateral, que es la fuerza de fricción dividida por la masa perpendicular al pavimento.

V = Velocidad de diseño, en kilómetros por hora.

- Sustituyendo en la **ec.7**, para una velocidad de 30km/h:

$$R_{min} = \frac{30^2}{127.14 (0.04 + 0.28)}$$

$$R_{min} = 22.12 \approx 22.00 \text{ metros.}$$

- Sustituyendo en la **ec.7**, para una velocidad de 40km/h:

$$R_{min} = \frac{40^2}{127.14 (0.04 + 0.23)}$$

$$R_{min} = 46.61 \approx 47.00 \text{ metros.}$$

Para una velocidad de **30 Kilómetros/hora**: Sustituyendo en la **ecuación 7**, se obtuvo un Radio mínimo de **22.0** metros. Para una velocidad de **40 Kilómetros/hora**, se obtuvo un Radio mínimo de **47.0** metros.

5.5.1.4. Grado de curva.

El grado de curva o de curvatura (**Gc**), es el ángulo sustentado en el centro de un círculo de radio R por un arco de 100 pies o de 20 metros, según el sistema de medidas utilizado, se utiliza la siguiente expresión para el cálculo:

$$G_c = \frac{1145.92}{R} \quad (\text{Ec. 8})$$

Dónde:

R = Radio mínimo de curva, en metros.

- Sustituyendo en la **ec.8**, para una velocidad de 30km/h:

$$G_c = \frac{1145.92}{22.00}$$

$$G_c = 52^{\circ}05'14.18''$$

Sustituyendo en la **ec.7**, para una velocidad de 40km/h:

$$G_c = \frac{1145.92}{47.00}$$

$$G_c = 24^{\circ}23'$$

En base a las Velocidades de Diseño de **30 km/h** y **40 km/h** un peralte de **4.00%**, se puede comprobar que los cálculos son los correctos, tal y como se muestra en la **Tabla 49**:

Tabla 49: Radios mínimos y grados de curvas en base a la velocidad de diseño.

Velocidad de Diseño (Km/h)	Factor de Fricción Máxima (f)	Peralte Máximo 4%		
		Radio (m)		Grado de Curva
		Calculado	Recomendado	
30	0.28	22.1	22	52°05'
40	0.23	46.7	47	24°23'
50	0.19	85.6	86	13°19'
60	0.17	135.0	135	08°29'
80	0.14	280.0	280	05°39'

Fuente: Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA 2011, p. 89.

5.5.2. Elementos de la Curva Horizontal.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para la curva horizontal (**PI-7**), la cual fue trazada con los siguientes datos:

Datos de entrada:

- *Colectora Menor Urbana*
- $V_{diseño} = 30 \text{ km/h}$
- $R_c = R_{min}$
- *Deflexión del PI = $\Delta + 51^\circ 59' 35.52''$*
- *Abcisa del PI = K 0 + 448.04*
- *Ancho de la calzada = 6.00m*
- *Bombeo transversal = 3.0%*
- *Pendiente predominante = 2.5%*

• Tangente

$$T = R * \tan \frac{\Delta}{2} \quad (\text{Ec. 9})$$

$$T = (22.1) * \tan \left(\frac{51^\circ 59' 35.52''}{2} \right) = 10.73m$$

• Externa

$$E = R * \left(\frac{1}{\cos \frac{\Delta}{2}} - 1 \right) \quad (\text{Ec. 10})$$

$$E = (22) * \left(\frac{1}{\cos \left(\frac{51^\circ 59' 35.52''}{2} \right)} - 1 \right) = 2.48m$$

• Cuerda máxima

$$C_{m\acute{a}x} = 2 * R \sin \frac{\Delta}{2} \quad (\text{Ec. 11})$$

$$C_{m\acute{a}x} = 2 * (22) * \sin \left(\frac{51^\circ 59' 35.52''}{2} \right) = 19.30m$$

• Mediana

$$M = R * \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right) \quad (\text{Ec. 12})$$

$$M = (22) * \left(1 - \cos \left(\frac{51^\circ 59' 35.52''}{2} \right) \right) = 2.23m$$

- **Longitud de curva**

$$L_C = \frac{\Delta R \pi}{180} \quad (\text{Ec. 13})$$

$$L_C = \frac{(51^\circ 59' 35.52'') * (22) * \pi}{180} = 19.964m$$

- **Grado de curvatura máximo**

$$G_{C_{\text{máx}}} = \frac{145,692.26 * (e_{\text{máx}} + f)}{V^2} \quad (\text{Ec. 14})$$

$$G_{C_{\text{máx}}} = \frac{145,692.26 * (0.04 + 0.282)}{(30)^2} = 52^\circ 7' 31.6''$$

$$G_C \leq G_{\text{máx}} \quad (\text{Ec. 15})$$

$$52^\circ 5' 14.18'' \leq 52^\circ 7' 31.6'' \quad \text{CUMPLE}$$

- **Sobreelevación**

$$G_C = G_{\text{máx}}$$

$$e = \frac{e_{\text{máx}}}{(G_{\text{máx}})^2} (2 * G_{\text{máx}} - G_C) * G_C \quad (\text{Ec. 16})$$

$$e = \frac{0.04}{(52^\circ 7' 31.63'')^2} [2(52^\circ 7' 31.63'') - 52^\circ 5' 14.18''] * 52^\circ 5' 14.18''$$

$$e = 0.04 = 4\%$$

- **Longitud de transición**

$$L_T = m * a * e \quad (\text{Ec. 16})$$

$$m = 1.5625 * Vd + 75 \quad (\text{Ec. 17})$$

$$m = 1.5625(30) + 75 = 121.88$$

$$a = \frac{\text{Ancho de calzada}}{2} \quad (\text{Ec. 18})$$

$$a = \frac{6.00}{2} = 3.00m$$

$$L_T = 121.88 * \left(\frac{6.00}{2}\right) * 0.04 = 14.625 m$$

$$L_T \cong 20m$$

- **Transición de bombeo (N)**

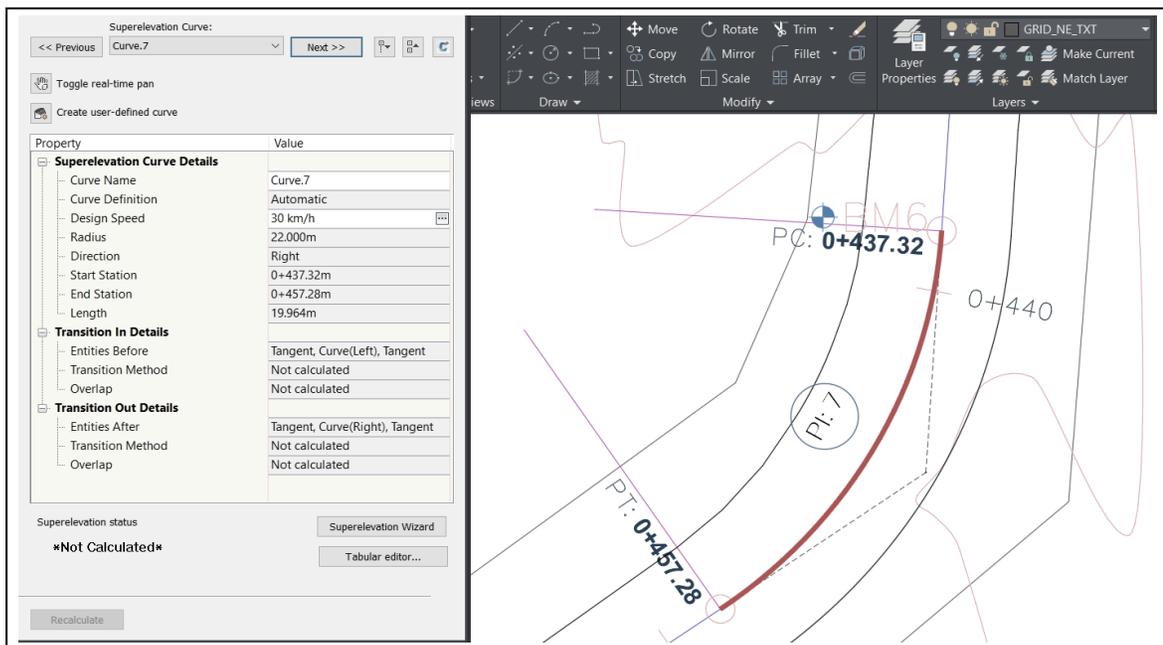
$$N = \frac{L_T * b}{e_{\text{máx}}} \quad (\text{Ec. 19})$$

$$N = \frac{20 * 3\%}{4\%} = 15m$$

5.5.3. Comprobación de Peralte en Civil-3D.

A continuación, se muestra la comprobación de los resultados obtenidos en el software Civil-3D, para la **Curva N°7 (PI 7)**:

Imagen- 16: Sentido de Peralte (CURVA No. 7).



Fuente: Software Autodesk Civil 3D -2022.

Imagen- 17: Resultado de Peralte (CURVA No. 7).

Superelevation Curve	Start Station	End Station	Length	Left Outside Sh...	Left Outside La...	Right Outside L...	Right Outside S...
Level Crown	0+432.67m			0.00%	-3.00%	0.00%	0.00%
Low Shoulder ...	0+432.67m			0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Begin Normal ...	0+450.03m			0.00%	-3.00%	-3.00%	-3.00%
Curve:7							
Transition In Region	0+410.40m	0+443.65m	33.250m				
Runout	0+410.40m	0+424.65m	14.250m				
End Normal Cr...	0+410.40m			-3.00%	-3.00%	-3.00%	0.00%
End Normal Sh...	0+424.65m			0.00%	-3.00%	-3.00%	0.00%
Level Crown	0+424.65m			0.00%	0.00%	-3.00%	0.00%
Low Shoulder ...	0+424.65m			0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Runoff	0+424.65m	0+443.65m	19.000m				
End Normal Sh...	0+424.65m			0.00%	-3.00%	-3.00%	0.00%
Level Crown	0+424.65m			0.00%	0.00%	-3.00%	0.00%
Low Shoulder ...	0+424.65m			0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Begin Curve	0+437.32m						
Reverse Crown	0+438.90m			3.00%	3.00%	-3.00%	0.00%
Begin Full Super	0+443.65m			4.00%	4.00%	-4.00%	-4.00%
Transition Out Region	0+450.95m	0+484.20m	33.250m				
Runoff	0+450.95m	0+469.95m	19.000m				
End Full Super	0+450.95m			4.00%	4.00%	-4.00%	-4.00%

CURVA No. 7:
 Vd=30km/h
 Veh. = C3
Emax=
4.00%

Fuente: Software Autodesk Civil 3D -2022.

En la **Tabla 145, Anexos, pág. LXI** se presentan los resultados obtenidos para proyección de peraltes en el tramo.

5.5.4. Sobre anchos en curvas.

Se adoptarán los sobre anchos en cada una de las curvas horizontales, de acuerdo con la SIECA, considerando que los conductores experimentan dificultades en mantener los vehículos en el centro del carril porque estos utilizan un espacio mayor cuando transitan en curvas que cuando transitan en rectas.

Una de las expresiones empíricas más utilizadas para calcular el sobree ancho en las curvas horizontales es la siguiente:

$$S_a = n * \left[R - \sqrt{R^2 - L^2} \right] + \frac{V}{10\sqrt{R}} \quad (\text{Ec. 20})$$

Donde:

Sa = Valor sobreebancho, metros.

n = Número de carriles de la superficie de rodamiento, 2 carriles.

L = Longitud entre el eje frontal y el eje posterior del vehículo de diseño, metros.

R = Radio de curvatura, 105 metros.

V = Velocidad de diseño de la carretera, 30 kilómetros / hora.

Vehículo de diseño colectora Menor Urbana: **SU** (Ver tabla 44, pág. 56)

$$L = WB1 + WB2 \quad (\text{Ec. 21})$$

$$L = 6.1 + 0 = 6.1 \text{ metros}$$

Se procedió a calcular el Sobreebancho (**Sa**) para la **Curva N°12** (PI 12):

$$S_a = 2 * \left[105 - \sqrt{105^2 - 6.1^2} \right] + \frac{30}{10\sqrt{105}}$$

$$S_a = 2 * [0.177] + 0.293$$

$$S_a = 0.65 \text{ m} > 0.60\text{m}$$

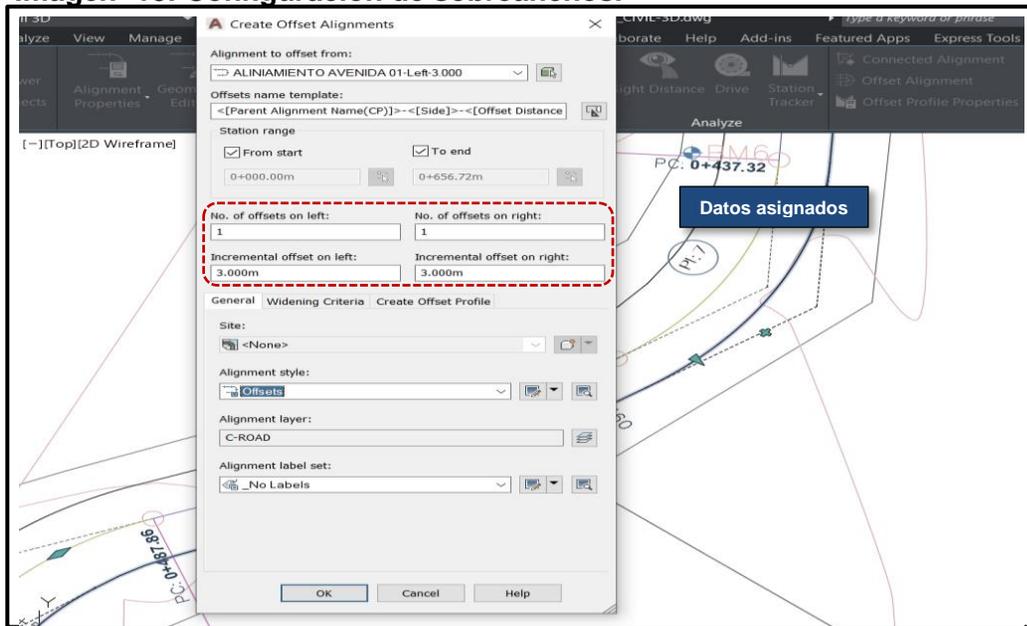
Sobreebanchos menores de 0.60m, no son necesarios en las curvas (SIECA, 2004).

En este caso se presenta mayor a 0.60m, por lo tanto, si requiere en la **curva N°12** (PI 12), un sobreebancho de 0.65 metros.

A continuación, se muestra la comprobación del cálculo del sobreebancho mediante el software Civil-3D:

Las propiedades de “**sobreebanchos**” asignadas para el tramo fueron ancho de carriles (**3.0 metros**), número de carriles (**2**):

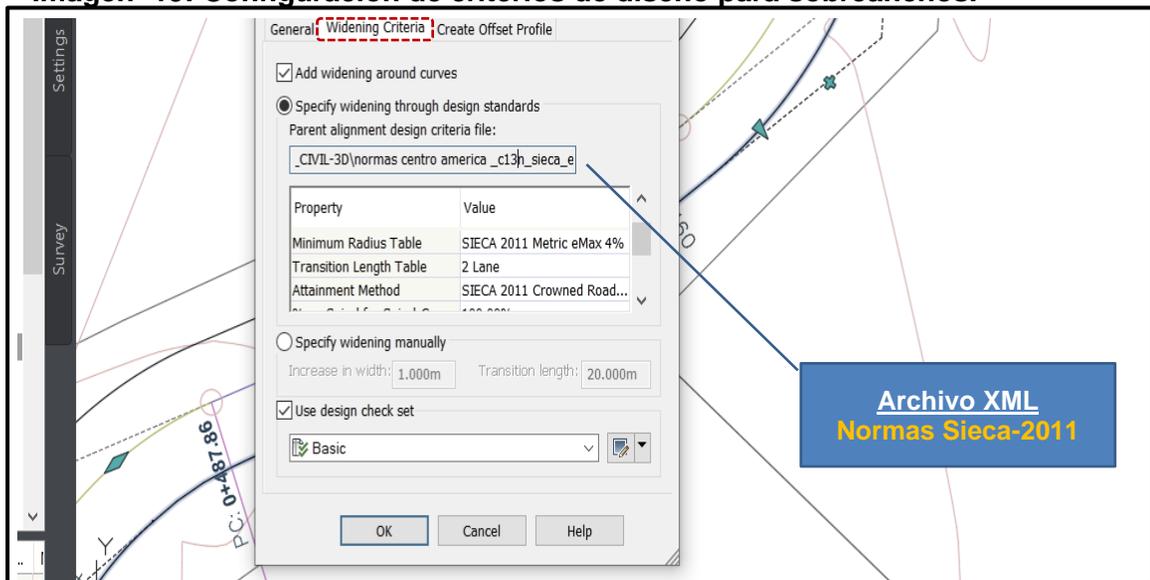
Imagen- 18: Configuración de sobreanchos.



Fuente: Software Autodesk Civil 3D -2022.

Los criterios de diseño necesarios son sobreelevación (4.00%), basándonos en un criterio de diseño (Normas de Diseño SIECA-2011, archivo XML).

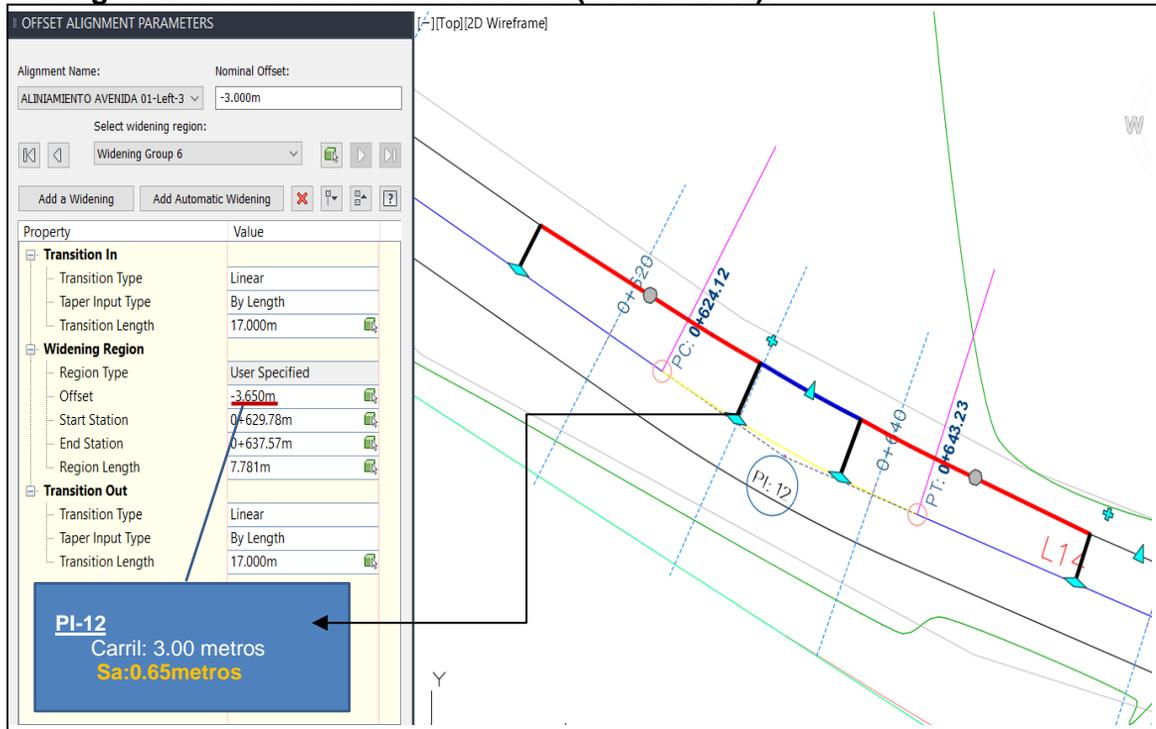
Imagen- 19: Configuración de criterios de diseño para sobreanchos.



Fuente: Software Autodesk Civil 3D -2022.

Los resultados obtenidos para la curva No. 12 (R:105.00 metros), se muestran en la imagen-20, pág. 72.

Imagen- 20: Resultado de sobrancho (curva no. 12).



Fuente: Software Autodesk Civil 3D -2022.

En la **Tabla 146, Anexos, pág. LXII** se presentan los resultados obtenidos para proyección de sobranchos en el tamo.

5.6. Alineamiento vertical en Autodesk civil 3D.

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 de una carretera está controlado principalmente por la:

Clasificación Funcional del Camino y Composición del Tránsito, Topografía del área que atraviesa, Diseño del alineamiento horizontal y su velocidad de diseño correspondiente, Distancias de Visibilidad, Drenaje, Costos de Construcción.

5.7. Diseño planimétrico del proyecto.

Se trazaron 12 curvas horizontales, cuyas características se detallan en la **Tabla 147, Anexos, págs. LXIII.**

Los radios menores de 100 metros representan el 58.3% del total de curvas, para una velocidad de 30 Kilómetros/hora fueron trazadas respetando el radio mínimo (47 metros, Av. 01 Est. 0+000-0+430), permitido para esta velocidad. De igual manera para una velocidad de 30 Kilómetros/hora fueron trazadas respetando el radio mínimo (22 metros, Av. 01 Est. 0+430-0+662), permitido para esta velocidad.

A continuación, se presentan los resultados de estacionamientos obtenidos para la curva horizontal (**PI-7**):

Puntos notables:

$$\text{EST. PI} = 0+448.04$$

$$\text{EST PC} = \text{Est PI} - T \quad (\text{Ec. 22})$$

$$\text{EST PC} = 448.04 - 10.72$$

$$\text{EST PC} = 0+437.32$$

$$\text{EST. PM} = \text{EST. PC} + (\text{DC}/2) \quad (\text{Ec. 23})$$

$$\text{EST. PM} = 437.31 + (19.964/2)$$

$$\text{EST. PM} = 0+447.29$$

$$\text{EST PT} = \text{Est PC} + \text{DC} \quad (\text{Ec. 24})$$

$$\text{EST. PT} = 437.31 + 19.964$$

$$\text{EST. PT} = 0+457.28$$

Si el desarrollo de la curva es menor a 200 metros, entonces:

Criterios:

$$D_c = 19.964m < 200m$$

∴ Replanteo desde el PC (deflexión Izquierda (ΔI) o deflexión Derecha (ΔD))

- El error de cierre permisible para el replanteo de la curva será:

$$\text{Angular } \pm 1'$$

$$\text{Lineal } \pm 10 \text{ cm}$$

Tabla 50: Cuerda máxima o corte de cadena a utilizar en el replanteo de curvas horizontales.

$G_{\text{máx}}$	Longitud de cuerda (m)
0°-5°	20
5°-15°	10
15°-más	5

Fuente: Topografía I – Curvas Horizontales (2014, pág. 177).

Tenemos:

$$G_{\text{máx}} = 52^{\circ}7'31.60''$$

$$15^{\circ} < 52^{\circ}7'31.60''$$

$$\therefore \text{Longitud de cuerda} = 5m$$

- Deflexión por metro

$$\frac{\delta}{m} = \frac{1.5 * G_c * L_c}{60} \quad (\text{Ec. 25})$$

De la tabla de replanteo tenemos los diferentes valores para L_c :

$$\delta/m = \frac{1.5 * (52^{\circ}7'31.60'') * (2.68)}{60} = 3^{\circ}29'32.66''$$

$$\delta/m = \frac{1.5 * (52^{\circ}7'31.60'') * (5)}{60} = 6^{\circ}30'56.45''$$

$$\delta/m = \frac{1.5 * (52^{\circ}7'31.60'') * (2.28)}{60} = 2^{\circ}58'16.14''$$

Tabla 51: Replanteo desde PC al PT.

PC al PT				
	EST	Lc	δ/m	$\Sigma \delta/m$
PC	437.32	-	0°00'00"	0°00'00.00"
	440	2.68	3°29'32.66"	3°29'19.57"
	445	5	6°30'56.45"	10°0'30.24"
	450	5	6°30'56.45"	16°31'27.84"
	455	5	6°30'56.45"	23°2'25.44"
PT	457.28	2.28	2°58'16.14"	26°0'36"

Fuente: Sustentantes/Topografía I – Curvas Horizontales (2014).

$$26^{\circ}0'36'' = \frac{\Delta}{2}$$

$$26^{\circ}0'36'' = \frac{51^{\circ}59'35.52''}{2}$$

$$26^{\circ}0'36'' \neq 25^{\circ}59'36''$$

Cumple tolerancia de $\pm 1'$, por lo tanto, OK

Estacionamientos Curva N°7:

Conociendo:

$$Est. PC = 0 + 437.32$$

$$Est. PT = 0 + 457.28$$

$$Est. N1 = Est. PC - 0.7L_T - N \quad (Ec. 26)$$

$$Est. N1 = 437.31 - 14 - 15 = 0 + 408.31$$

$$Est. ET = Est. PC - 0.7L_T \quad (Ec. 27)$$

$$Est. ET = 437.31 - 14 = 0 + 423.31$$

$$Est. N2 = Est. PC - 0.7L_T + N \quad (Ec. 28)$$

$$Est. N2 = 437.31 - 14 + 15 = 0 + 438.31$$

$$Est. PC = 0 + 437.31$$

$$Est. D = Est. PC + 0.3L_T \quad (Ec. 29)$$

$$Est. D = 437.31 + 6 = 0 + 443.31$$

$$Est. D' = Est. PT - 0.3L_T \quad (Ec. 30)$$

$$Est. D' = 457.27 - 6 = 0 + 451.27$$

$$Est. PT = 0 + 457.27$$

$$Est. N3 = Est. PT + 0.7L_T - N \quad (Ec. 31)$$

$$Est. N3 = 457.27 + 14 - 15 = 0 + 456.27$$

$$Est. TT = Est. PT + 0.7L_T \quad (Ec. 32)$$

$$Est. TT = 457.27 + 14 = 0 + 471.27$$

$$Est. N4 = Est. PT + 0.7L_T + N \quad (Ec. 33)$$

$$Est. N4 = 457.28 + 14 + 15 = 0 + 486.28$$

$$Comprobación: \quad D - D' \geq \frac{1}{3}D_C \quad (Ec. 34)$$

$$451.27 - 443.31 \geq \frac{1}{3}(19.96)$$

$$7.96 \geq 6.65 \text{ OK}$$

5.7.1. Distancia de Visibilidad.

La **distancia de visibilidad** es la longitud de la carretera que puede ver el conductor, la cual se puede distinguir entre visibilidad requerida para realizar con seguridad determinadas maniobras y visibilidad disponible.

$$D_p = 0.278 * V * t + \frac{V^2}{254.14(f \pm P)} \quad (Ec. 35)$$

Donde:

V: velocidad de diseño

t: tiempo de reacción ($t = 2.5s$)

f: coeficiente de fricción ($f = 0.40$ extraído Sieca – 2004)

P: pendiente ($P = 2.5\%$).

Tabla 52: Coeficiente de fricción en función de la Velocidad.

Velocidad de Diseño Km/h	Velocidad de Marcha Km/h	Tiempo de Percepción y Reacción		Coeficiente de Fricción f
		Tiempo (s)	Distancia (m)	
30	30 - 30	2.5	20.8 - 20.8	0.40
40	40 - 40	2.5	27.8 - 27.8	0.38
50	47 - 50	2.5	32.6 - 34.7	0.35
60	55 - 60	2.5	38.2 - 41.7	0.33
70	67 - 70	2.5	43.8 - 48.6	0.31
80	70 - 80	2.5	48.6 - 55.6	0.30
90	77 - 90	2.5	53.5 - 62.4	0.30
100	85 - 100	2.5	59.0 - 69.4	0.29
110	91 - 110	2.5	63.2 - 76.4	0.28

Fuente: Cuadro 4.6, SIECA 2004, pág. 4-28.

Con $P = +2.5\%$

$$D_p = 0.278 * (30) * (2.5) + \frac{(30)^2}{254.14(0.40 + 0.025)} 26.00m \cong 30 \text{ metros}$$

Con $P = -2.5\%$

$$D_p = 0.278 * (30) * (2.5) + \frac{(30)^2}{254.14(0.40 - 0.025)} = 30.2m \cong 30 \text{ metros}$$

En el **Set de Planos/ 15 láminas formato tabloide**, se muestran los datos de cada una de las curvas Horizontales trazadas en el tramo.

5.8. Diseño altimétrico del proyecto.

Resultados obtenidos: Se proyectaron 6 PIV (Punto de Intersección Alineamiento Vertical), en los cuales se trazaron 4 curvas verticales en Cresta y 2 en Columpio, no se encontró PIV con diferencia algebraica menor a 0.5%.

Ejemplo de cálculo de curva vertical en Cresta: CV-1 (Est. 0+034.94, K=9.028):

Est. PIV: 0+034.94
 Elev. PIV: 862.803
 P1: -1.08%
 P2: -6.62%
 Lcv: 50
 Vd: 30
 K: 9.028

➤ Cálculo de Δ (Diferencia de Pendiente):

$$\Delta = P1 - P2. \quad (\text{Ec. 36})$$

$$\Delta = 1.08\% - 6.62\%$$

$$\Delta = -5.54\%.$$

Distancia de Visibilidad de parada (DVP): esta es la suma de la distancia de reacción más la distancia de frenado, por tanto, se calculó con la ecuación 31, pág. 73:

Con $P = -5.54\%$

$$D_p = 0.278 * (30) * (2.5) + \frac{(30)^2}{254.14(0.40 - 0.0554)} = 31.2 \cong 35 \text{ metros}$$

La Distancia de Visibilidad de Parada (**DVP**), calculada fue de **31.2** metros, se decidió adoptar **35.0** metros. Se puede comprobar con la **tabla 53** de Distancia de visibilidad de parada y de decisión:

Tabla 53: Datos para el cálculo de Distancia de parada en función de la Velocidad.

Velocidad de Diseño KPH	Distancia de Visibilidad de Parada (m)	Tasa de Curvatura Vertical K	
		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

Fuente: Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA 2011, pág.125.

Distancia de visibilidad de Rebase:

La distancia de visibilidad para pasar o rebasar un vehículo en una carretera de dos (2) carriles de rodamiento en ambos sentidos de circulación vehicular, se refiere a la distancia necesaria para que un vehículo pueda pasar a otro u otros que circulan por el mismo carril a menor velocidad, sin peligro de colisionar con los vehículos que puedan venir en dirección opuesta por la vía que generalmente se realizará la maniobra.

Los aspectos por considerar requieren establecer los elementos siguientes, enmarcados en la operación de rebase:

d1: Distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción en metros.

d2: Distancia recorrida por el vehículo que sobrepasa mientras realiza la operación de rebase en metros.

d3: Distancia de seguridad una vez terminada la maniobra entre el vehículo que adelanta y el vehículo que circula en sentido contrario, en metros.

d4: Distancia recorrida por el vehículo que circula en sentido opuesto durante la operación de sobrepaso en metros.

La distancia preliminar de demora (**d1**), se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$d1 = 0.278 t1 [(v - m + a(\frac{t1}{2}))] \quad (\text{Ec. 37})$$

Dónde:

v = velocidad promedio del vehículo de Adelantamiento, kilómetros por hora.

t1 = Tiempo de maniobra inicial, segundos.

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

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

DATOS:

$V_D =$	30	Km/h
$a_1 =$	3.2	m / Seg ²
$a_2 =$	2.25	m / Seg ²
$t_1 =$	3.6	Seg
$m =$	15	Km/h
$t_2 =$	9.3	Seg.
$d_3 =$	40	metros
$d_4 =$	97	metros

$$d1 = 0.278 * 3.6 [(30 - 15 + 2.25(\frac{3.6}{2}))]$$

$$d1 = 0.278 * 3.6 (19.05)$$

$$d1 = 19.06 \text{ metros.}$$

Distancia de adelantamiento (**d2**) expresado por:

$$d2 = 0.278 v t_2 \quad (\text{Ec. 38})$$

Dónde:

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

t2= Tiempo de ocupación del carril opuesto, segundos.

$$d2 = 0.278 * (30) (9.3)$$

$$d2 = 77.562 \text{ metros.}$$

La Distancia de Seguridad (**d3**), la experiencia ha demostrado que valores entre 35 y 90 metros son aceptables para esta distancia.

d3 (Distancia de Seguridad): es de **50.00** metros.

La Distancia recorrida por el vehículo que viene en el carril contrario (**d4**), es práctica corriente fijar esta distancia en dos tercios (2/3) de la distancia **d2**.

$$d4 = \left(\frac{2}{3}\right) d2 \quad (\text{Ec. 39})$$

$$d4 = \left(\frac{2}{3}\right) 77.562$$

$$d4 = 51.708 \text{ metros}$$

Por consiguiente, la Distancia de Visibilidad de Rebase (**Dr**), queda establecida de la siguiente forma:

$$Dr = d1 + d2 + d3 + d4 \quad (\text{Ec. 40})$$

$$Dr = 19.06 + 77.562 + 40.0 + 51.708$$

$$Dr = 198.33 \text{ metros}$$

La Distancia de Visibilidad de Rebase calculada fue de **198.3** metros, se decidió adoptar **200** metros. Los resultados se ajustan a lo recomendado por la Sieca-2011, tal y como se muestra en la **tabla 54**:

Tabla 54: Controles de Diseño de Curvas Verticales 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: Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, SIECA 2011, pág.125.

- Se procedió a calcular la longitud de curva vertical mínima, en base a K = 7 metros:

$$Lc_{min} = K_{min}[\text{ABS}(\Delta \times 100)] \quad (\text{Ec. 41})$$

$$Lc_{min} = 7[\text{ABS}(5.54\% \times 100)]$$

$$Lc_{PVI-1} = 37.8 \approx \mathbf{38.00 \text{ metros.}}$$

Se procedió a calcular la longitud de curva vertical que correspondería, en base a **K= 9.028 metros**, mediante la ecuación N°42:

$$L = K[\text{ABS}(\Delta \times 100)] \quad (\text{Ec. 42})$$

$$L = 9.028[\text{ABS}(5.54\% \times 100)]$$

$$L = 48.8 \approx \mathbf{50.00 \text{ metros.}}$$

➤ Determinación de tipo de Curva Vertical:

Comprobación:

Para Curva en Cresta: $\Delta < 0$ (Ec. 43)

$$-5.54 < 0 \quad \mathbf{CRESTA}$$

➤ **Criterio de Drenaje:**

$$L_{\min} \leq L \quad (\text{Ec. 44})$$

$$38 \leq 50 \quad \text{Cumple}$$

➤ **Criterio de Visibilidad:**

$$L_p = (2 D_p) - \frac{404}{\text{ABS}(\Delta \times 100)} \quad (\text{Ec. 45})$$

$$L_p = (2 * 35) - \frac{404}{\text{ABS}(5.54\% \times 100)}$$

$$L_p = 2.92$$

Comprobación: $D > L$ (Ec. 46)

$$35 > 2.92 \quad \text{Cumple}$$

$$L_R = (2 D_R) - \frac{946}{\text{ABS}(\Delta x 100)} \quad (\text{Ec. 47})$$

$$L_R = (2 * 200) - \frac{946}{\text{ABS}(5.54\% x 100)}$$

$$L_R = 229.24$$

Comprobación:

$$D > L$$

$$200 < 229.24 \quad \text{No Cumple}$$

➤ **Criterio de Seguridad:**

$$L_P = \frac{\text{ABS}(\Delta x 100) * D_P^2}{404} \quad (\text{Ec. 48})$$

$$L_P = \frac{\text{ABS}(5.54\% x 100) * 35^2}{404}$$

$$L_P = 16.80$$

Comprobación:

$$D > L$$

$$35 > 16.8 \quad \text{Cumple}$$

$$L_R = \frac{\text{ABS}(\Delta x 100) * D_R^2}{946} \quad (\text{Ec. 49})$$

$$L_R = \frac{\text{ABS}(5.54\% x 100) * 200^2}{946}$$

$$L_R = 234.25$$

Comprobación:

$$D > L$$

$$200 < 234.25 \quad \text{No Cumple}$$

Puntos Notables de la CV-1:

➤ Estacionamientos:

EST. PIV= 0+034.94

$$EST. PCV = EST. PIV - \frac{L}{2} \quad (Ec. 50)$$

$$EST. PCV = 34.94 - \frac{50}{2}$$

EST. PCV = 0 + 009.94

$$EST. PTV = EST. PIV + \frac{L}{2} \quad (Ec. 51)$$

$$EST. PTV = 34.94 + \frac{50}{2}$$

EST. PTV = 0 + 059.94

➤ Elevaciones:

Elev. PIV = 862.803 metros

$$Elev. PCV = Elev. PIV - (P1 * \frac{L}{2}) \quad (Ec. 52)$$

$$Elev. PCV = 862.803 - \left(-1.08\% * \frac{50}{2}\right)$$

Elev. PCV = 863.07 metros

$$Elev. PTV = Elev. PIV + (P * \frac{L}{2}) \quad (Ec. 53)$$

$$Elev. PTV = 862.803 + \left(-6.62\% * \frac{50}{2}\right)$$

Elev. PTV = 861.15 metros

➤ **Punto más alto sobre la curva:**

$$Dx = \frac{p * lcv}{ABS(\Delta)} \quad (\text{Ec. 54})$$

$$Dx = \frac{-1.08\% * 50}{ABS(-5.54\%)}$$

$$Dx = 9.75$$

$$EST. Dx = EST. PCV + Dx \quad (\text{Ec. 55})$$

$$EST. Dx = 9.94 + 9.75$$

$$EST. Dx = 0 + 019.69$$

➤ **Replanteo de la CV-1:**

Criterios:

$Lc = 50 m \therefore$ Replanteo desde el PCV a PCV a cada 10 metros

Tabla 55: Cuerda máxima o corte de cadena a utilizar en el replanteo de curvas horizontales.

Lc	Replanteo
50<	5
50-160	10
>160	20

Fuente: Topografía I – Curvas Horizontales (2014).

A partir del PCV:

$$ELEV. \frac{S}{T} = ELEV. PCV \pm \left(\frac{P1 * x}{100} \right) \quad (\text{Ec. 56})$$

A partir del PTV:

$$ELEV. \frac{S}{T} = ELEV. PTV \pm \left(\frac{P2 * x}{100} \right) \quad (\text{Ec. 57})$$

$$Yi = \frac{A * x^2}{2 * Lv} \quad (\text{Ec. 58})$$

$$ELEV. \frac{S}{C} = ELEV. \frac{S}{T} - Y \quad (\text{Ec. 59})$$

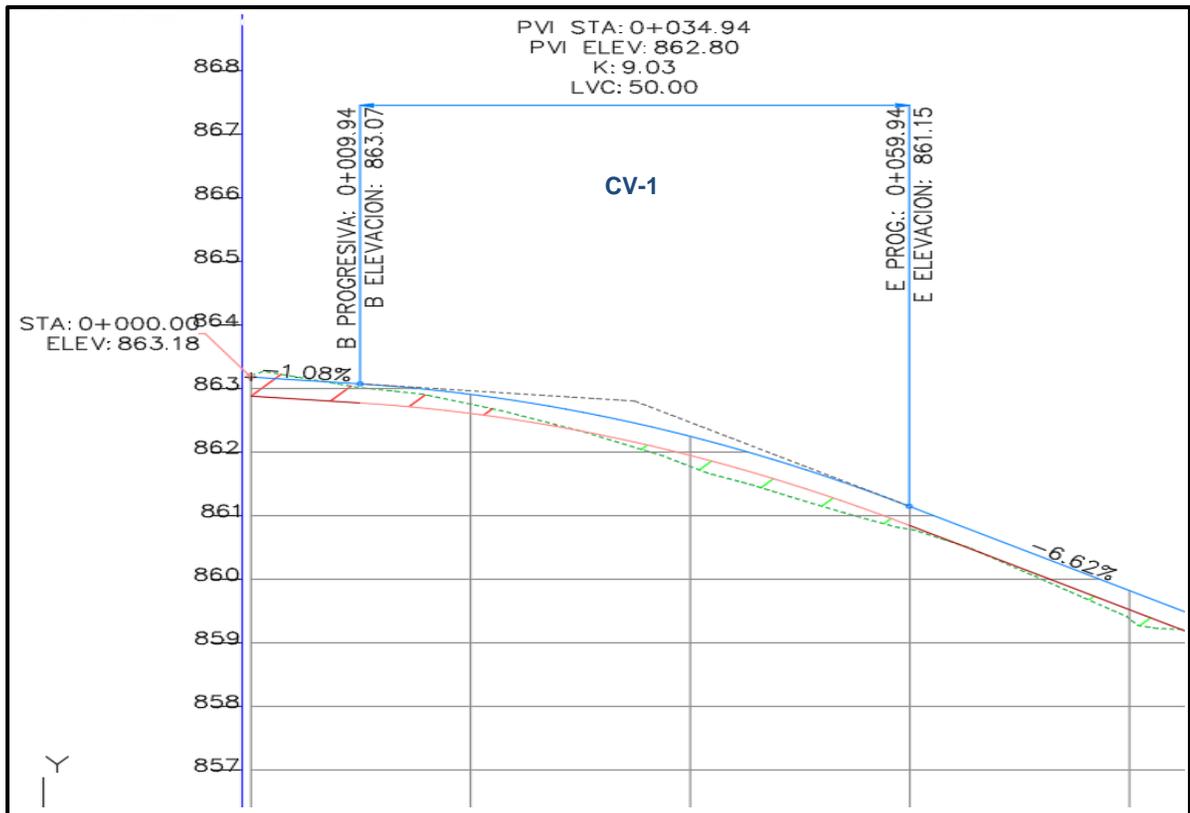
Tabla 56: Replanteo desde PCV al PTV.

	EST	Xm	Elev. S/T	Y	Elev. S/C
PCV	0+009.94	0	863.07 m	0.00	863.07
	0+010.00	0.06	863.069 m	0.00	863.07
Dx	0+019.69	9.75	862.965 m	0.05	862.91
	0+020.00	10.06	862.961 m	0.06	862.91
	0+030.00	20.06	862.853 m	0.22	862.63
PIV	0+034.94	25.00	862.8 m	0.35	862.45
	0+040.00	19.94	862.47 m	0.22	862.25
	0+050.00	9.94	861.808 m	0.05	861.75
PTV	0+059.94	0	861.15 m	0.00	861.15

Fuente: Sustentantes/Topografía I – Curvas Horizontales (2014).

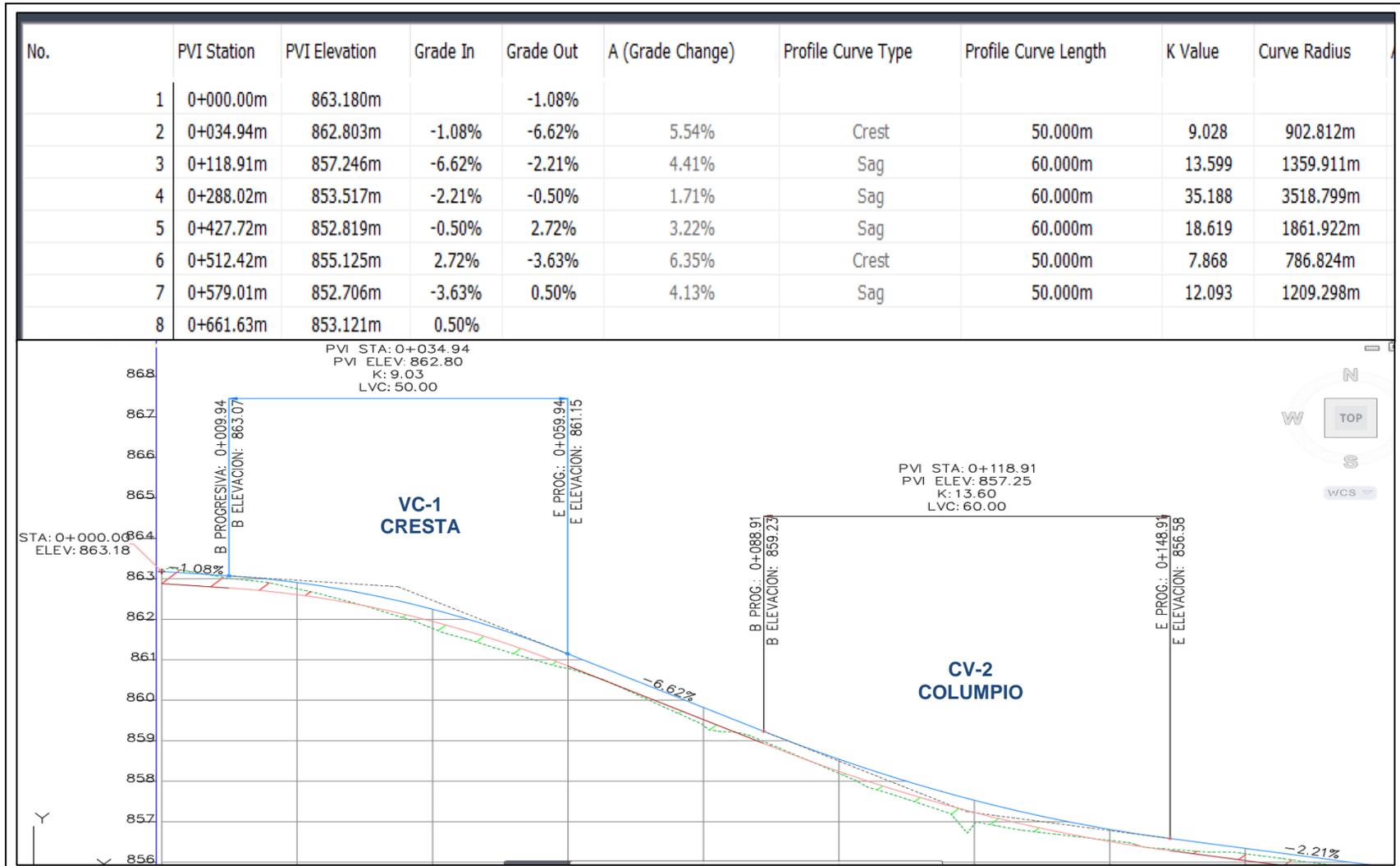
A continuación, en la **imagen-21** se muestra los resultados de Estacionamientos y Elevaciones para la CV-1:

Imagen- 21: Alineamiento vertical CV-1 (Cresta).



Fuente: Software Autodesk Civil 3D -2022.

Imagen- 22: Alineamiento vertical.



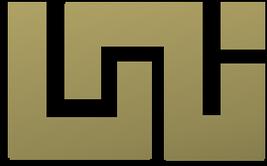
Fuente: Software Autodesk Civil 3D -2022.

A continuación, en la **tabla 57**, se presentan los parámetros de diseño adoptados para el barrio:

Tabla 57: Parámetros de diseño adoptadas.

ITEM	DESCRIPCIÓN / PARAMETRO.	ABREVIATURA	UNIDAD DE MEDIDA	VALORES.
1	Clasificación Funcional.	Colectora Menor Urbana (CU)		
2	Ancho del derecho de vía.	ADV	MT.	10.00
3	Velocidad de Diseño.	VD	KPH	30-40
4	Velocidad de Ruedo.	VR	KPH	30-40
5	Vehículo de proyecto.	VEH.	TIPO-AASHTO	SU
6	Tránsito de diseño	TPDA	Vpd.	524
7	Radio de curvatura Mínimo.	RM	mt.	22-47
8	Grado de Curvatura máximo.	GC	G. MIN. SEG.	52°05'- 24°23'
9	Número de Carriles.	NC	UNID.	2.00
10	Ancho Carril.	AC	mt.	3.00
11	Ancho total de Rodamiento.	AR	mt.	6.00
12	Ancho de Hombros.	HM	mt.	0.00
13	Ancho de Corona.	AC	mt.	6.30
14	Pendiente transversal. (Bombeo)	B	%	3.00
15	Pendiente de Hombros.	HM%	%	0.00
16	Sobreelevación Máxima (peralte).	EMAX.	%	4.00
17	Factor (L) entre ejes vehículo Diseño.	LEE	MT.	6.10
18	Sobrecorrimiento Mínimo en curvas horiz.	SMIN	MT.	0.60
19	Sobrecorrimiento Máximo en curvas horiz.	SMAX	MT.	1.80
20	Coefficiente de fricción lateral.	f1	S/U	0.28-0.23

Fuente: Elaborado por Sustentantes.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Construcción

CAPÍTULO VI

DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO



6.1. Generalidades.

La primera guía AASHO para diseño de pavimentos rígidos se publicó en 1962 ("AASHO Interim Guide for Design of Pavement Structures). Esta fue evaluada y revisada en 1972 y 1981. Entre 1984 y 1985, el Subcomité en Diseño de Pavimentos y consultores revisaron la guía en vigencia y así sale la "AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (1986) con muchas variaciones con respecto a las versiones anteriores. En 1993 se publica una nueva versión de la guía, pero sin cambios en lo que concierne al diseño de pavimentos rígidos.

El método AASHTO para pavimentos rígidos, se basa principalmente en los resultados del ensayo vial ASSHO. El procedimiento de diseño permite la determinación del espesor del pavimento y la cantidad de acero de refuerzo, en su caso, así como el diseño de las juntas. Es adecuado para pavimentos de concreto simple, simplemente reforzado y de refuerzo continuo.

Para el método AASHTO la fórmula de diseño es:

$$\log W_{18} = Z_R S_o + 7.35 \log(D + 1) - 0.06 + \frac{\log \frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}}{1 + \frac{1.625 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 p_t) \log \left[\frac{S_c' C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \left(D^{0.75} - 18.42 \left(\frac{k}{E_c} \right)^{0.25} \right)} \right] \quad (\text{Ec. 60})$$

En donde:

W₁₈ = Numero previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas, a lo largo del periodo de diseño.

Z_r = Desviación normal estándar.

S_o = Error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento.

D = Espesor de pavimento de concreto, en milímetros.

ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y final.

Pt = índice de serviciabilidad o servicio final.

Mr = Resistencia media del concreto (en Mpa) a flexión a los 28 das (método de carga en los tercios de la luz).

Cd = Coeficiente de drenaje

J = Coeficiente de transmisión de cargas en las juntas.

Ec = Módulo de elasticidad del concreto, en Mpa

k = Módulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie (base, subbase o subrasante) en la que se apoya el pavimento de concreto.

6.2. Variables por considerar en este método:

6.2.1. Ejes simples equivalentes de 82 kN (W80).

En este método se requiere la transformación a ejes simples equivalentes de 82 kN (8.0 Toneladas Métrica ó 18,000 libras), los ejes de diferentes pesos que circularán por el pavimento durante su periodo de diseño.

Para el periodo de diseño, por el tipo de construcción que es, se necesita que este no sea menor a 15 años, con el objeto de poder considerar diferentes alternativas en el plazo que se decida e incluso es recomendable que, durante el periodo de análisis se incluya por lo menos una rehabilitación. En el **Capítulo 3**, se determinó el ESAL's que se espera durante el periodo de diseño obteniéndose un valor de **786,993.00** ejes equivalentes a **18000 libras ó 8.2 toneladas métricas**.

6.2.2. Confiabilidad (R) y desviación normal estándar (Zr).

Tiene el mismo significado que para pavimentos flexibles, es decir que se refiere al grado de certidumbre de que un dado diseño puede llegar al fin de su período de análisis en buenas condiciones. Para el tramo en estudio se utilizó un valor de confiabilidad **R** del **85%**, que corresponde a un valor recomendado para una carretera colectoras menor urbana y de acuerdo con la confiabilidad seleccionada se utilizó un **Zr** (desviación normal estándar), de **-1.037**, lo cual se muestra en las **Tablas N°58 y N°59**.

Tabla 58: Niveles de Confiabilidad R en Función del tipo de Carretera.

➤ <i>Clasificación Funcional</i>	confiabilidad recomendada (R: Reliability)	
	➤ Suburbanas	➤ Rurales
➤ <i>Interestatales y Autopista</i>	➤ 85-99.9	➤ 80-99.9
➤ <i>Arterias principales</i>	➤ 80-99	➤ 75-95
➤ Colectoras	➤ 80-95	➤ 75-95
➤ <i>Locales</i>	➤ 50-80	➤ 50-80

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las carreteras Regionales, SIECA 2004.

Tabla 59: Valores de Zr en función de la confiabilidad R.

Confiabilidad R (%)	Desviación normal estándar (Zr)
50	0
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.34
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.09
99.99	-3.75

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

6.2.3. Desviación estándar.

La desviación estándar aplicada en este modelo se identifica como la variación en la predicción del comportamiento de los niveles de servicio del tránsito teniendo en cuenta los errores en la predicción de este. La AASHTO ha dispuesto ciertos valores que fueron desarrollados a partir de un análisis de varianza que existía en el Road Test y en base a predicciones futuras del tránsito. En este caso la Desviación estándar (**So**), escogida fue de **0.35**.

Tabla 60: Desviación estándar dependiendo de las condiciones de servicio.

Tipo de Pavimento	Rango para la desviación Estándar Total, So	So considerando la varianza del tránsito	So SIN considerar la varianza del tránsito
Pavimento Flexible	0.40 - 0.50	0.49	0.44
Pavimento Rígido	0.30 – 0.40	0.39	0.34

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

6.2.4. Serviciabilidad.

El Manual de Diseño AASHTO establece el porcentaje de pérdida de serviciabilidad (Δ PSI), para varios niveles de tráfico y cargas de ejes. Entre mayor sea el Δ PSI, mayor será la capacidad de carga del pavimento antes de fallar. La serviciabilidad se puede definir como la habilidad del pavimento de servir al tipo de tráfico (autos y camiones) que circulan en la vía, se mide en una escala del 0 al 5 en donde 0 (cero), significa una calificación para pavimento intransitable y 5 (cinco), para un pavimento excelente. (Tabla 61).

Tabla 61: Escala serviciabilidad

Índice de Servicio	Clasificación
5	Excelente
4	Muy Bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos.

Definición de serviciabilidad inicial (Po): Es la condición que tiene un pavimento inmediatamente después de la construcción de este. Los valores recomendados por AASHTO para este parámetro son: Para pavimento de Concreto de **4.5** y Para pavimento de Asfalto de **4.2**. (Tabla 62)

Serviciabilidad final (Pt): La serviciabilidad final tiene que ver con la calificación que esperamos tenga el pavimento al final de su vida útil. (Ver Tabla 53, pág. 78)

Tabla 62: Factores de Serviciabilidad.

Tipo de Carretera	Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)			
	Pavimentos flexibles		Pavimentos rígidos	
	PSI inicial	PSI Final	PSI inicial	PSI Final
Carreteras Principales	4.2	2.5	4.5	2.5
Carreteras Secundarias		2.0		2.0
Condición de Falla		1.5		1.5

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos.

Así que para un pavimento Rígido con un **Po** de **4.5** al momento de su construcción y al tener una clasificación funcional de **Colectora Menor Urbana**, se espera que al cumplir su vida útil se obtenga un **Pt** de **2.0**.

La diferencia entre ambos índices se define como Pérdida de Serviciabilidad (**Δ PSI**):

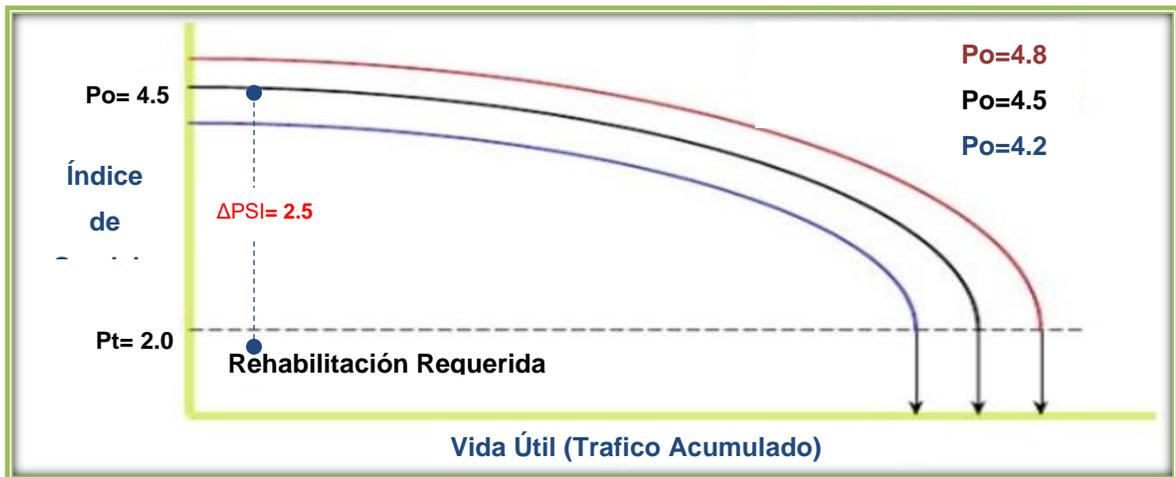
$$\Delta PSI = P_o - P_t \quad (\text{Ecuación 61})$$

$$\Delta PSI = 4.5 - 2.0$$

$$\Delta PSI = 2.5$$

De acuerdo con los datos escogidos se espera que el pavimento Rígido tenga una capacidad de carga de **2.5** (**Δ PSI**). (**Gráfico 5**)

Gráfico 5: Comportamiento del pavimento con el índice de serviciabilidad.



Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos.

En el **Gráfico: 5** se puede observar que mientras mejor se construya inicialmente un pavimento, o bien, mientras mejor índice de serviciabilidad inicial tenga mayor será su vida útil.

6.2.5. Consideraciones de drenaje en el diseño del pavimento.

Un buen drenaje aumenta la capacidad portante de la subrasante (el módulo resiliente aumenta cuando baja el contenido de humedad), mejorando la calidad del camino y permitiendo el uso de capas más delgadas.

En la **tabla 63** se indican los tiempos de drenaje recomendados por AASHTO, estas recomendaciones están basadas en el tiempo requerido para drenar la capa de base hasta un grado de saturación del 50%. Sin embargo, el criterio del 85% de saturación reduce en forma significativa el tiempo real usado para seleccionar la calidad del drenaje.

Tabla 63: Capacidad del drenaje para remover la humedad.

Calidad del drenaje	Aguas removidas en:	
	50% de saturación	85% de saturación
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	De 10 a 15 horas
Malo	No drena	Mayor de 15 horas

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

Para el diseño de pavimentos rígidos se usan los coeficientes de drenaje (**Cd**), que ajustan la ecuación de diseño que considera la resistencia de la losa, las tensiones y condiciones de soporte. En este caso el coeficiente de drenaje (**Cd**), fue de **Cd= 1.00**. (Tabla 64)

Tabla 64: Coeficiente de drenaje para pavimentos rígidos.

Calidad del drenaje	P= % del tiempo que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación.			
	< 1%	1% - 5%	5% - 25%	> 25%
Excelente	1.25-1.20	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10
Bueno	1.20-1.15	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00
Regular	1.15-1.10	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90
Pobre	1.10-1.00	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80
Muy Pobre	1.00-0.90	0.90-0.80	0.80-0.70	0.70

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

6.2.6. Cálculo del CBR de diseño.

La ASTM denomina a este ensayo, simplemente como “Relación de soporte” y esta normado con el número ASTM D 1883-73 y en la AASHTO con el número T-193. El CBR de diseño de este tramo es de **22%**. Este se obtuvo con un percentil de **75%**. (Ver Gráfico-4 del cap. IV, pág. 54)

6.2.7. Módulo de resiliencia (Mr).

La base para la caracterización de los materiales de la subrasante en este método es el Módulo Resiliente, el cual es una medida de la propiedad elástica de los suelos y se determina con un equipo especial que no es de fácil adquisición. Se han establecido correlaciones para calcularlo a partir de otros ensayos, como el CBR, la guía de diseño de la AASTHO establece las siguientes correlaciones para encontrar el Módulo Resiliente de la subrasante.

Tabla 65: Correlación entre el CBR y módulo resiliente para subrasante y base.

Valor de CBR	Consideración
CBR < 10%	$Mr = 1500 * CBR$ Ec.62.
CBR > 10%	$Mr = 4326 * \ln(CBR) + 241$ Ec.63.

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

En este caso como se obtuvo un CBR de diseño para la subrasante de 22%, utilizaremos la segunda correlación para calcular el Módulo Resiliente de la subrasante aplicando la ecuación N° 63, por tanto:

$$Mr = 4326 * \ln(CBR) + 241 \quad (\text{Ec.63})$$

$$Mr = 4326 * \ln(22) + 241$$

$$Mr = 13,612.85 \text{ lb. /pulg}^2.$$

A continuación, se realizó la Estimación del módulo resiliente del banco base N°1 propuesto en función de su CBR (83%).

$$Mr = 4326 * \ln(CBR) + 241$$

$$Mr = 4326 * \ln(83\%) + 241$$

$$Mr = 19,356.9 \text{ lb. /pulg}^2.$$

6.2.8. Coeficiente de transmisión de carga (J).

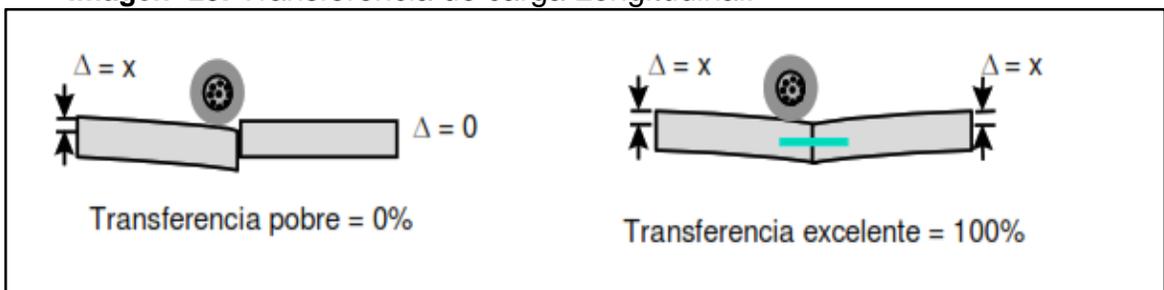
El coeficiente de transmisión de carga (J), es la capacidad que tiene una losa del pavimento de transmitir las fuerzas cortantes con sus losas adyacentes, con el objetivo de minimizar las deformaciones y los esfuerzos en la estructura del pavimento.

Mientras mejor sea la transferencia de cargas, mejor será el comportamiento de las losas del pavimento. La efectividad de la transferencia de carga entre las losas adyacentes depende de varios factores:

- Cantidad de tráfico.
- Utilización de pasa juntas.
- Soporte lateral de las losas.

A continuación, se presenta una correcta transferencia de carga.

Imagen- 23: Transferencia de carga Longitudinal.



Fuente: Libro de Diseño de Pavimentos AASHTO-93, Pag 207 pdf.

El uso de pasa juntas de transferencia y de bermas o sobrecanchos tiene un efecto positivo en la reducción de esfuerzos en las losas, de acuerdo con estudios de deflexión elaborados por la American Concrete Pavement Association (ACPA).

Por lo tanto, este estudio se considera la unión de pasa juntas tanto transversales como longitudinales, ya que, el volumen de tráfico es alto predominando un tráfico vehicular liviano (76.15%) y pesado (23.85%). También incluirá el uso de berma de asfalto o de tierra. en base a lo planteado anteriormente se asume un coeficiente de transmisión de carga de: **J: 3.2. ver tabla 66, pág. 97.**

Tabla 66: Valores de Coeficiente de transmisión de carga (J).

Tipo de Pavimento	Berma de Asfalto		Berma de Ho. Vinculada	
	Disp. Transferencia		Disp. Transferencia	
	SI	NO	SI	NO
Junta sencilla y Junta Reforzada	3.2	3.8-4.4	2.5 - 3.1	2.6 – 4.2
Reforzado continuo	2.9 – 3.2	N/D	2.3 -2.9	N/D

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

En cuanto al tipo de borde u hombro y de la colocación de los elementos de transmisión de carga, el pavimento de concreto estará lateralmente soportado con **Bordillo integrado**, de típica utilización en arteria Urbanas.

Imagen- 24: Tipo de Soporte Lateral Propuesto.



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

6.2.9. Propiedades del concreto.

Son dos las propiedades del concreto que influyen en el diseño de un pavimento de concreto y en su comportamiento a lo largo de su vida útil:

- a. Módulo de Elasticidad del Concreto (**Ec**).
- b. Resistencia a la tensión por flexión (**S[´]c**) ó Módulo de Ruptura (**MR**).

6.2.9.1. Módulo de elasticidad del concreto (Ec).

El Módulo de elasticidad del concreto (Ec) se puede determinar conforme el procedimiento descrito en la Gua Para Diseño de Estructuras de Pavimentos, AASHTO, 1,993, correlacionarlo con otras características del material como es la resistencia a la compresión.

En algunos códigos se indica que, para cargas instantáneas el valor del Módulo de Elasticidad (**Ec**), se puede considerar conforme la **ecuación 64**, en este caso utilizando concreto de **280 Kg/cm²**, por tanto:

Se procedió a la conversión de unidades kg/cm² a psi para el valor de **280 kg/cm²** corresponde a:

$$\left(280 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right) * \left(\frac{2.205 \text{ lb}}{1 \text{ kg}}\right) * \left(\frac{1 \text{ cm}^2}{0.155 \text{ pulg}^2}\right) = \mathbf{3,982.55 \text{ psi}} \quad (\text{Ec. 64})$$

Se procedió a calcular su **Módulo de Elasticidad (Ec)**:

$$\mathbf{Ec= 57,000 \times \sqrt{f'_c}} \quad (\text{Ec.65})$$

Dónde:

Ec = Módulo de Elasticidad del concreto, (psi).

f_c' = Resistencia a compresión simple del Hormigón (psi)

$$\mathbf{Ec= 57,000 \times \sqrt{3,982.55}}$$

$$\mathbf{Ec= 3,597,125.44 \text{ PSI}}$$

Para el presente diseño se obtuvo un módulo de Elasticidad del concreto (**Ec**) de **3,597,125.44 psi** equivalente a 252,902.94 Kg/cm².

6.2.9.2. Módulo de ruptura (Mr).

Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión es recomendable que su especificación de resistencia sea acorde con ello, por eso el diseño considera la resistencia del concreto trabajando a flexión, que se le conoce como resistencia a la flexión por tensión (S'c) o Módulo de Ruptura (MR) normalmente especificada a los 28 días (f'c).

Conociendo el **f'c** del concreto en **3,982.55 Psi**, el Módulo de Ruptura (**MR**), se calculó con la siguiente ecuación:

$$\mathbf{MR= 9.5 \times \sqrt{f'_c}} \quad (\text{Ec. 66})$$

Dónde:

Mr = **Módulo de ruptura** del concreto, psi.

f'c = Resistencia a compresión, psi.

$$\mathbf{MR= 9.5 \times \sqrt{3,982.55}}$$

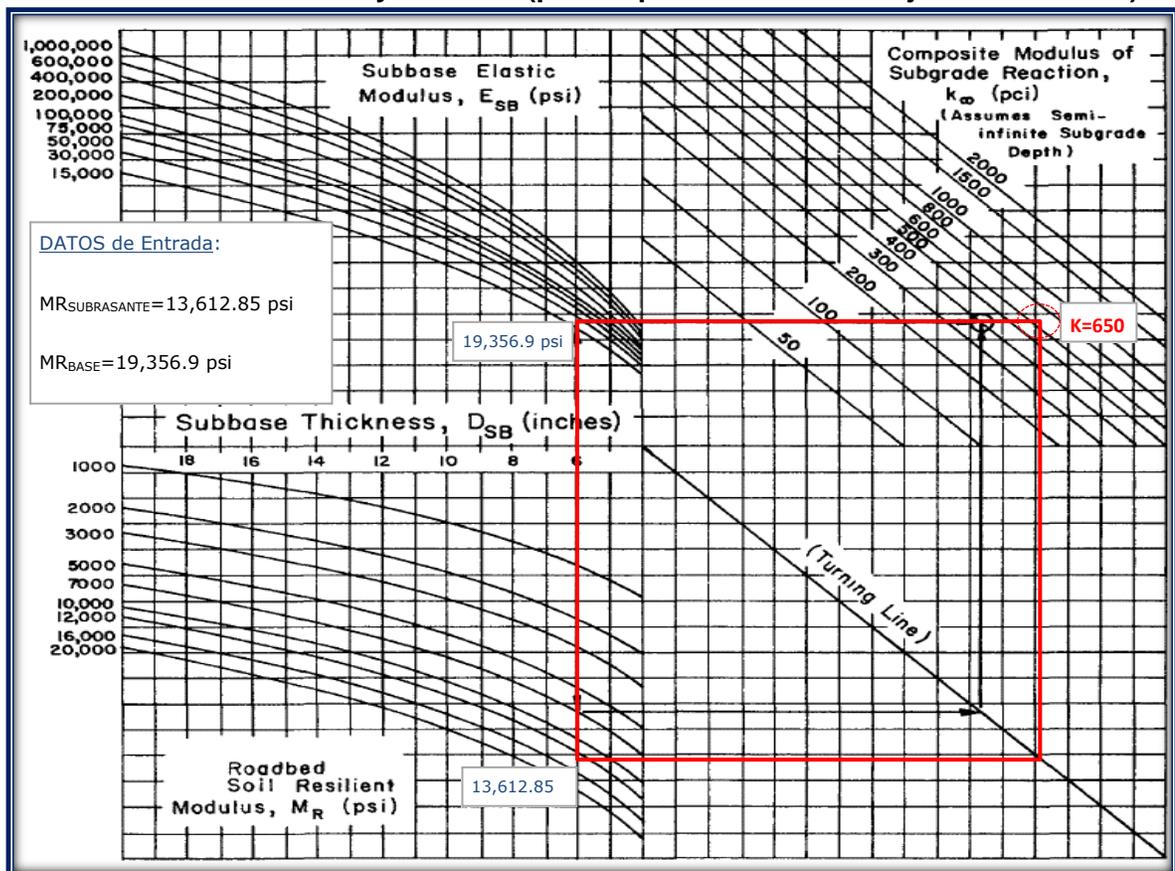
$$\mathbf{MR= 599.5 \text{ PSI} \approx 600 \text{ PSI}}$$

Para el presente diseño se obtuvo un módulo de ruptura (M_r) de 42.2 Kg/cm² o (600 psi), lo cual es aceptable para este tipo de vías con clasificación Funcional de (Colectora menor urbana).

6.2.10. Módulo de reacción de la subrasante (k) de diseño.

Es el valor de la capacidad de soporte del suelo la cual depende del Módulo Resiliente de la subrasante ($M_r=13,612.85$ psi) y del Módulo elástico de la base (ESB 19,356.9 psi), suponiendo un espesor infinito de la subrasante, (lo cual significa que la capa rígida se encuentra a más de 3 m de profundidad), el cálculo de reacción "K" se realiza mediante el uso de nomogramas. Para el diseño se adoptó un espesor de base $DSB = 6$ " pulg mínimo recomendado. Ver Gráfico-6.

Gráfico 6: Ábaco para obtener el módulo de reacción compuesto por efecto combinado de subrasante y subbase (para espesor infinito de bajo la subrasante).



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

6.2.11. Factor de pérdida de soporte (Ls).

Este factor, es el valor que se le da a la pérdida de soporte que pueden llegar a tener las losas de un pavimento de concreto, por efecto de la erosión en la subbase por corrientes de agua por los asentamientos diferenciales de la subrasante.

Este factor no aparece en forma directa en la fórmula de diseño para obtener el espesor de un pavimento de concreto; pero si está en forma indirecta a través de la reducción del Módulo de reacción efectivo de la superficie (subrasante) en que se apoyan las losas. En la siguiente **tabla 67** se facilitan los valores de **Ls** para distintos tipos de subbases y bases.

Tabla 67: Valores típicos de factores de pérdida de soporte.

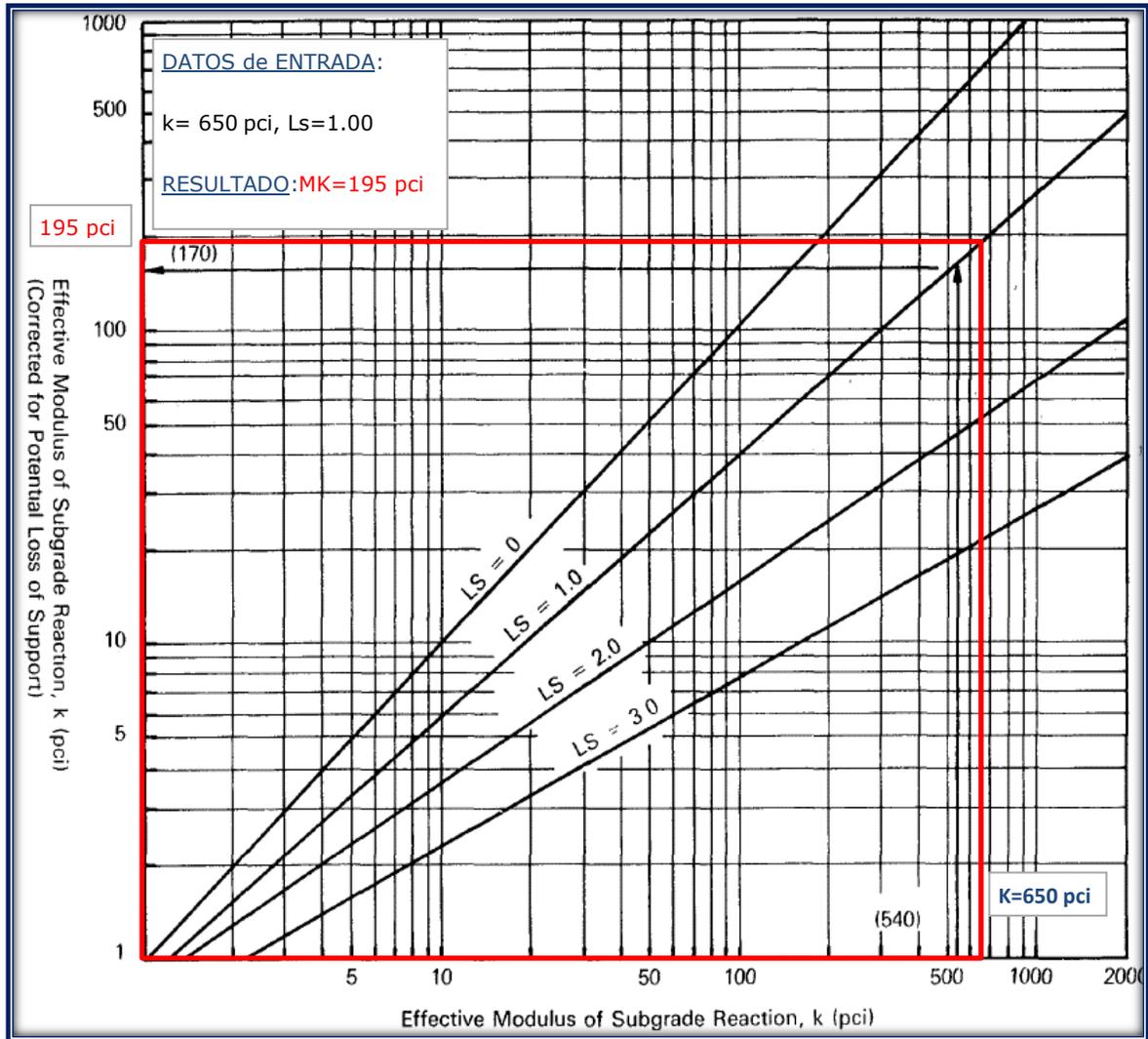
Tipo de Material	Pérdida de Soporte (LS)
Base Granular Tratada con Cemento (E=1 000 000 a 2 000 000 lb/pulg ²)	0.0 a 1.0
Mezclas de Agregado y Cemento (E=500 000 a 1 000 000 lb/pulg ²)	0.0 a 1.0
Base Tratada con Asfalto (E=350 000 a 1 000 000 lb/pulg ²)	0.0 a 1.0
Mezclas Estabilizadas con Materiales Bituminosos (E=40 000 a 300 000 lb/pulg ²)	0.0 a 1.0
Mezclas Estabilizadas con Cal (E=20 000 a 70 000 lb/pulg ²)	1.0 a 3.0
Materiales Granulares sin tratar (E=15 000 a 45 000 lb/pulg ²)	1.0 a 3.0
Materiales de Grano Fino o Subrasante Natural (E=3 000 a 40 000 lb/pulg ²)	2.0 a 3.0

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

Para el presente diseño se escogió una Perdida de Soporte (**Ls**), de **1.00**. ya que, se tiene un material con fragmentos piedra grava y arena según su clasificación de suelo (A-1-a). El módulo resiliente estimado para la base granular sin estabilizar es de 19,356.9 psi.

Conociendo la pérdida de soporte de la base producida por erosión "LS", se corrige el valor del módulo de reacción efectivo de la subrasante por medio del ábaco del **Gráfico 7**. Este valor corregido es el que se utiliza para el diseño de los espesores del pavimento rígido.

Gráfico 7: módulo de reacción (MK) por pérdida de soporte de la subrasante.



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

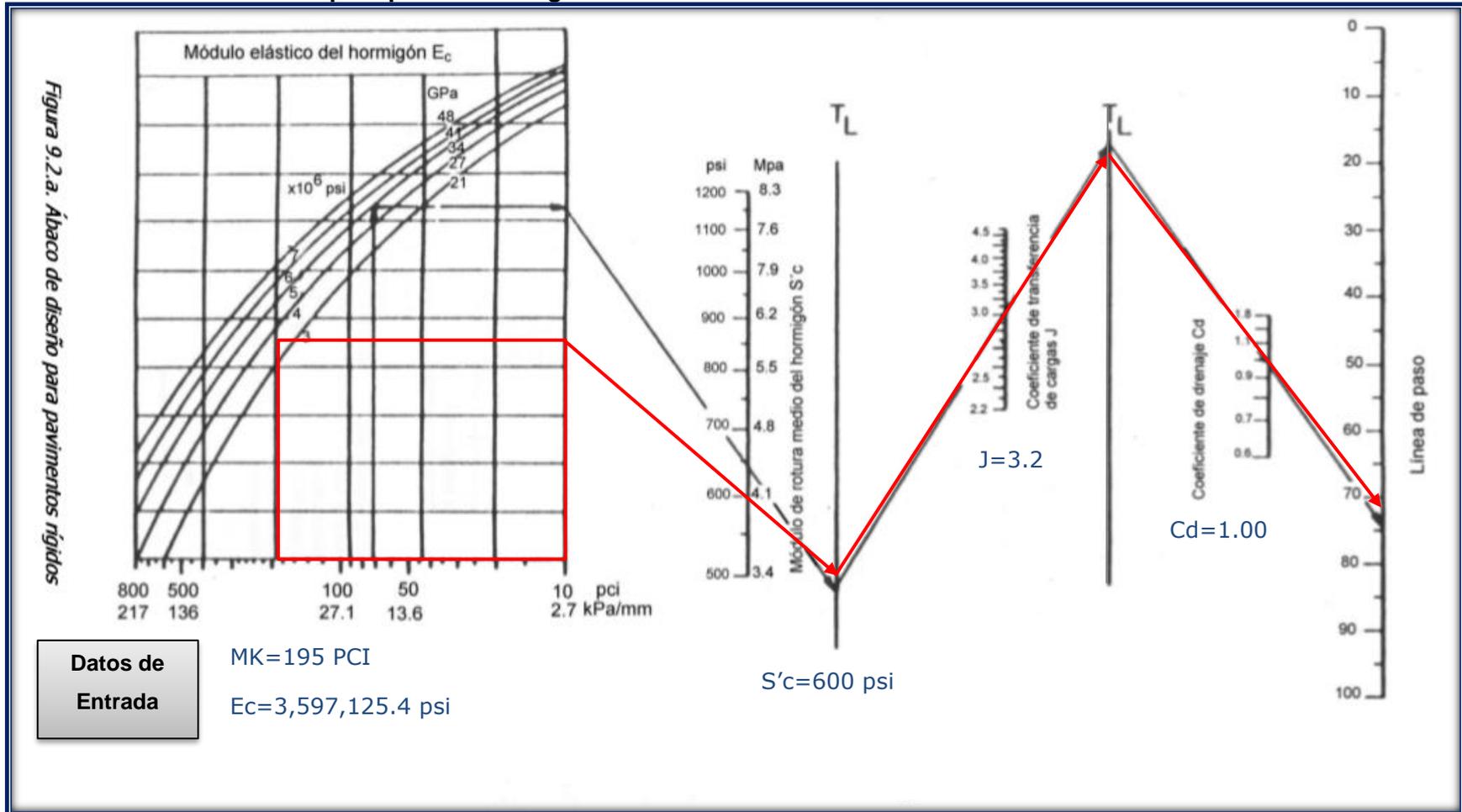
El módulo de reacción corregido de la subrasante resulto de: $MK = 195$ pci.

6.2.12. Procedimiento para calcular el espesor de losa.

El espesor de losa, que corresponde a las condiciones de diseño, se puede calcular resolviendo la ecuación planteada por el método AASHTO-93, o mediante el uso del ábaco u mediante programas de computación como WinPAS 1.0.4.

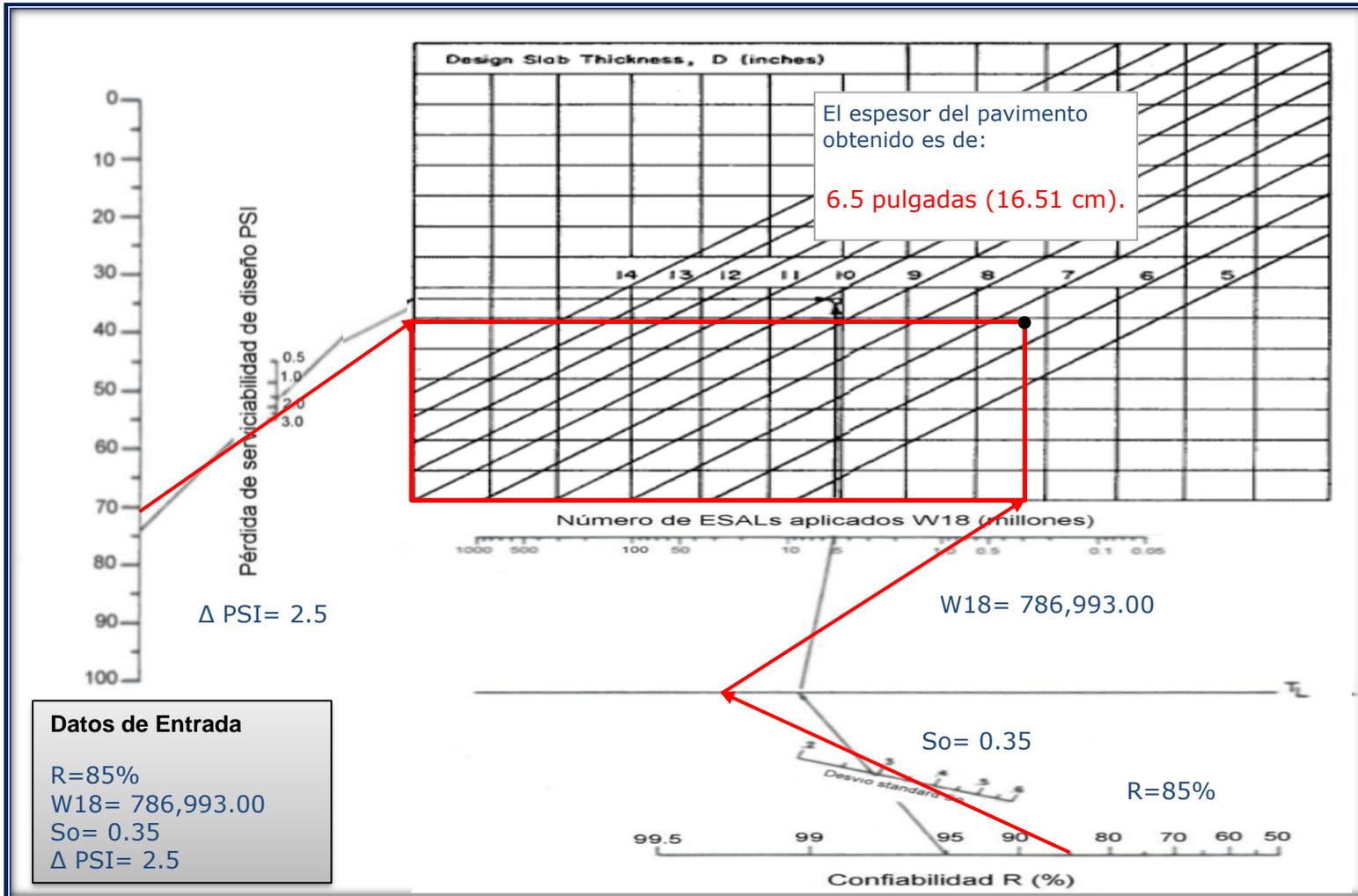
A continuación, se presenta la estimación del espesor de la losa mediante ábacos de diseño para pavimentos Rígidos. Donde se obtuvo un valor de $D = 6.5''$

Gráfico 8: Ábaco de diseño para pavimentos rígidos.



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

Gráfico 9: Ábaco de diseño para pavimentos rígidos.



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

6.3. Espesores finales de diseño.

En base al análisis y a los resultados obtenidos, la losa de concreto Hidráulico del tramo de 700 metros lineales de calles del Barrio Francisco Rivera Quintero de la Ciudad de Estelí, será de **6.5 pulgadas** y su base de 6.0” pulgadas.

Los espesores son los siguientes:

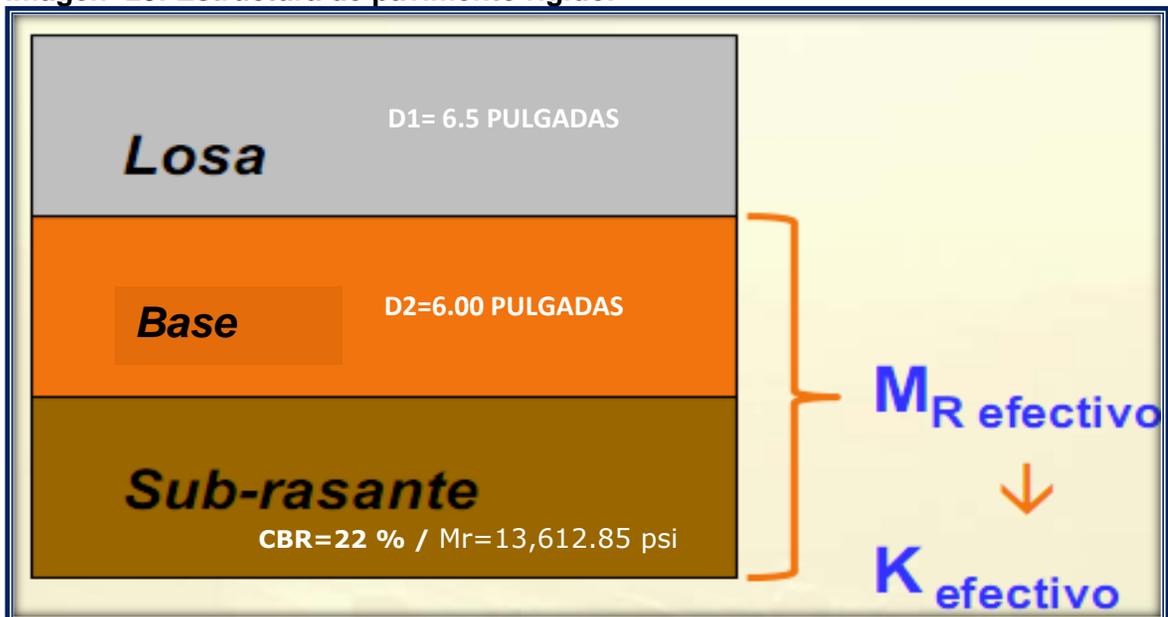
Tabla 68: Espesores de diseño.

Paquete Estructural	Espesor	
	Pulgadas	Centímetros
Losa de Concreto Hidráulico	6.5	16.51
base granular	6.0	15.24
Espesor Total Requerido	12.5”	31.75 cm

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Tal y como se muestra en la **Imagen 25** la estructura total es de **12.5 pulgadas**.

Imagen- 25: Estructura de pavimento rígido.



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

6.4. Programa WinPAS 10 (Pavement Analysis Software).

Para verificar los resultados obtenidos anteriormente se procede a hacer uso del programa WinPAS (Pavement Analysis Software, versión 1.0.4), para el cual se requieren los siguientes datos:

Tabla 69: Datos para utilizar en WinPAS versión 1.0.4.

<i>Datos Para Utilizar en WinPAS. 1.0.4</i>	
Número de Ejes Equivalentes (ESAL's)	786,993.00
Confiabilidad (R)	85%
Desviación Estándar (So)	0.35
Módulo de Ruptura (S'c).	600 psi
Módulo de Elasticidad del Concreto (Ec)	3,597,125.44 psi
Coeficiente de transmisión de carga (J)	3.20
Módulo de reacción (K) de la subrasante	195 pci
Coeficiente de Drenaje (Cd)	1.00
Capacidad de Servicio Inicial (Po)	4.5
Capacidad de Servicio Final (Pt)	2.0
Pérdida de Serviciabilidad Δ PSI	2.5

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

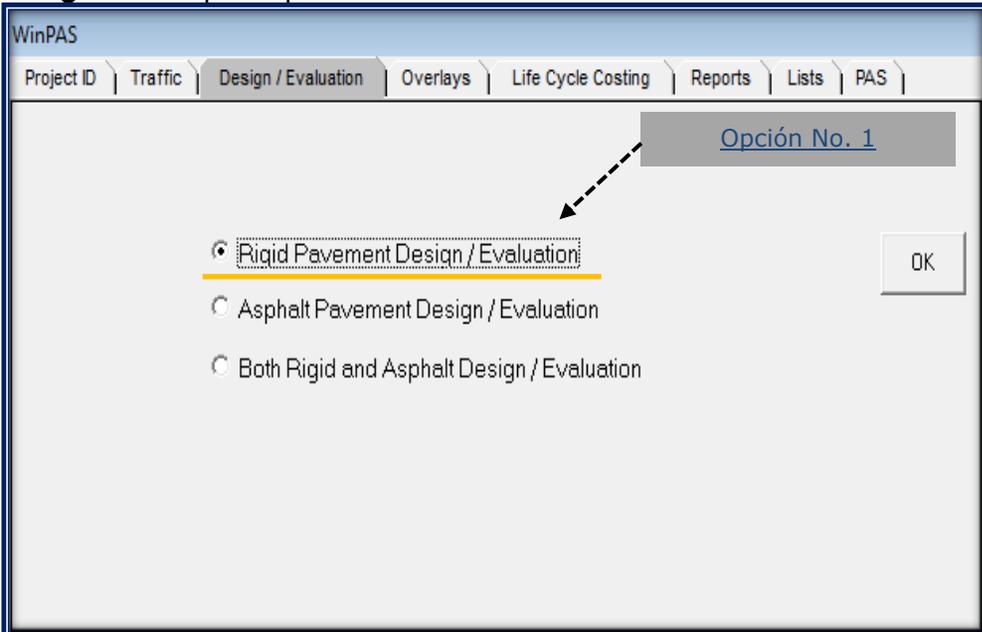
El primer paso es seleccionar la pestaña diseño/evaluación, donde se nos abrirá una nueva ventana que nos mostrará tres opciones de diseño, en este caso se eligió la opción uno (1) de diseño/análisis de pavimento rígido.

Imagen- 26: Interfaz del programa WinPAS 10.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

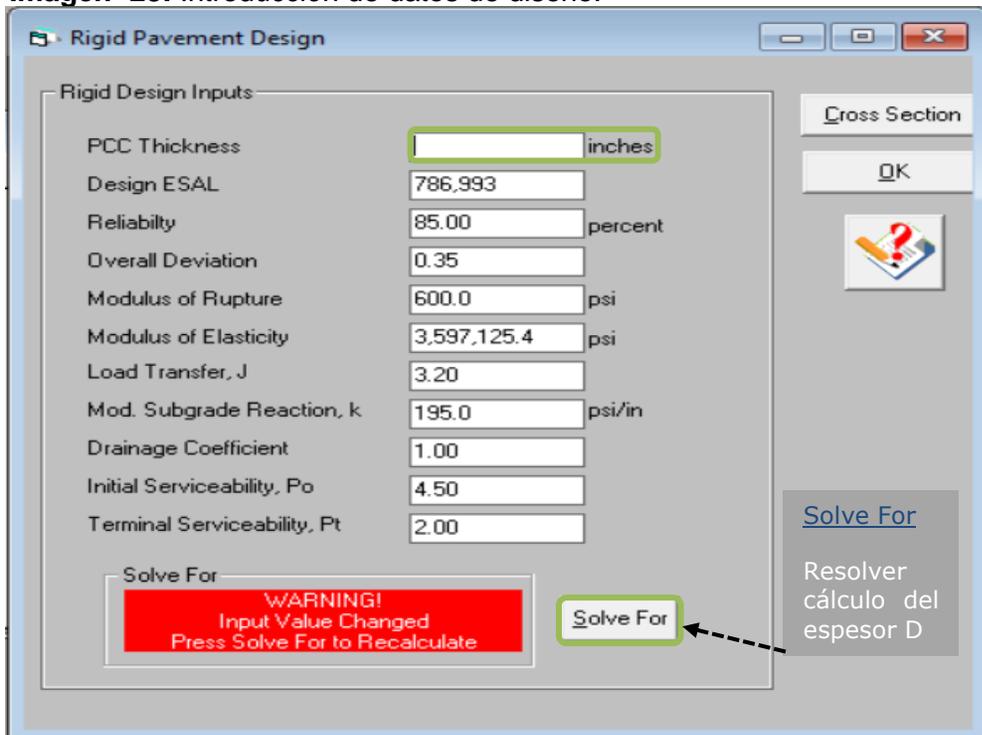
Imagen- 27: Tipo de pavimento a diseñar.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Luego se desplegará otra ventana que es donde se deben introducir los datos iniciales para el diseño:

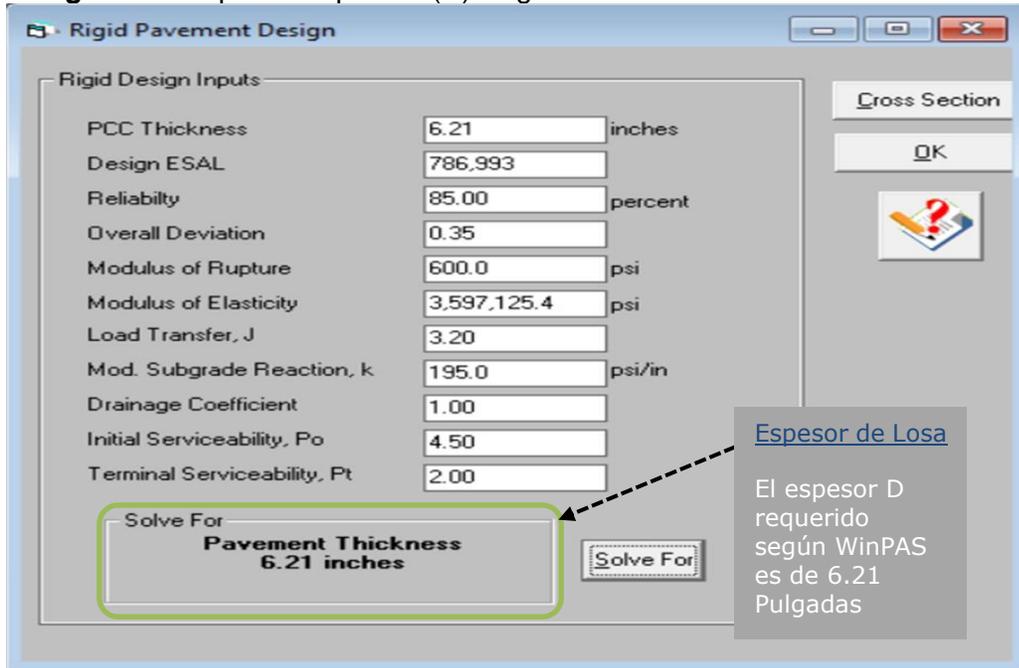
Imagen- 28: Introducción de datos de diseño.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

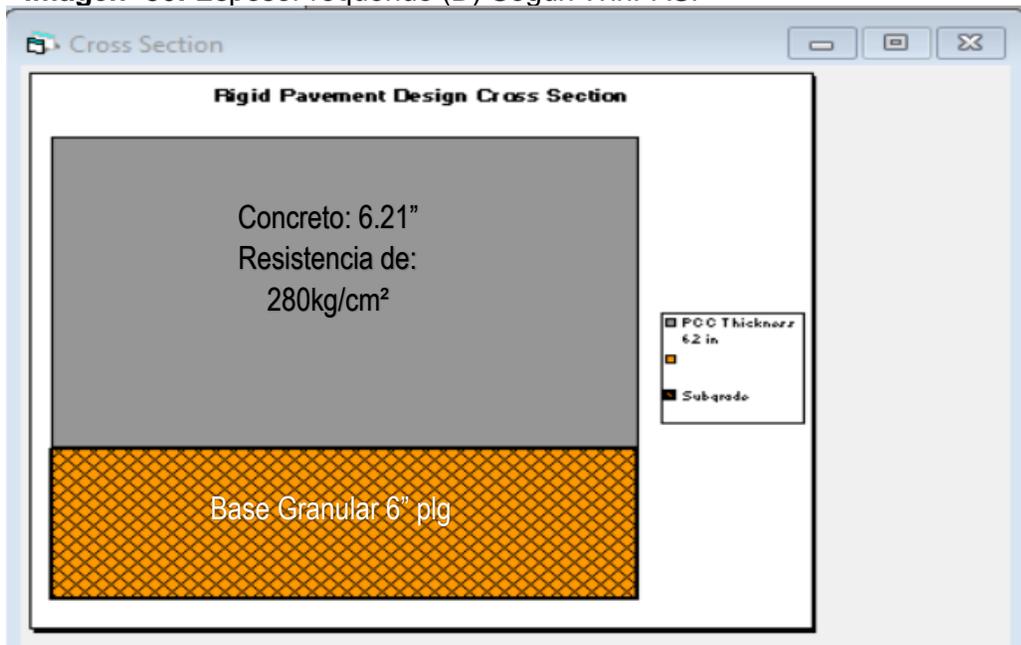
No se debe escribir el número estructural, ya que, lo calcula el programa después de haber digitado el resto de los datos, dando click en la pestaña resolver (*Solve for*).

Imagen- 29: Espesor requerido (D) Según WinPAS.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Imagen- 30: Espesor requerido (D) Según WinPAS.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

6.5. Modulaci3n de la losa de Concreto.

El dise1o de juntas en los pavimentos de concreto es el responsable del control del agrietamiento, as3 como de mantener la capacidad estructural del pavimento y su calidad de servicio en los m3s altos niveles al menor costo anual.

La siguiente expresi3n basada en el dise1o de pavimento AASHTO-93, p3g. 219 nos permite dimensionar los tableros de losas para inducir el agrietamiento controlado bajo sus cortes, sin necesidad de colocar acero de refuerzo continuo:

$$\mathbf{SJT} = (21 \text{ a } 24) D \quad (\text{Ec.67})$$

Donde:

SJT = Separaci3n de Junta Transversal ($< = 5.0 \text{ m}$)

D = Espesor del Pavimento (6.5 pulgadas ≈ 0.1651 metros).

Normalmente se utiliza el 21 cuando tenemos mayor fricci3n entre la subbase y el pavimento de concreto, como en los casos en donde tenemos bases estabilizadas, bases con textura muy cerrada.

Junta Transversal:

El valor de 22 se utiliza cuando la fricci3n entre la subbase y el pavimento corresponde a valores normales, como en el caso de base granulares.

$$\mathbf{SJT} = 22 * 0.1651 \text{ metros}$$

$$\mathbf{SJT} = 3.63 \approx 3.65 \text{ metros} < 5 \text{ metros. OK.}$$

La separaci3n de junta transversal es de 3.65 m < 5 m, lo que es adecuado para la inducci3n del agrietamiento controlado bajo sus cortes.

Juntas Longitudinales: El espaciado entre juntas longitudinales es igual al ancho de carril es decir 3.0 metros

se considerar3 un tablero rectangular que cumple con la condici3n de dise1o. De lo anterior obtenemos las siguientes dimensiones del tablero para el tramo en estudio.

Tabla 70: Dimensiones de tablero.

Tramo	Largo (metros)	Ancho (metros)	Espesor (Pulgadas)	Espesor losa (metros)
700 metros lineales de pavimento rígido (concreto Hidráulico)	3.65 m	3.00 m	6.5"	0.1651 m

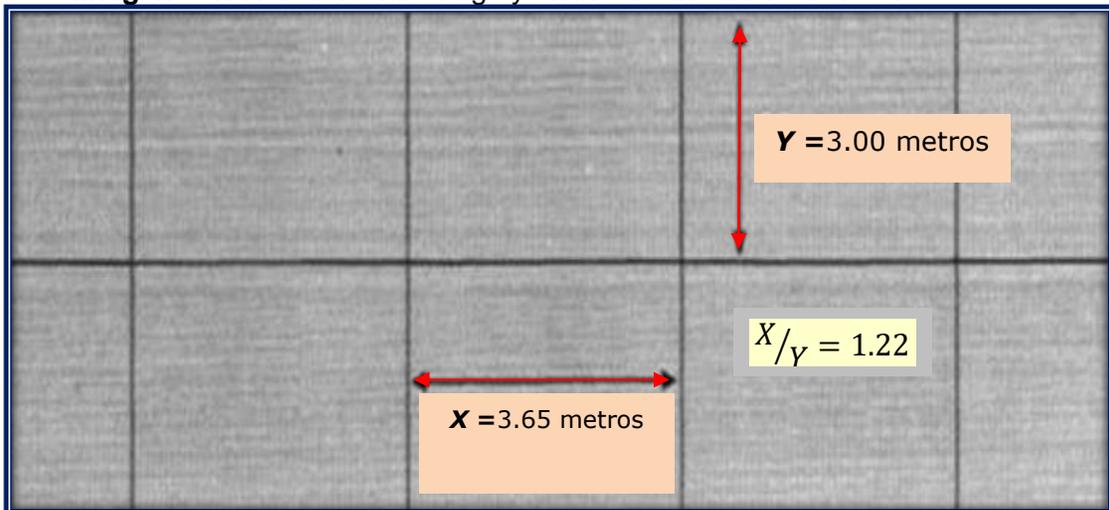
Fuente: Elaborado por Sustentantes.

$$\text{Relación largo / ancho: } \frac{x}{y} = \frac{3.65}{3.00} = 1.22$$

La relación entre largo (**L = 3.65 metros**) y ancho (**A = 3.00 metros**) de un tablero de losas no deberá estar fuera de los límites 0.71 a 1.40. En la modulación de losa la relación del tablero da como resultado:

$$0.71 \leq 1.22 \leq 1.40 \quad (\text{Ec. 68})$$

Imagen- 31: Relación entre largo y ancho de un tablero de losa.



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

6.5.1. Diseño de Juntas.

Debido a los cambios volumétricos que por su naturaleza experimenta el concreto y a los sistemas constructivos de los pavimentos rígidos, se hace necesaria la construcción de juntas y/o uniones entre paños o losas de un pavimento. Además, tiene las siguientes funciones:

- Controla el agrietamiento transversal y longitudinal.
- Divide el pavimento en secciones adecuadas para el proceso constructivo.
- Permite el movimiento y alabeo de las losas por efecto de las cargas de tránsito.
- Permite transferencias de cargas entre losas.

De acuerdo con la **tabla 71** y a la **Imagen 32**, se establece para un espesor de **6.5” pulgadas** \approx (16.51 cm), los siguientes dimensionamientos:

El espaciamiento entre juntas (Columna 1), resultando **408 centímetros**.

La profundidad de corte de la junta (Columna 2), resultando **5.67centímetros**.

La profundidad del material de sellado (Columna 3), resultando **1.13 centímetros**.

El Ancho del corte de la junta (Columna 2), resultando **0.57 centímetros**.

Ver continuación

Tabla 71: Resumen de especificaciones para colocación de juntas.

Espesor de losa (cm)	1	2	3	4
	Espaciamiento entre juntas (cm)	Profundidad de corte de juntas (cm)	Profundidad del material de sellado (cm)	Ancho del corte para la junta (cm)
15	360	5.00	1.00	0.50
16	384	5.33	1.07	0.53
17	408	5.67	1.13	0.57
18	432	6.00	1.20	0.60
19	456	6.33	1.27	0.63
20	480	6.67	1.33	0.67
21	504	7.00	1.40	0.70
22	528	7.33	1.47	0.73
23	552	7.67	1.53	0.77
24	576	8.00	1.60	0.80
25	600	8.33	1.67	0.83
26	624	8.67	1.73	0.87
27	648	9.00	1.80	0.90
28	672	9.33	1.87	0.93
29	696	9.67	1.93	0.97
30	720	10.00	2.00	1.00
31	744	10.33	2.07	1.03
32	768	10.67	2.13	1.07
33	792	11.00	2.20	1.10
34	816	11.33	2.27	1.13
35	840	11.67	2.33	1.17

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

6.5.2. Diseño de pasa juntas (transversales).

Las barras pasan juntas o dovelas se colocan en las juntas transversales y su función principal es transferir la carga de una losa a la otra, para que cuando pase el vehículo no exista lo que se conoce como escalonamiento; y la llanta del vehículo impacte con el canto o borde de la otra losa produciendo un descascamiento del borde y con el tiempo el fracturamiento de la losa en esa vecindad.

De acuerdo con las tablas (**72 y 73** **pág. 111**) se establece para un espesor de 6.5 pulgadas (16.51 centímetros) los siguientes dimensionamientos:

El diámetro de la pasa juntas equivale a **Varilla 1”** (No.8).

- El largo de la pasa juntas será **46 centímetros**.
- La profundidad de instalación de las pasas juntas será de 1/2 del espesor de la losa (D), equivalente a **8.25 centímetros**.
- La separación recomendable entre pasa juntas será de **30 centímetros**.

Tabla 72: Recomendaciones de espaciamiento máximo para barras de amarre.

Espesor	Tamaño de varilla	Distancia al extremo libre			
		305 cm	366 cm	427 cm	732 cm
12.7	1.27x61	76 cm	76 cm	76 cm	71 cm
14	1.27x64	76 cm	76 cm	76 cm	64 cm
15.0	1.27x66	76 cm	76 cm	76 cm	58 cm
16.5	1.27x69	76 cm	76 cm	76 cm	53 cm
17.8	1.27x71	76 cm	76 cm	76 cm	51 cm
19.1	1.27x74	76 cm	76 cm	76 cm	46 cm
20.3	1.27x76	76 cm	76 cm	76 cm	43 cm
21.6	1.27x79	76 cm	76 cm	71 cm	41 cm
22.9	1.59x76	91 cm	91 cm	91 cm	61 cm

Fuente: Curso de Actualización de Diseño Estructural de caminos Método AASHTO-93.

Tabla 73: Diámetro y longitudes recomendadas en pasa juntas.

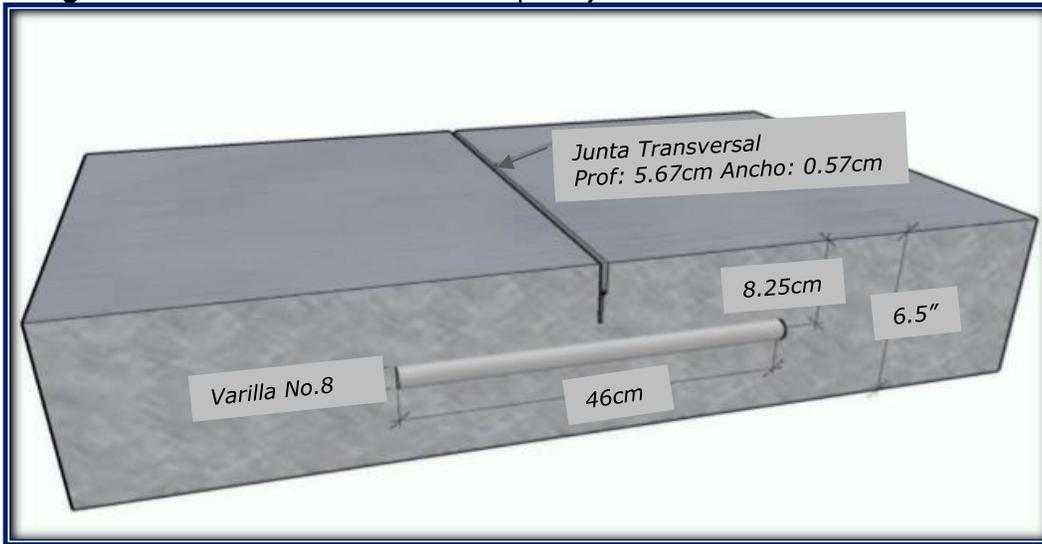
Espesor		Diámetro de varilla			Longitud de Barra Pasa juntas		Separación	
cm	in	No. Varilla	mm	Nominal	Cm	in	Cm	in
13 a 15	5 a 6	6	19	3/4	41	16	30	12
15 a 20	6 a 8	8	25	1	46	18	30	12
20 a 30	8 a 12	10	32	1 1/4	46	18	30	12
30 a 43	12 a 17	12	38	1 1/2	51	20	30	12

Juntas Transversales :1/2 espesor de la losa, Juntas Longitudinales :1/3 espesor de la losa,

Fuente: Curso de Actualización de Diseño Estructural de caminos Método AASHTO-93.

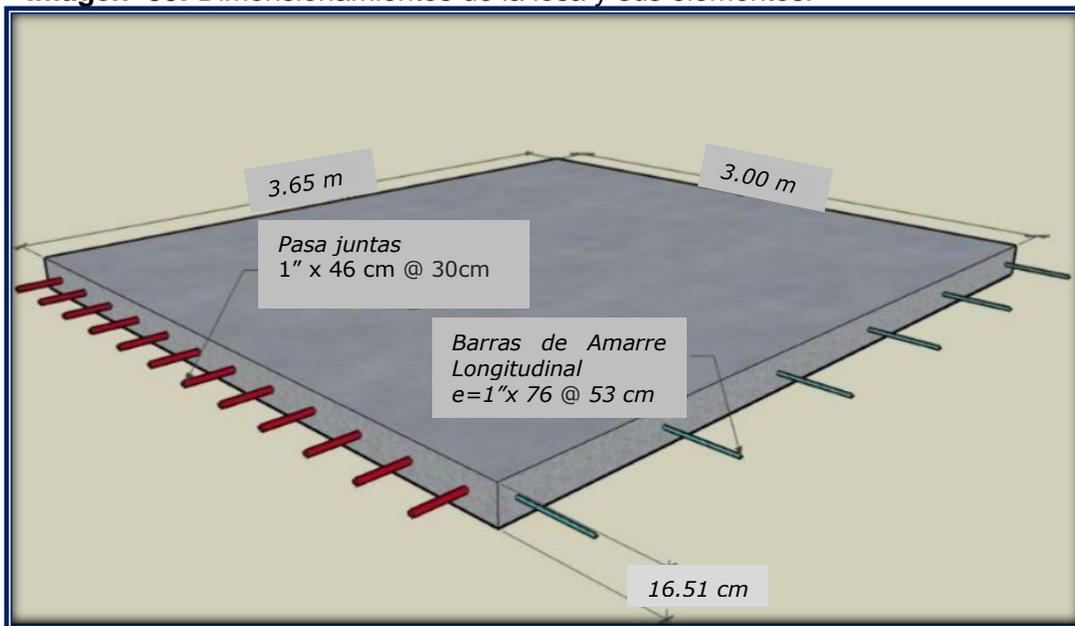
No se propone otro diámetro, puesto que el método ya ha realizado una revisión integral para cada tipo de espesor y la barra a utilizar. En la **Imagen 32-33 pag. 112** se ilustra el dimensionamiento de la losa y sus elementos que la conforman.

Imagen- 32: Dimensionamientos de la pasa juntas transversal.



Fuente: Elaborado por Sustentantes/ Software Revit 2022.

Imagen- 33: Dimensionamientos de la losa y sus elementos.



Fuente: Elaborado por Sustentantes/ Software Revit 2022.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Construcción

CAPÍTULO VII

Estudio Hidrológico y Diseño Hidráulico



7.1. Metodología.

Para el Estudio Hidrológico se utilizaron los datos hidrológicos proporcionados por INETER de la estación Condega que es la más cerca al proyecto y utilizando los criterios de la Guía Hidráulica para el Diseño de Estructuras de Drenaje en Caminos Rurales (PAST-DANIDA), se realizaron los cálculos datos de cada Subcuenca. Se utilizó el Método Racional que se utiliza para cuencas menores a 300 hectáreas. Se procedió a delimitar las cuencas hidrográficas de las corrientes haciendo uso de Google Earth Pro (Versión 7.3.4).

7.1.1. Estudio hidrológico.

En el estudio hidrológico de las cuencas se presentan los procedimientos y resultados para determinar el dimensionamiento de las obras a instalar en los cruces de corrientes que afectan la carretera en el proyecto.

7.1.1.1. Diseño del sistema de drenaje pluvial (método racional).

La estimación de los caudales máximos se calculó en base al Método Racional, el cual se basa en la determinación del coeficiente de escorrentía a partir de las precipitaciones. La fórmula es:

$$Q = 0.2778 * C * I * A \quad (\text{Ec.69})$$

Dónde:

Q: Caudal (m³/s).

I: Intensidad de la lluvia (mm/hora).

A: Área de drenaje de la subcuenca (km²).

C: Coeficiente de escorrentía.

7.1.1.2. Microcuencas hidrológicas identificadas.

Durante el reconocimiento de campo se realizó un recorrido por el trazado del camino poniendo atención en todos los elementos que identifican los cruces de los cursos de agua por la vía propuesta, con el apoyo de imágenes obtenidas de **Google Earth Pro** (Versión 7.3.4). (Ver anexos Imágenes 44-46, pág. LXV-LXVII)

- Se identificaron un Total de **16 Microcuencas**, de las cuales 12 pertenecen a cunetas, 3 para Vados y 1 Alcantarilla.

Tabla 74: Características de microcuencas cunetas.

MICRO-CUENCAS CUNETAS										
MICRO CUENCAS	Est. Inicial	Est. Final	TRAMO	OBRA DE DRENAJE	perímetro (m)	área (m ²)	área (km ²)	Hmax (msnm)	Hmin (msnm)	L. Cuenca (m)
MC-1	0+000.000	0+040.000	CALLE-01	CUNETA	110	475	0.000475	863.95	863.22	46.7
MC-2	0+000.000	0+040.000	CALLE-02	CUNETA	78.4	277	0.000277	863.95	863.22	31.8
MC-3	0+000.000	0+290.000	AV. 01	CUNETA	428	2319	0.002319	863.18	853.65	211.0
MC-4	0+000.000	0+290.000	AV. 01	CUNETA	415	2528	0.002528	863.15	853.67	206.0
MC-5	0+290.000	0+335.000	AV. 01	CUNETA	103	417	0.000417	853.62	853.26	44.5
MC-6	0+290.000	0+334.000	AV. 01	CUNETA	92.7	308	0.000308	853.60	853.27	43.7
MC-7	0+335.000	0+512.000	AV. 01	CUNETA	327	2081	0.002081	854.73	853.26	163.0
MC-8	0+340.000	0+500.000	AV. 01	CUNETA	314	1601	0.001601	854.69	853.27	150.0
MC-9	0+512.000	0+580.000	AV. 01	CUNETA	347	2388	0.002388	854.72	852.94	165.0
MC-10	0+500.000	0+580.000	AV. 01	CUNETA	340	1836	0.001836	854.70	852.93	173.0
MC-11	0+583.000	0+660.000	AV. 01	CUNETA	123	466	0.000466	853.12	852.84	57.2
MC-12	0+583.000	0+660.000	AV. 01	CUNETA	51.2	496	0.000496	853.12	852.85	51.2

Fuente: Sustentantes.

Tabla 75: Características de microcuencas vados.

MICRO-CUENCAS VADO									
MICRO CUENCAS	ESTACION	TRAMO	OBRA DE DRENAJE	PERIMETRO (M)	AREA (M ²)	AREA (KM ²)	HMAX (MSNM)	HMIN (MSNM)	L. CUENCA (M)
MC-13	0+000.000	AV. 01	VADO	276	2454	0.002454	863.18	862.05	128.0
MC-14	0+268.000	AV. 01	VADO	257	2051	0.002051	855.10	853.65	141.0
MC-15	0+590.000	AV. 01	VADO	214	2082	0.002082	854.78	852.90	138.0

Fuente: Sustentantes.

Tabla 76: Características de microcuencas alcantarilla.

MICRO-CUENCAS VADO									
MICRO CUENCAS	ESTACION	TRAMO	OBRA DE DRENAJE	PERIMETRO (M)	AREA (M ²)	AREA (KM ²)	HMAX (MSNM)	HMIN (MSNM)	L. CUENCA (M)
MC-16	0+582.000	AV. 01	ALCANTARILLA	885	46202	0.046202	858.15	851.75	408.0

Fuente: Sustentantes.

7.1.1.3. Período de Retorno (PR).

La lluvia de diseño de un sistema de aguas lluvias es un tema relativamente complejo, puesto que depende del grado de seguridad ante las inundaciones que requiera la ciudadanía, o sea el período de retorno de esta.

Como adaptación de la infraestructura ante los procesos del cambio climático, según el criterio del Past-Danida, establecemos:

Tabla 77: Periodo de Retorno (PR) por tipo de Obra.

Obra de Drenaje: Cunetas	
Periodo de Retorno (PR)	Tipo de Obra
25 años	Cunetas
15 años	Alcantarillas
2 años	Vados

Fuente: PAST-DANIDA, 2004.

7.1.1.4. Pendiente (Sc).

Es la pendiente del fondo del cauce principal, se calcula con la siguiente expresión matemática:

$$Sc = \frac{H_{\text{máx}} - H_{\text{mín}}}{L} \quad (\text{Ec.70})$$

Dónde:

Sc: Pendiente en m/m.

Hmáx: Elevación máxima de la subcuenca.

Hmín: Elevación mínima de la subcuenca.

L: Longitud.

Tabla 78: Valores de Sc para cunetas.

MICRO CUENCAS	Estacio		Long. de cuenca	Elev. Superior	Elev. Inferior	Sc	
	Inicial	Final				m	msnm
MC-1	0+000.000	0+040.000	46.7	863.95	863.22	0.0156	1.56%
MC-2	0+000.000	0+040.000	31.8	863.95	863.22	0.0230	2.30%
MC-3	0+000.000	0+290.000	211	863.18	853.65	0.0452	4.52%
MC-4	0+000.000	0+290.000	206	863.15	853.67	0.0460	4.60%
MC-5	0+290.000	0+335.000	44.5	853.62	853.26	0.0081	0.81%
MC-6	0+290.000	0+334.000	43.7	853.60	853.27	0.0076	0.76%
MC-7	0+335.000	0+512.000	163	854.73	853.26	0.0090	0.90%
MC-8	0+340.000	0+500.000	150	854.69	853.27	0.0095	0.95%
MC-9	0+512.000	0+580.000	165	854.72	852.94	0.0108	1.08%
MC-10	0+500.000	0+580.000	173	854.70	852.93	0.0102	1.02%
MC-11	0+583.000	0+660.000	57.2	853.12	852.84	0.0049	0.49%
MC-12	0+583.000	0+660.000	51.2	853.12	852.85	0.0053	0.53%

Fuente: Sustentantes.

Tabla 79: Valores de Sc para vados.

MICRO CUENCAS	Estacion	Tramo	Long. de cuenca	Elev. Superior	Elev. Inferior	Sc	
	Km	Perfil				m	msnm
MC-13	0+000.000	AV. 01	128	863.18	862.05	0.0088	0.88%
MC-14	0+268.000	AV. 01	141	855.1	853.65	0.0103	1.03%
MC-15	0+590.000	AV. 01	138	854.78	852.90	0.0136	1.36%

Fuente: Sustentantes.

Tabla 80: Valores de Sc para alcantarillas.

MICRO CUENCAS	Estacion	Tramo	Long. de cuenca	Elev. Superior	Elev. Inferior	Sc	
	Km	Perfil				m	msnm
MC-16	0+582.000	AV. 01	408	858.15	851.75	0.0157	1.57%

Fuente: Sustentantes.

7.1.1.5. Coeficiente de escorrentía (C).

El coeficiente de escorrentía "C" está dado en dependencia de tres factores; el tipo de suelo, el uso del suelo y de la pendiente del suelo, se define como la proporción de la precipitación total que circula hacia el drenaje y está dada por la ecuación:

$$C = U_s * T_s * P_t \quad (\text{Ec.71})$$

Dónde:

Us: uso del suelo.

Ts: tipo de suelo.

Pt: pendiente del terreno en %

Los valores del tipo de suelo, uso de suelo y pendiente del suelo son tomados se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 81: Coeficiente de escorrentía (C).

Coeficiente de escorrentía (C).	
Uso de Suelo	Us
Zona Urbana (Viviendas, Negocios)	0.20
Tipo de Suelo	Ts
Impermeable (terreno arcilloso, limoso, marga)	1.50
Pendiente del Terreno (%)	Pt
0.00 - 3.00	1.00

Fuente: Loaisiga Tirado & Lanza (2011).

El Valor del tipo de suelo será de **Us=0.20**, el uso de suelo **Ts=1.50** y las pendientes del suelo varían desde 0% a 3.2%, por lo que los valores serán **Pt= 1.00** y **Pt= 1.50**.

Tabla 82: Coeficiente de escorrentía por tipo de obra de drenaje (cunetas).

MICRO CUENCAS	Uso del Suelo	Us	Tipo de Suelo	Ts	Pendiente del Terreno (%)	Pt	Coeficiente de escorrentía (C)
MC-1	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	0.00 - 3.00	1.00	0.300
MC-2	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	0.00 - 3.00	1.00	0.300
MC-3	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	3.10 - 5.00	1.50	0.450
MC-4	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	3.10 - 5.00	1.50	0.450
MC-5	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	0.00 - 3.00	1.00	0.300
MC-6	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	0.00 - 3.00	1.00	0.300
MC-7	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	0.00 - 3.00	1.00	0.300
MC-8	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	0.00 - 3.00	1.00	0.300
MC-9	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	0.00 - 3.00	1.00	0.300
MC-10	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	0.00 - 3.00	1.00	0.300
MC-11	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	0.00 - 3.00	1.00	0.300
MC-12	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	0.00 - 3.00	1.00	0.300

Fuente: Sustentantes.

Tabla 83: Coeficiente de escorrentía por tipo de obra de drenaje (vados).

MICRO CUENCAS	Uso del Suelo	Us	Tipo de Suelo	Ts	Pendiente del Terreno (%)	Pt	Coeficiente de escorrentía (C)
MC-13	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	0.00 - 3.00	1.00	0.300
MC-14	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	0.00 - 3.00	1.00	0.300
MC-15	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	0.00 - 3.00	1.00	0.300

Fuente: Sustentantes.

Tabla 84: Coeficiente de escorrentía por tipo de obra de drenaje (alcantarillas).

MICRO CUENCAS	Uso del Suelo	Us	Tipo de Suelo	Ts	Pendiente del Terreno (%)	Pt	Coeficiente de escorrentía (C)
MC-16	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	0.00 - 3.00	1.00	0.300

Fuente: Sustentantes.

7.1.1.6. Tiempo de concentración (Tc).

Se puede definir como el tiempo que demora en viajar una partícula de agua desde el punto más remoto a la salida de la cuenca hidrográfica. Se calcula aplicando el método del proyecto Hidrometeorológico Centroamericano.

$$Tc = 0.0041 * \left(\frac{3.28 * L}{\sqrt{S}} \right) \quad (\text{Ec.72})$$

Dónde:

Tc: Tiempo de concentración en minutos.

L: Longitud máxima en metros.

S: Pendiente media del terreno.

Los valores obtenidos de Tc por tipo de obra de drenaje son los siguientes:

Tabla 85: Valores de Tc para cunetas.

MICROCUEN CAS	L	Sc	tc	Tc (Mínimo Recomendado) PAST-DANIDA
	m	m/m	minutos	minutos
MC-1	46.7	0.0156	0.98	5.00
MC-2	31.8	0.0230	0.63	5.00
MC-3	211	0.0452	2.08	5.00
MC-4	206	0.0460	2.03	5.00
MC-5	44.5	0.0081	1.22	5.00
MC-6	43.7	0.0076	1.23	5.00
MC-7	163	0.0090	3.17	5.00
MC-8	150	0.0095	2.92	5.00
MC-9	165	0.0108	2.98	5.00
MC-10	173	0.0102	3.16	5.00
MC-11	57.2	0.0049	1.79	5.00
MC-12	51.2	0.0053	1.60	5.00

NOTA:
Según el PAST-DANIDA (2004), recomienda que en cuencas muy pequeñas en donde los valores de Tc sean menores a 5 minutos, se adopta este valor.

Fuente: Sustentantes.

Tabla 86: Valores de Tc para vados.

MICROCUEN CAS	L	Sc	tc	Tc (Mínimo Recomendado) PAST-DANIDA
	m	m/m	minutos	minutos
MC-13	128	0.0088	2.65	5.00
MC-14	141	0.0103	2.69	5.00
MC-15	138	0.0136	2.38	5.00

NOTA:
Según el PAST-DANIDA (2004), recomienda que en cuencas muy pequeñas en donde los valores de Tc sean menores a 5 minutos, se adopta este valor.

Fuente: Sustentantes.

Tabla 87: Valores de Tc para alcantarillas.

MICROCUEN CAS	L	Sc	tc	Tc (Mínimo Recomendado) PAST-DANIDA
	m	m/m	minutos	minutos
MC-16	408	0.0157	5.19	5.19

NOTA:
Según el PAST-DANIDA (2004), recomienda que en cuencas muy pequeñas en donde los valores de Tc sean menores a 5 minutos, se adopta este valor.

Fuente: Sustentantes.

7.1.1.7. Intensidad Duración Frecuencia (IDF).

Los valores de las intensidades se pueden obtener a partir de las curvas Intensidad Duración Frecuencia (IDF) que elabora INETER o determinarse mediante cálculo con las ecuaciones que se ajustan a dichas curvas calculadas por el mismo instituto.

$$I = \frac{A}{(Tc+d)^b} \quad (\text{Ec.73})$$

Dónde:

A, d y b: Valores determinados con los datos de intensidad de lluvia.

I: Intensidad de lluvia (mm/hora).

Para realizar este cálculo se utilizarán los valores de la estación meteorológica de Condega en el departamento de Estelí que es la más cercana al proyecto, considerando un periodo de retorno de 25 años para cunetas, 2 años para Vados y 15 años para Alcantarillas.

Tabla 88: Valores a utilizar de A, d y b.

VADO		CUNETAS		ALCANTARILLA	
A=	3269.357	A=	4502.393	A=	4069.531
d=	19	d=	22	d=	21
b=	1.047	b=	0.969	b=	0.97

Fuentes: PAST-DANIDA (2004).

A continuación, se presenta la memoria de cálculo del análisis hidrológico:

Tabla 89: Calculo de intensidades para cunetas.

MICROCUENCAS	tc	A	d	b	I	Q
	minutos				mm/hora	m³/s
MC-1	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.007
MC-2	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.004
MC-3	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.054
MC-4	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.058
MC-5	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.006
MC-6	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.005
MC-7	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.032
MC-8	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.025
MC-9	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.037
MC-10	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.028
MC-11	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.007
MC-12	5.00	4502.393	22	0.969	184.694	0.008

Fuente: Sustentantes.

Tabla 90: Calculo de intensidades para vados.

MICROCUEN CAS	tc	A	d	b	I	Q
	minutos				mm/hora	m ³ /s
MC-13	5.00	3269.357	19	1.047	117.322	0.024
MC-14	5.00	3269.357	19	1.047	117.322	0.020
MC-15	5.00	3269.357	19	1.047	117.322	0.020

Fuente: Sustentantes.

Tabla 91: Calculo de intensidades para alcantarilla.

MICROCUEN CAS	tc	A	d	b	I	Q
	minutos				mm/hora	m ³ /s
MC-16	5.19	4069.531	21	0.97	171.394	0.660

Fuente: Sustentantes.

7.2. Diseño hidráulico de obras propuestas.

Para el dimensionamiento de las estructuras de drenaje (cunetas y vados) a trabajar en el tramo se realizó el diseño hidráulico, aplicando el software H canales que tiene su base teórica en la fórmula de Manning y a la vez usando sus coeficientes de rugosidad. (Ver Anexos, Imágenes 47-60, pág. LXVIII-LXXII)

7.2.1. Coeficiente de rugosidad (n).

Son valores adimensionales dados para el tipo de material por la cual estará conformada la estructura de drenaje (cunetas, vados), en nuestro caso se utiliza un valor de **n=0.013**.

Tabla 92: Coeficientes de rugosidad (n).

Material	Coeficiente n
Concreto	0.013

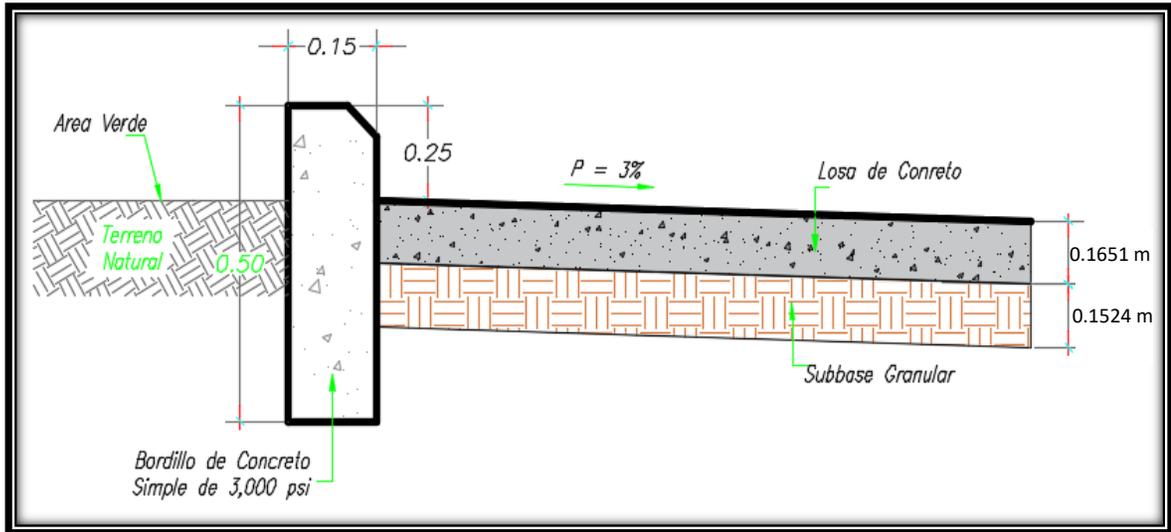
Fuente: PAST-DANIDA, 2004.

7.2.2. Dimensionamiento de cunetas.

A continuación, se presenta el chequeo de la sección de cuneta con diferentes caudales y pendientes, considerando las pendientes y el tipo de material a utilizar.

De acuerdo con los resultados de Tirantes Hidráulicos, se propone construir una cuneta con Bordillo Integrado Típica de Zonas Urbanas, con un Altura de Bordillo de **0.25 metros**.

Imagen- 34: Drenaje lateral (bordillo integrado).



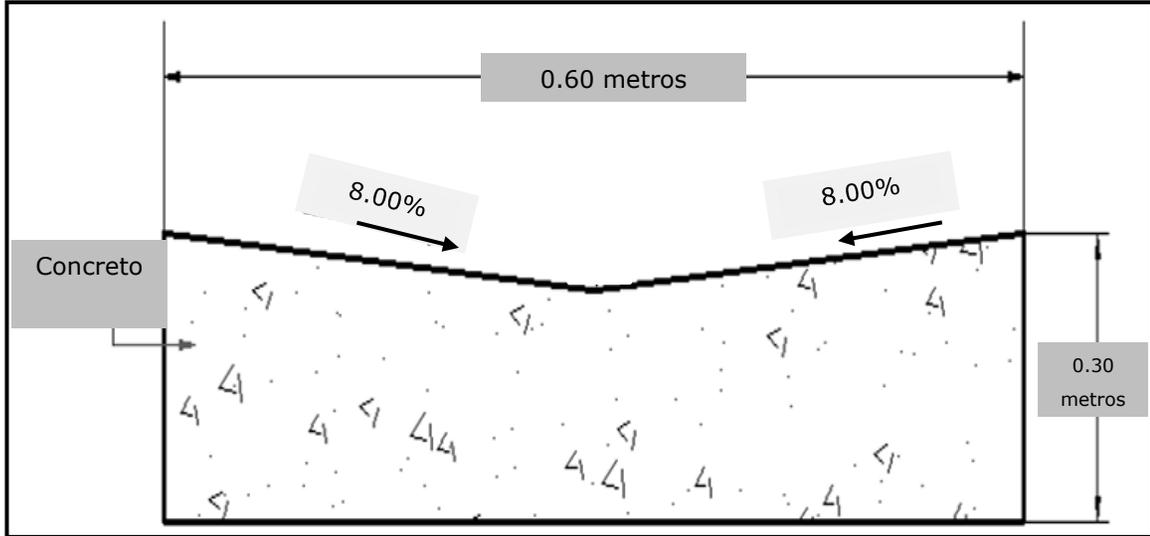
Fuente: Sustentantes.

7.2.3. Dimensionamiento de vados.

Pueden usarse combinado con las cunetas, son estructuras menos costosas que las alcantarillas o grandes puentes, en su mayoría no son muy sensibles con respecto al caudal de diseño, debido a que un pequeño incremento del tirante de agua incrementa de modo importante la capacidad hidráulica. Las dimensiones actuales de los Vados existentes en el tramo fueron evaluadas con el software H canales.

Dado que todas las Microcuencas evaluadas están por debajo de **30 centímetros** de Tirante, la cual es la capacidad hidráulica máxima permitida para Vados. Se propuso un Baden de un ancho de 0.60 metros. **(Ver Imagen 35, pág. 124)**

Imagen- 35: Badén típico urbano.



Fuente: Propia (AutoCAD-2021).

7.2.4. Dimensionamiento de alcantarilla.

Para calcular el tirante crítico del Tubos de Alcantarilla la sección será circular. De acuerdo con el caudal de la Mc-16, se obtuvo un tirante de 0.58 metros.

7.2.4.1. Diseño final de alcantarilla.

A continuación, se muestra el resumen de los tirantes hidráulico para Alcantarillas:

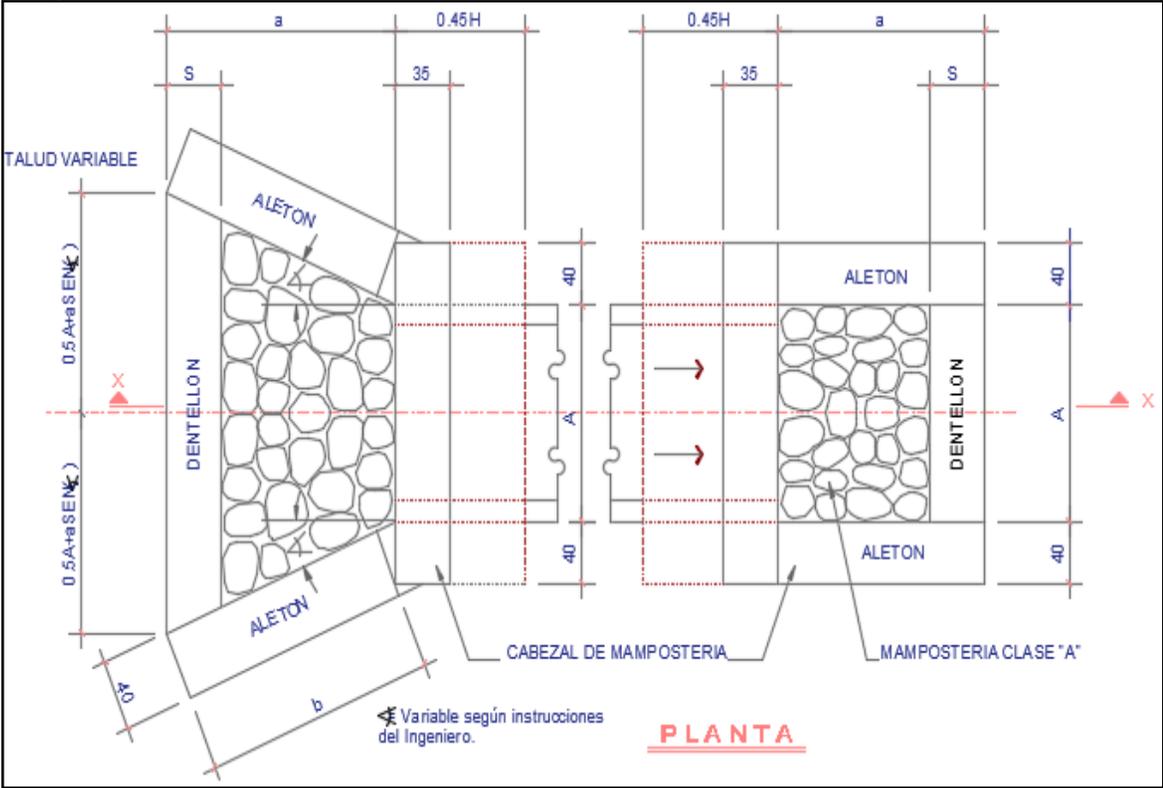
Tabla 93: Tirantes hidráulicos para alcantarillas.

SUB-CUENCA	Q (Caudal)	Q/2	Y (Tirante Crítico)	Condición		Tipo	Diámetro (Pulgadas)
				Existente	Nueva		
MC-16	0.782 m ³ /s	-	0.548 m		x	Sencilla	30" TCR

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

La Alcantarilla sencilla propuesta en la estación 0+582, tendrá un tubo de Concreto de 30 pulgadas para poder cumplir con el caudal de Diseño 0.782 m³/s, el detalle de sus dimensiones se muestran a continuación:

Imagen- 36: Detalle de alcantarilla sencilla vista en planta (sin escala).



Fuente: Elaborado por Sustentantes. (AutoCAD-2021).

CONCLUSIONES.

De acuerdo con los objetivos planteados se ha concluido que:

En el **Estudio topográfico** la pendiente máxima obtenida en este tramo es de **(-6.62%, Av. 01)** pendiente mínima de este tramo es de **(0.50%, Av.01)**. También se encontraron 14 Tramos rectos y 12 tramos curvos a lo largo del tramo, la curva de mayor importancia posee un Radio de **22 metros (Curva N° 11)**.

Los resultados obtenidos para el cálculo del **TPDA** corresponden a 524 Vehículos/día.

La estimación del ESAL's resulto de: 786,993.00 equivalentes a ejes de 18,000 lbs o 80 KN.

Mediante los ensayos de laboratorio y la caracterización de los suelos sobre la plataforma de línea se concluye que los más predominantes son: A-2-6(0), A-2-4(0), en menor cantidad los suelos A-7-5(3), A-2-5(0), éstos corresponden a suelos que van de regular calidad hasta deficiente calidad.

Se propone el banco de préstamo N°2 Eduardo blanco para su uso como material base en la estructura de pavimento Rígido. El **CBR** de diseño obtenido a través de los sondeos de la línea de la plataforma de la vía resultó de 22%.

Empleando el **Software Civil 3D 2022** se trazaron doce (12), curvas Horizontales y seis (6), curvas verticales, el radio mínimo trazado fue de 22 metros para una velocidad de 30 kilómetros/hora y el máximo trazado fue de 400 metros para una velocidad de 40 kilómetros/hora, todas cumplen con los parámetros de diseño de la SIECA 2011 y 2004.

Aplicando la metodología de la **AASHTO-93** se determinaron los espesores de los elementos que conformaran la estructura del pavimento Rígido concluyendo:

Carpeta concreto Hidráulico: 6.5 "pulgadas ≈ 16.51centímetros.

Base granular: 6.0" pulgadas ≈ 15.24 centímetros.

En el Estudio **Hidrológico-hidráulico** se identificaron un total de 16 Microcuencas, todas pertenecen a obras de drenaje menor existente a lo largo del tramo (12 cunetas, 3 Vados y 1 alcantarilla). Utilizando el programa Hcanales se comprobaron los resultados finales todas las obras de drenaje propuestas tendrán la capacidad hidráulica por lo que se conservan sus dimensiones actuales.

RECOMENDACIONES.

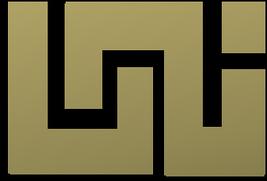
- Los espesores de Diseño deberán de respetarse y no variará en más de dos (2) centímetros, ya que, esto incurriría en un aumento de cemento y agregados.
- El agua empleada para mezclar y curar el hormigón, como así también el agua para lavar, enfriar y saturar los agregados, debe cumplir las condiciones establecidas en el artículo 1012.1, sección 502.2.6 de la Nic-2019 pág. 352.
- Para los suelos arcillosos (A-7-5) más superficiales presentes en las estaciones 0+500 hasta la Est 0+700, se recomienda realizar un corte de 20 centímetros extra y reemplazar con material del banco de material N°2 (Alfonso Ruiz), ya que este material servirá de aislante para que el material base no se contamine.
- La superficie de apoyo debe estar libre de manchas o huellas de suelos cohesivos, los que deben eliminarse totalmente de la superficie sección 502.3.2.
- El transporte del hormigón se debe realizar en el menor tiempo posible, evitando segregación en el hormigón obra según lo indicado en la sección 502.3.4 de la Nic-2019 pág. 355.
- En el momento de la descarga del hormigón, su temperatura debe estar comprendida dentro del rango especificado en la fórmula de obra según lo indicado en la sección 502.3.4 de la Nic-2019 pág. 355.
- Los moldes laterales se deben apoyar perfectamente en sus bases, además deben ser unidos entre sí de manera rígida y efectiva, y su fijación al terreno se debe realizar mediante clavos o estacas que impidan toda movilidad de estos. Según lo indicado en la sección 502.3.5.1 de la Nic-2019 pág. 355.
- Los moldes para el encofrado de las losas de hormigón deben ajustarse a los requisitos indicados en el cuadro 502-14 de la Nic-2019 pág.367.

- Los equipos automáticos de inserción de pasadores y/o barras de unión deben ajustarse a los requisitos que se indican en el cuadro 502-13 de la Nic-2019 pág.367.
- Las barras de unión se deben encontrar ubicadas perpendiculares al eje de calzada con las separaciones indicadas en los planos con una tolerancia de veinte milímetros (± 20 mm) en alzada y de cincuenta milímetros (± 50 mm) en planta, según lo indicado en la sección 502.3.7.3 de la Nic-2019 pág. 358.
- Siempre que sea necesario, durante el período de endurecimiento se debe proteger al hormigón fresco contra el lavado por lluvia, la desecación rápida - especialmente en condiciones de baja humedad relativa del aire, fuerte insolación o viento- y los enfriamientos bruscos o congelación, según lo indicado en la sección 502.3.10.1 de la Nic-2019 pág. 361.
- El tipo y las características de los equipos de vibración deben ser acordes al tipo de hormigón, espesor de la capa que se debe compactar, y al nivel de producción (ritmo de trabajo). Según lo establecido en la sección 502.4.7.1 de la Nic 2019 pág. 368.
- El equipo para el texturizado en la losa debe ajustarse a los requisitos indicados en el cuadro 502-20 de la Nic-2019, pág. 371.
- El equipo necesario para realizar los cortes de juntas transversales y longitudinales deberá ajustarse a los requisitos indicados en el cuadro 502-26 de la Nic-2019 Pág. 373.
- El equipo necesario para el sellado de juntas debe ajustarse a lo indicado en el cuadro 502-27 de la Nic-2019 Pág. 374.

El pavimento no será abierto al tráfico hasta que haya alcanzado una resistencia a la compresión de 25 MPa de acuerdo con AASHTO T 22, respectivamente.

BIBLIOGRAFÍA.

- AASHTO. (93). *Guide for Design of Pavement Structures. American Association of state Highways and Transportation Officials. (3.a ed.)*. Washington, D.C.: Instituto Nacional de Carreteras de Estados Unidos.
- Agudelo, J. (2002). *Diseño Geometrico de Vias*. Medellín: Universidad Nacional De Colombia.
- Alcántara, D. (2014). *Topografía y sus aplicaciones (1.er ed.)*. Mexico D.F: Compañía Editorial Continental.
- Cal y Mayor, R. (2007). *Ingenieria de Transito Fundamentos y Aplicaciones*. Mexico: 8va Edicion AlfaOmega, Grupo Editorial, S.A.
- Cárdenas, J. (2013). *Diseño geometrico de carreteras. (2. a ed.)*. Bogota: ECOE Ediciones.
- Casanova, L. (2002). *Topografía plana. Universidad de los Andes facultad de ingenieria departamento de vias*. Mérida: Taller de Publicaciones Facultad de ingeniería, ULA.
- MTI & PAST DANIDA. (2008). Manual para la Revisión de Estudios Hidrotécnicos de drenaje menor. *Ministerio de Transporte e Infraestructura*. Managua: Division General de Planificacion DGP.
- MTI & PAST DANIDA. (2008). Manual para la Revisión de Estudios Topográfico, *Ministerio de Transporte e Infraestructura*. Managua: Division General de Planificacion DGP.
- MTI & PAST DANIDA. (2008). *Manual para Revisión de Estudios Geotécnicos, Ministerio de Transporte e Infraestructura*. Managua: Division General de Planificacion DGP.
- MTI. (2019). *Anuario de Aforos de Tráfico, Ministerio de Transporte e Infraestructura*. Managua: División de Administración Vial.
- MTI. (2019). *Red Vial de Nicaragua. Ministerio de Transporte e Infraestructura*. Managua: División de Administración Vial.
- NIC. (2019). *Especificaciones Generales para construccion de caminos, calles y puentes. Ministerio de Transporte e Infraestructura*. Managua.
- SIECA. (2002). *Manual Centroamericano para diseño de pavimentos*. Guatemala: USAID/SIECA No. 0596-0184.20.
- SIECA. (2011). *Manual Centroamericano de normas para el Diseño Geometrico de Carreteras, Secretaia de Integracion Economica (3.a ed.)*. Guatemala: USAID/SIECA.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Construcción

ANEXOS

Imagen- 37: Macro Localización Nicaragua (Departamento de Estelí).



Fuente: Red vial de Nicaragua 2018.

Imagen- 38: Micro localización del tramo en estudio (Barrio Francisco Rivera Quintero) 700 metros.



Fuente: Google Earth (2020).

Fotos: Situación actual del tramo.

Foto 1. Inicio del tramo, Adoquinado Existente (Est. 0+000).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Foto 2. Inexistencia de Cunetas (Est. 0+010).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Foto 3. Drenaje Transversal en Mal Estado (Est. 0+045).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Foto 4. Erosión de la superficie de Rodamiento (Est. 0+318).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Foto 5. Inexistencia de Drenaje longitudinal (Est. 0+345).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Foto 6. Desgaste en la superficie de Rodamiento (Est. 0+358).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Foto 8. Mal estado de la vía (Est. 0+660).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Foto 9. Fin del tramo (Est. 0+700).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Tabla 94: Datos Técnicos de Levantamiento (tramo 2).

Número de Punto	Este	Norte	Punto Elevación	Descripción	Longitud	Latitud
1	568181.2874m	1447132.7613m	862.790m	CER	W86° 22' 15.77"	N13° 05' 22.68"
2	568179.3096m	1447132.1328m	863.025m	TN	W86° 22' 15.83"	N13° 05' 22.66"
3	568177.1289m	1447131.5697m	863.125m	OCD	W86° 22' 15.90"	N13° 05' 22.64"
4	568173.5622m	1447131.8026m	863.285m	LC	W86° 22' 16.02"	N13° 05' 22.65"
5	568170.2617m	1447132.2682m	863.276m	OCD	W86° 22' 16.13"	N13° 05' 22.67"
6	568168.0568m	1447131.9069m	863.624m	TN	W86° 22' 16.21"	N13° 05' 22.65"
7	568171.0710m	1447114.9650m	863.198m	TN	W86° 22' 16.11"	N13° 05' 22.10"
8	568173.0586m	1447115.2050m	862.871m	OCD	W86° 22' 16.04"	N13° 05' 22.11"
9	568176.1161m	1447115.9584m	862.947m	LC	W86° 22' 15.94"	N13° 05' 22.13"
10	568179.8923m	1447116.6295m	862.819m	OCD	W86° 22' 15.81"	N13° 05' 22.16"
11	568182.8944m	1447117.3267m	862.830m	TN	W86° 22' 15.71"	N13° 05' 22.18"
12	568185.0294m	1447096.2331m	861.916m	OCD	W86° 22' 15.64"	N13° 05' 21.49"
13	568181.7552m	1447095.1617m	862.063m	LC	W86° 22' 15.75"	N13° 05' 21.46"
14	568178.4380m	1447093.9983m	861.867m	OCD	W86° 22' 15.86"	N13° 05' 21.42"
15	568176.0111m	1447093.3190m	862.004m	TN	W86° 22' 15.94"	N13° 05' 21.40"
16	568180.0218m	1447072.6421m	860.853m	TN	W86° 22' 15.81"	N13° 05' 20.72"
17	568182.1385m	1447073.0845m	860.681m	OCD	W86° 22' 15.74"	N13° 05' 20.74"
18	568184.8636m	1447073.8703m	860.855m	LC	W86° 22' 15.65"	N13° 05' 20.76"
19	568187.8462m	1447074.7897m	860.823m	OCD	W86° 22' 15.55"	N13° 05' 20.79"
20	568191.2886m	1447075.8699m	860.574m	TN	W86° 22' 15.44"	N13° 05' 20.83"
21	568197.9315m	1447055.5923m	859.092m	TN	W86° 22' 15.22"	N13° 05' 20.17"
22	568194.8658m	1447054.1718m	859.243m	OCD	W86° 22' 15.32"	N13° 05' 20.12"
23	568192.2752m	1447053.2677m	859.281m	LC	W86° 22' 15.41"	N13° 05' 20.09"
24	568189.2980m	1447053.0452m	859.241m	OCD	W86° 22' 15.51"	N13° 05' 20.09"
25	568186.7417m	1447052.4022m	859.525m	TN	W86° 22' 15.59"	N13° 05' 20.06"
26	568195.2489m	1447030.9999m	857.971m	TN	W86° 22' 15.31"	N13° 05' 19.37"
27	568197.3684m	1447031.4276m	857.841m	OCD	W86° 22' 15.24"	N13° 05' 19.38"

Fuente: Levantamiento por Sustentantes -Área de planificación Urbana de la Alcaldía de Estelí.

Tabla 95: Datos Técnicos de Levantamiento (tramo 2).

Número de Punto	Este	Norte	Punto Elevación	Descripción	Longitud	Latitud
28	568200.0643m	1447031.7332m	857.895m	LC	W86° 22' 15.15"	N13° 05' 19.39"
29	568203.3762m	1447032.0364m	857.829m	OCD	W86° 22' 15.04"	N13° 05' 19.40"
30	568206.4322m	1447032.5578m	853.405m	TN	W86° 22' 14.94"	N13° 05' 19.42"
32	568200.1463m	1447055.1934m	859.257m	ECA	W86° 22' 15.15"	N13° 05' 20.15"
33	568168.1092m	1447125.8165m	863.917m	LPROP	W86° 22' 16.20"	N13° 05' 22.46"
34	568178.0002m	1447070.0893m	860.961m	LPROP	W86° 22' 15.88"	N13° 05' 20.64"
35	568184.8366m	1447054.8728m	859.929m	TN	W86° 22' 15.65"	N13° 05' 20.15"
36	568189.2870m	1447044.5013m	859.171m	PCE	W86° 22' 15.51"	N13° 05' 19.81"
37	568190.0911m	1447040.3426m	858.995m	LPROP	W86° 22' 15.48"	N13° 05' 19.67"
39	568201.0273m	1447014.3052m	857.198m	TN	W86° 22' 15.12"	N13° 05' 18.82"
40	568202.5648m	1447015.5813m	857.143m	OCD	W86° 22' 15.07"	N13° 05' 18.87"
41	568207.1109m	1447016.7420m	857.006m	LC	W86° 22' 14.92"	N13° 05' 18.90"
42	568213.0821m	1447017.5369m	856.795m	OCD	W86° 22' 14.72"	N13° 05' 18.93"
43	568210.6520m	1446993.7140m	856.354m	OCD	W86° 22' 14.80"	N13° 05' 18.15"
44	568214.0412m	1446995.0526m	856.489m	LC	W86° 22' 14.69"	N13° 05' 18.20"
45	568217.4143m	1446995.6012m	856.378m	OCD	W86° 22' 14.58"	N13° 05' 18.21"
46	568219.8453m	1446995.9465m	856.065m	TN	W86° 22' 14.50"	N13° 05' 18.22"
47	568222.2203m	1446996.5409m	855.239m	CER	W86° 22' 14.42"	N13° 05' 18.24"
48	568224.7875m	1446982.0750m	856.112m	CER	W86° 22' 14.33"	N13° 05' 17.77"
49	568223.1977m	1446981.7230m	856.270m	TN	W86° 22' 14.39"	N13° 05' 17.76"
50	568220.5110m	1446981.0589m	856.192m	OCD	W86° 22' 14.48"	N13° 05' 17.74"
51	568217.2026m	1446980.1414m	856.276m	LC	W86° 22' 14.59"	N13° 05' 17.71"
52	568213.3588m	1446979.4146m	856.136m	OCD	W86° 22' 14.71"	N13° 05' 17.69"
53	568209.1691m	1446979.3412m	856.285m	TN	W86° 22' 14.85"	N13° 05' 17.68"
54	568206.4026m	1446993.6343m	856.580m	PCE	W86° 22' 14.94"	N13° 05' 18.15"
55	568204.2665m	1447000.1844m	856.795m	LPROP	W86° 22' 15.01"	N13° 05' 18.36"
56	568203.1606m	1446994.2476m	856.551m	LPROP	W86° 22' 15.05"	N13° 05' 18.17"

Fuente: Levantamiento por Sustentantes -Área de planificación Urbana de la Alcaldía de Estelí.

Tabla 96: Datos Técnicos de Levantamiento (tramo 2).

Número de Punto	Este	Norte	Punto Elevación	Descripción	Longitud	Latitud
57	568196.4012m	1447016.5962m	857.450m	TUAP	W86° 22' 15.27"	N13° 05' 18.90"
58	568216.6890m	1446939.4927m	855.591m	ECA	W86° 22' 14.61"	N13° 05' 16.39"
59	568233.5417m	1446930.6556m	855.261m	LPROP	W86° 22' 14.05"	N13° 05' 16.10"
60	568214.7335m	1446959.9431m	855.993m	TN	W86° 22' 14.67"	N13° 05' 17.05"
61	568218.1808m	1446960.5996m	855.664m	OCD	W86° 22' 14.56"	N13° 05' 17.07"
62	568221.1449m	1446961.6517m	855.865m	LC	W86° 22' 14.46"	N13° 05' 17.11"
63	568224.3369m	1446962.6699m	855.795m	OCD	W86° 22' 14.35"	N13° 05' 17.14"
64	568227.7365m	1446963.6806m	855.686m	TN	W86° 22' 14.24"	N13° 05' 17.17"
65	568231.1271m	1446944.0441m	855.461m	TN	W86° 22' 14.13"	N13° 05' 16.53"
66	568228.4465m	1446943.9430m	855.516m	OCD	W86° 22' 14.22"	N13° 05' 16.53"
67	568225.0582m	1446943.4695m	855.570m	LC	W86° 22' 14.33"	N13° 05' 16.52"
68	568221.8143m	1446943.3352m	855.382m	OCD	W86° 22' 14.44"	N13° 05' 16.51"
69	568218.8584m	1446943.6624m	855.578m	TN	W86° 22' 14.53"	N13° 05' 16.52"
70	568222.0222m	1446922.9465m	855.139m	TN	W86° 22' 14.43"	N13° 05' 15.85"
71	568224.4045m	1446923.3422m	854.959m	OCD	W86° 22' 14.35"	N13° 05' 15.86"
72	568227.8084m	1446924.2588m	855.172m	LC	W86° 22' 14.24"	N13° 05' 15.89"
73	568230.8877m	1446924.6957m	855.089m	OCD	W86° 22' 14.14"	N13° 05' 15.90"
74	568232.3310m	1446924.9592m	855.086m	TN	W86° 22' 14.09"	N13° 05' 15.91"
75	568234.8970m	1446925.1856m	855.144m	CER	W86° 22' 14.00"	N13° 05' 15.92"
76	568236.2061m	1446905.2937m	854.636m	CER	W86° 22' 13.96"	N13° 05' 15.27"
77	568234.3517m	1446905.1480m	854.717m	TN	W86° 22' 14.02"	N13° 05' 15.27"
78	568232.9137m	1446904.3760m	854.720m	OCD	W86° 22' 14.07"	N13° 05' 15.24"
79	568229.6344m	1446904.2224m	854.798m	LC	W86° 22' 14.18"	N13° 05' 15.24"
80	568226.0517m	1446904.0809m	854.573m	OCD	W86° 22' 14.30"	N13° 05' 15.23"
81	568223.2990m	1446904.1351m	854.685m	TN	W86° 22' 14.39"	N13° 05' 15.24"
82	568225.8944m	1446884.3095m	854.302m	TN	W86° 22' 14.31"	N13° 05' 14.59"
83	568227.7949m	1446884.2986m	854.167m	OCD	W86° 22' 14.24"	N13° 05' 14.59"

Fuente: Levantamiento por Sustentantes -Área de planificación Urbana de la Alcaldía de Estelí.

Tabla 97: Datos Técnicos de Levantamiento (tramo 2).

Número de Punto	Este	Norte	Punto Elevación	Descripción	Longitud	Latitud
84	568231.3431m	1446884.1851m	854.417m	LC	W86° 22' 14.12"	N13° 05' 14.59"
85	568234.7484m	1446884.0306m	854.417m	OCD	W86° 22' 14.01"	N13° 05' 14.58"
86	568237.0890m	1446884.1956m	854.487m	TN	W86° 22' 13.93"	N13° 05' 14.59"
87	568239.4296m	1446884.5173m	854.329m	CER	W86° 22' 13.86"	N13° 05' 14.60"
88	568218.0634m	1446929.3164m	855.566m	LCCA	W86° 22' 14.56"	N13° 05' 16.06"
89	568219.5788m	1446908.3627m	854.943m	LCCA	W86° 22' 14.51"	N13° 05' 15.37"
90	568220.0181m	1446896.4053m	854.614m	LCCA	W86° 22' 14.50"	N13° 05' 14.98"
91	568221.7741m	1446887.0606m	854.775m	LCCA	W86° 22' 14.44"	N13° 05' 14.68"
92	568241.4772m	1446864.3379m	853.965m	CER	W86° 22' 13.79"	N13° 05' 13.94"
93	568238.0924m	1446864.2974m	853.953m	TN	W86° 22' 13.90"	N13° 05' 13.94"
94	568235.8096m	1446864.6195m	853.578m	OCD	W86° 22' 13.98"	N13° 05' 13.95"
95	568232.4749m	1446864.8947m	853.683m	LC	W86° 22' 14.09"	N13° 05' 13.96"
96	568229.5397m	1446865.5189m	853.575m	OCD	W86° 22' 14.19"	N13° 05' 13.98"
97	568227.3256m	1446865.4324m	853.928m	TN	W86° 22' 14.26"	N13° 05' 13.98"
98	568225.8060m	1446865.4271m	853.706m	CER	W86° 22' 14.31"	N13° 05' 13.98"
99	568229.3404m	1446841.3847m	853.626m	CER	W86° 22' 14.19"	N13° 05' 13.19"
100	568230.2098m	1446840.9494m	853.257m	TN	W86° 22' 14.17"	N13° 05' 13.18"
101	568231.1552m	1446840.5432m	853.377m	OCD	W86° 22' 14.13"	N13° 05' 13.17"
102	568234.3909m	1446839.8535m	853.384m	LC	W86° 22' 14.03"	N13° 05' 13.14"
103	568237.4785m	1446839.2493m	853.200m	OCD	W86° 22' 13.92"	N13° 05' 13.12"
104	568239.5056m	1446838.6421m	853.096m	TN	W86° 22' 13.86"	N13° 05' 13.10"
105	568241.0440m	1446838.0366m	852.227m	CER	W86° 22' 13.81"	N13° 05' 13.08"
106	568240.5665m	1446817.3544m	852.050m	TN	W86° 22' 13.82"	N13° 05' 12.41"
107	568238.6856m	1446817.5488m	852.882m	TN	W86° 22' 13.89"	N13° 05' 12.42"
108	568236.2859m	1446818.1886m	852.979m	OCD	W86° 22' 13.97"	N13° 05' 12.44"
109	568232.6471m	1446818.9166m	853.183m	LC	W86° 22' 14.09"	N13° 05' 12.46"
110	568229.0886m	1446819.9410m	853.125m	OCD	W86° 22' 14.20"	N13° 05' 12.49"

Fuente: Levantamiento por Sustentantes -Área de planificación Urbana de la Alcaldía de Estelí.

Tabla 98: Datos Técnicos de Levantamiento (tramo 2).

Número de Punto	Este	Norte	Punto Elevación	Descripción	Longitud	Latitud
111	568227.0722m	1446820.6252m	853.204m	TN	W86° 22' 14.27"	N13° 05' 12.52"
112	568226.1995m	1446820.9625m	853.265m	CER	W86° 22' 14.30"	N13° 05' 12.53"
113	568214.0443m	1446791.2082m	853.277m	CER	W86° 22' 14.71"	N13° 05' 11.56"
114	568217.6363m	1446791.0568m	853.246m	TN	W86° 22' 14.59"	N13° 05' 11.56"
115	568221.5551m	1446790.4041m	852.872m	OCD	W86° 22' 14.46"	N13° 05' 11.53"
116	568225.4708m	1446790.0510m	853.010m	LC	W86° 22' 14.33"	N13° 05' 11.52"
117	568228.6697m	1446789.5332m	852.989m	OCD	W86° 22' 14.22"	N13° 05' 11.50"
118	568233.2313m	1446789.0124m	852.908m	TN	W86° 22' 14.07"	N13° 05' 11.49"
119	568236.0640m	1446788.4088m	852.439m	CER	W86° 22' 13.98"	N13° 05' 11.47"
120	568224.9424m	1446769.7877m	851.871m	LPROP	W86° 22' 14.35"	N13° 05' 10.86"
126	568221.3443m	1446770.2788m	852.456m	OCD	W86° 22' 14.47"	N13° 05' 10.88"
127	568218.0925m	1446771.1600m	852.483m	LC	W86° 22' 14.57"	N13° 05' 10.91"
128	568214.9755m	1446772.6068m	852.471m	OCD	W86° 22' 14.68"	N13° 05' 10.95"
129	568229.5176m	1446770.5411m	851.742m	TN	W86° 22' 14.19"	N13° 05' 10.89"
133	568213.2710m	1446772.1053m	852.519m	FCUN	W86° 22' 14.73"	N13° 05' 10.94"
134	568218.4032m	1446781.3772m	852.613m	TUAP	W86° 22' 14.56"	N13° 05' 11.24"
135	568208.5142m	1446760.8783m	852.746m	CER	W86° 22' 14.89"	N13° 05' 10.57"
136	568197.2240m	1446737.1295m	852.728m	ECA	W86° 22' 15.27"	N13° 05' 09.80"
137	568199.5440m	1446736.6275m	852.721m	TN	W86° 22' 15.19"	N13° 05' 09.78"
138	568201.8820m	1446736.3035m	852.682m	OCD	W86° 22' 15.12"	N13° 05' 09.77"
139	568205.4950m	1446735.9145m	852.872m	LC	W86° 22' 15.00"	N13° 05' 09.76"
140	568209.1800m	1446736.3645m	852.847m	TN	W86° 22' 14.87"	N13° 05' 09.78"
141	568214.0010m	1446736.0495m	852.334m	OCD	W86° 22' 14.71"	N13° 05' 09.76"
142	568195.1207m	1446718.1853m	852.795m	ECA	W86° 22' 15.34"	N13° 05' 09.18"
143	568197.7961m	1446718.0145m	852.746m	TN	W86° 22' 15.25"	N13° 05' 09.18"
144	568200.0366m	1446718.2201m	852.792m	OCD	W86° 22' 15.18"	N13° 05' 09.19"
145	568203.8076m	1446717.8629m	852.950m	LC	W86° 22' 15.05"	N13° 05' 09.17"

Fuente: Levantamiento por Sustentantes -Área de planificación Urbana de la Alcaldía de Estelí.

Tabla 99: Datos Técnicos de Levantamiento (tramo 2).

Número de Punto	Este	Norte	Punto Elevación	Descripción	Longitud	Latitud
146	568208.0223m	1446717.0038m	852.949m	OCD	W86° 22' 14.91"	N13° 05' 09.15"
147	568204.5527m	1446694.8318m	852.690m	ECA	W86° 22' 15.03"	N13° 05' 08.42"
148	568203.0369m	1446695.1740m	852.939m	OCD	W86° 22' 15.08"	N13° 05' 08.44"
149	568201.5908m	1446695.7402m	853.057m	LC	W86° 22' 15.13"	N13° 05' 08.45"
150	568199.7622m	1446696.6338m	853.050m	OCD	W86° 22' 15.19"	N13° 05' 08.48"
151	568198.6846m	1446697.1021m	853.037m	ECA	W86° 22' 15.22"	N13° 05' 08.50"
152	568208.9399m	1446704.4170m	853.179m	ECA	W86° 22' 14.88"	N13° 05' 08.74"
153	568205.7929m	1446705.6660m	853.270m	OCD	W86° 22' 14.99"	N13° 05' 08.78"
154	568203.3166m	1446707.0281m	853.309m	LC	W86° 22' 15.07"	N13° 05' 08.82"
155	568199.2156m	1446707.1341m	853.082m	OCD	W86° 22' 15.21"	N13° 05' 08.82"
156	568186.4764m	1446699.0705m	853.138m	ECA	W86° 22' 15.63"	N13° 05' 08.56"
157	568201.1946m	1446688.5637m	853.523m	TN	W86° 22' 15.14"	N13° 05' 08.22"
158	568199.5466m	1446689.4027m	853.506m	OCD	W86° 22' 15.20"	N13° 05' 08.25"
159	568196.3866m	1446691.0187m	853.464m	LC	W86° 22' 15.30"	N13° 05' 08.30"
160	568193.5696m	1446692.8557m	853.250m	OCD	W86° 22' 15.39"	N13° 05' 08.36"
161	568160.5966m	1446663.3064m	854.598m	ECA	W86° 22' 16.49"	N13° 05' 07.40"
162	568158.8714m	1446659.5086m	854.894m	LPROP	W86° 22' 16.55"	N13° 05' 07.28"
163	568155.7395m	1446647.4494m	855.182m	LPROP	W86° 22' 16.65"	N13° 05' 06.89"
164	568145.0834m	1446628.5670m	854.007m	LPROP	W86° 22' 17.01"	N13° 05' 06.27"
165	568144.4438m	1446650.0775m	854.861m	LPROP	W86° 22' 17.03"	N13° 05' 06.97"
166	568147.3528m	1446659.7781m	855.313m	LPROP	W86° 22' 16.93"	N13° 05' 07.29"
167	568150.3968m	1446669.1284m	854.559m	LPROP	W86° 22' 16.83"	N13° 05' 07.59"
168	568157.2831m	1446655.7075m	854.887m	CER	W86° 22' 16.60"	N13° 05' 07.15"
169	568156.4028m	1446655.8688m	854.845m	TN	W86° 22' 16.63"	N13° 05' 07.16"
170	568155.6527m	1446656.0055m	854.938m	OCD	W86° 22' 16.66"	N13° 05' 07.16"
171	568152.7678m	1446656.5854m	854.877m	LC	W86° 22' 16.75"	N13° 05' 07.18"
172	568150.3130m	1446656.9767m	854.736m	OCD	W86° 22' 16.83"	N13° 05' 07.20"

Fuente: Levantamiento por Sustentantes -Área de planificación Urbana de la Alcaldía de Estelí.

Tabla 100: Datos Técnicos de Levantamiento (tramo 2).

Número de Punto	Este	Norte	Punto Elevación	Descripción	Longitud	Latitud
173	568148.9898m	1446657.1183m	854.770m	TN	W86° 22' 16.88"	N13° 05' 07.20"
174	568146.8494m	1446657.5454m	855.245m	CER	W86° 22' 16.95"	N13° 05' 07.21"
175	568155.6098m	1446649.3026m	854.699m	CER	W86° 22' 16.66"	N13° 05' 06.95"
176	568153.5041m	1446649.3045m	854.614m	TN	W86° 22' 16.73"	N13° 05' 06.95"
177	568152.6850m	1446649.2981m	854.796m	OCD	W86° 22' 16.76"	N13° 05' 06.95"
178	568150.0056m	1446649.2460m	854.773m	LC	W86° 22' 16.84"	N13° 05' 06.94"
179	568147.3312m	1446649.3255m	854.657m	OCD	W86° 22' 16.93"	N13° 05' 06.95"
180	568146.1569m	1446649.3891m	854.527m	TN	W86° 22' 16.97"	N13° 05' 06.95"
181	568144.5317m	1446649.4115m	854.964m	CER	W86° 22' 17.03"	N13° 05' 06.95"
182	568154.6372m	1446639.1904m	854.848m	CER	W86° 22' 16.69"	N13° 05' 06.62"
183	568151.4733m	1446640.0529m	854.159m	TN	W86° 22' 16.80"	N13° 05' 06.65"
184	568150.5373m	1446640.1290m	854.297m	OCD	W86° 22' 16.83"	N13° 05' 06.65"
185	568148.0679m	1446640.5501m	854.344m	LC	W86° 22' 16.91"	N13° 05' 06.66"
186	568145.4152m	1446640.8818m	854.271m	OCD	W86° 22' 17.00"	N13° 05' 06.67"
187	568144.3250m	1446640.9934m	854.147m	TN	W86° 22' 17.03"	N13° 05' 06.68"
188	568143.3056m	1446640.9505m	854.473m	CER	W86° 22' 17.07"	N13° 05' 06.68"
189	568144.2778m	1446630.8841m	854.071m	CER	W86° 22' 17.04"	N13° 05' 06.35"
190	568145.3301m	1446631.1420m	853.525m	TN	W86° 22' 17.00"	N13° 05' 06.36"
191	568146.3191m	1446631.2841m	853.744m	OCD	W86° 22' 16.97"	N13° 05' 06.36"
192	568148.5270m	1446631.5878m	853.755m	LC	W86° 22' 16.90"	N13° 05' 06.37"
193	568151.4780m	1446631.7013m	853.674m	OCD	W86° 22' 16.80"	N13° 05' 06.37"
194	568152.3480m	1446631.5842m	853.674m	TN	W86° 22' 16.77"	N13° 05' 06.37"
195	568154.5869m	1446632.0154m	854.968m	CER	W86° 22' 16.69"	N13° 05' 06.38"
196	568143.9795m	1446618.9656m	853.981m	CER	W86° 22' 17.05"	N13° 05' 05.96"
197	568146.9896m	1446619.6903m	852.956m	TN	W86° 22' 16.95"	N13° 05' 05.98"
198	568148.1293m	1446619.9065m	852.939m	OCD	W86° 22' 16.91"	N13° 05' 05.99"
199	568150.1129m	1446620.3727m	852.971m	LC	W86° 22' 16.84"	N13° 05' 06.00"

Fuente: Levantamiento por Sustentantes -Área de planificación Urbana de la Alcaldía de Estelí.

Tabla 101: Datos Técnicos de Levantamiento (tramo 2).

Número de Punto	Este	Norte	Punto Elevación	Descripción	Longitud	Latitud
200	568152.6556m	1446620.7751m	852.874m	OCD	W86° 22' 16.76"	N13° 05' 06.02"
201	568153.5237m	1446620.9145m	853.015m	TN	W86° 22' 16.73"	N13° 05' 06.02"
202	568154.3747m	1446621.1627m	853.223m	CER	W86° 22' 16.70"	N13° 05' 06.03"
204	568160.7537m	1446598.5086m	852.582m	OCD	W86° 22' 16.49"	N13° 05' 05.29"
205	568162.7208m	1446594.9148m	852.479m	LC	W86° 22' 16.43"	N13° 05' 05.17"
206	568164.5398m	1446591.9123m	852.409m	OCD	W86° 22' 16.37"	N13° 05' 05.08"
207	568160.5055m	1446592.1191m	852.575m	LPROP	W86° 22' 16.50"	N13° 05' 05.08"
208	568140.5172m	1446592.5633m	853.616m	LPROP	W86° 22' 17.16"	N13° 05' 05.10"
209	568140.6792m	1446594.3228m	853.720m	OCD	W86° 22' 17.16"	N13° 05' 05.16"
210	568140.7239m	1446596.9359m	853.754m	LC	W86° 22' 17.16"	N13° 05' 05.24"
211	568140.6223m	1446599.3305m	853.752m	OCD	W86° 22' 17.16"	N13° 05' 05.32"
213	568122.1248m	1446594.1762m	853.727m	CER	W86° 22' 17.78"	N13° 05' 05.15"
214	568122.3275m	1446596.6762m	854.249m	OCD	W86° 22' 17.77"	N13° 05' 05.24"
215	568121.9054m	1446599.4165m	854.454m	LC	W86° 22' 17.78"	N13° 05' 05.32"
216	568121.6324m	1446601.8217m	854.498m	OCD	W86° 22' 17.79"	N13° 05' 05.40"
218	568157.1665m	1446621.8478m	855.010m	LPROP	W86° 22' 16.61"	N13° 05' 06.05"
220	568162.3568m	1446596.3908m	852.477m	TN	W86° 22' 16.44"	N13° 05' 05.22"
221	568163.4040m	1446597.0374m	852.630m	OCD	W86° 22' 16.40"	N13° 05' 05.24"
222	568165.4566m	1446598.5450m	852.605m	LC	W86° 22' 16.34"	N13° 05' 05.29"
223	568168.2823m	1446600.7611m	852.660m	OCD	W86° 22' 16.24"	N13° 05' 05.36"
224	568168.6742m	1446601.1505m	852.573m	TN	W86° 22' 16.23"	N13° 05' 05.38"
225	568174.2419m	1446601.9113m	851.780m	CER	W86° 22' 16.04"	N13° 05' 05.40"
226	568187.4736m	1446593.6345m	852.056m	CER	W86° 22' 15.61"	N13° 05' 05.13"
227	568186.0870m	1446590.8576m	852.663m	TN	W86° 22' 15.65"	N13° 05' 05.04"
228	568185.3588m	1446589.6023m	852.728m	OCD	W86° 22' 15.68"	N13° 05' 05.00"
229	568183.6499m	1446587.0145m	852.671m	LC	W86° 22' 15.73"	N13° 05' 04.92"
230	568182.4257m	1446584.1168m	852.708m	OCD	W86° 22' 15.77"	N13° 05' 04.82"

Fuente: Levantamiento por Sustentantes -Área de planificación Urbana de la Alcaldía de Estelí.

Tabla 102: Datos Técnicos de Levantamiento (tramo 2).

Número de Punto	Este	Norte	Punto Elevación	Descripción	Longitud	Latitud
231	568182.0154m	1446582.7756m	852.628m	TN	W86° 22' 15.79"	N13° 05' 04.78"
232	568181.1233m	1446578.2728m	851.604m	TN	W86° 22' 15.82"	N13° 05' 04.63"
233	568195.8402m	1446575.9829m	852.833m	PTE	W86° 22' 15.33"	N13° 05' 04.56"
234	568197.1659m	1446579.5588m	852.726m	PTE	W86° 22' 15.28"	N13° 05' 04.67"
235	568198.8643m	1446582.6912m	852.769m	PTE	W86° 22' 15.23"	N13° 05' 04.77"
236	568216.2435m	1446574.1617m	852.789m	PTE	W86° 22' 14.65"	N13° 05' 04.50"
237	568215.1942m	1446571.1637m	852.735m	PTE	W86° 22' 14.69"	N13° 05' 04.40"
238	568213.3639m	1446567.5079m	852.772m	PTE	W86° 22' 14.75"	N13° 05' 04.28"
239	568232.5319m	1446549.9955m	850.609m	TN	W86° 22' 14.11"	N13° 05' 03.71"
240	568234.6771m	1446555.3941m	850.999m	TN	W86° 22' 14.04"	N13° 05' 03.88"
241	568236.7737m	1446558.6230m	852.602m	OCD	W86° 22' 13.97"	N13° 05' 03.99"
242	568238.4856m	1446561.6905m	852.758m	LC	W86° 22' 13.91"	N13° 05' 04.09"
243	568240.3085m	1446565.2645m	852.735m	OCD	W86° 22' 13.85"	N13° 05' 04.20"
244	568241.1166m	1446567.3472m	852.278m	TN	W86° 22' 13.83"	N13° 05' 04.27"
245	568241.4236m	1446569.8896m	850.886m	TN	W86° 22' 13.82"	N13° 05' 04.35"
246	568161.1720m	1446663.2546m	854.621m	ECA	W86° 22' 16.47"	N13° 05' 07.40"
247	568159.4425m	1446667.4812m	854.706m	OCD	W86° 22' 16.53"	N13° 05' 07.54"
248	568156.5549m	1446669.2913m	854.692m	LC	W86° 22' 16.63"	N13° 05' 07.60"
249	568153.8648m	1446670.5741m	854.522m	OCD	W86° 22' 16.71"	N13° 05' 07.64"
250	568150.5443m	1446668.9356m	854.573m	ECA	W86° 22' 16.83"	N13° 05' 07.59"
251	568166.2814m	1446681.5757m	853.890m	TN	W86° 22' 16.30"	N13° 05' 08.00"
252	568166.8589m	1446680.3338m	853.987m	OCD	W86° 22' 16.28"	N13° 05' 07.96"
253	568169.8169m	1446677.8756m	854.138m	LC	W86° 22' 16.18"	N13° 05' 07.87"
254	568171.4654m	1446675.3456m	854.073m	OCD	W86° 22' 16.13"	N13° 05' 07.79"
255	568172.7924m	1446673.7278m	853.514m	TN	W86° 22' 16.09"	N13° 05' 07.74"
256	568174.4103m	1446685.7254m	853.304m	ECA	W86° 22' 16.03"	N13° 05' 08.13"
257	568189.3563m	1446688.9378m	853.099m	ECA	W86° 22' 15.53"	N13° 05' 08.23"

Fuente: Levantamiento por Sustentantes -Área de planificación Urbana de la Alcaldía de Estelí.

Tabla 103: Datos Técnicos de Levantamiento (tramo 2).

Número de Punto	Este	Norte	Punto Elevación	Descripción	Longitud	Latitud
258	568203.3506m	1446691.8507m	853.455m	ECA	W86° 22' 15.07"	N13° 05' 08.33"
259	568194.3314m	1446682.6987m	853.394m	CER	W86° 22' 15.37"	N13° 05' 08.03"
260	568189.5145m	1446681.6069m	853.464m	PCE	W86° 22' 15.53"	N13° 05' 07.99"
261	568181.8194m	1446674.1699m	853.157m	CER	W86° 22' 15.79"	N13° 05' 07.75"
262	568168.8000m	1446669.1759m	853.337m	CER	W86° 22' 16.22"	N13° 05' 07.59"
263	568167.0787m	1446670.4921m	854.210m	A	W86° 22' 16.28"	N13° 05' 07.63"
264	568164.9770m	1446670.2986m	853.994m	TN	W86° 22' 16.35"	N13° 05' 07.63"
265	568163.6828m	1446671.7014m	854.440m	OCD	W86° 22' 16.39"	N13° 05' 07.67"
266	568161.8810m	1446674.6043m	854.416m	LC	W86° 22' 16.45"	N13° 05' 07.77"
267	568159.3899m	1446676.4930m	854.180m	OCD	W86° 22' 16.53"	N13° 05' 07.83"
268	568157.8212m	1446677.7826m	854.003m	TN	W86° 22' 16.58"	N13° 05' 07.87"
269	568186.2804m	1446678.9091m	853.758m	TN	W86° 22' 15.64"	N13° 05' 07.91"
270	568184.5230m	1446680.6144m	853.828m	OCD	W86° 22' 15.70"	N13° 05' 07.96"
271	568182.2884m	1446683.6388m	853.768m	LC	W86° 22' 15.77"	N13° 05' 08.06"
272	568180.0971m	1446685.7613m	853.558m	OCD	W86° 22' 15.84"	N13° 05' 08.13"
273	568178.3819m	1446687.0904m	853.520m	TN	W86° 22' 15.90"	N13° 05' 08.17"
274	568191.5326m	1446693.9437m	853.268m	TN	W86° 22' 15.46"	N13° 05' 08.40"
302	568210.5894m	1447143.0629m	864.000m	PT	W86° 22' 14.79"	N13° 05' 23.01"
303	568215.0164m	1447141.9327m	863.938m	CC	W86° 22' 14.65"	N13° 05' 22.98"
304	568215.6743m	1447142.4586m	863.930m	CC	W86° 22' 14.62"	N13° 05' 22.99"
305	568216.1122m	1447143.1933m	863.930m	CC	W86° 22' 14.61"	N13° 05' 23.02"
306	568210.2664m	1447132.0529m	863.900m	PL	W86° 22' 14.80"	N13° 05' 22.66"
307	568216.6430m	1447135.4044m	863.942m	ADOQ	W86° 22' 14.59"	N13° 05' 22.76"
308	568217.5455m	1447138.3883m	863.980m	ADOQ	W86° 22' 14.56"	N13° 05' 22.86"
309	568216.4542m	1447132.4403m	863.930m	CC	W86° 22' 14.60"	N13° 05' 22.67"
310	568216.2912m	1447131.2373m	863.920m	CC	W86° 22' 14.60"	N13° 05' 22.63"
311	568219.1534m	1447138.4468m	863.990m	ADOQ	W86° 22' 14.51"	N13° 05' 22.86"

Fuente: Levantamiento por Sustentantes -Área de planificación Urbana de la Alcaldía de Estelí.

Tabla 104: Datos Técnicos de Levantamiento (tramo 2).

Número de Punto	Este	Norte	Punto Elevación	Descripción	Longitud	Latitud
313	568166.0682m	1447134.1437m	863.200m	LI	W86° 22' 16.27"	N13° 05' 22.73"
314	568166.0683m	1447136.4212m	863.250m	LC	W86° 22' 16.27"	N13° 05' 22.80"
315	568166.0964m	1447138.6836m	863.180m	LD	W86° 22' 16.27"	N13° 05' 22.88"
316	568173.3424m	1447134.8314m	863.330m	LI	W86° 22' 16.03"	N13° 05' 22.75"
317	568173.4040m	1447137.3148m	863.400m	LC	W86° 22' 16.03"	N13° 05' 22.83"
318	568173.4656m	1447139.7981m	863.320m	LD	W86° 22' 16.03"	N13° 05' 22.91"
319	568195.6176m	1447134.9364m	863.600m	LI	W86° 22' 15.29"	N13° 05' 22.75"
320	568195.4881m	1447137.9350m	863.670m	LC	W86° 22' 15.29"	N13° 05' 22.85"
321	568195.3749m	1447140.9346m	863.640m	LD	W86° 22' 15.30"	N13° 05' 22.95"
322	568217.0762m	1447133.1813m	863.940m	CC	W86° 22' 14.58"	N13° 05' 22.69"
323	568215.2839m	1447137.8431m	863.950m	LC	W86° 22' 14.64"	N13° 05' 22.84"
324	568195.6590m	1447132.4618m	863.820m	CER	W86° 22' 15.29"	N13° 05' 22.67"
325	568195.1928m	1447142.3557m	863.780m	CER	W86° 22' 15.30"	N13° 05' 22.99"
327	568172.9853m	1447142.2169m	863.450m	CER	W86° 22' 16.04"	N13° 05' 22.99"
328	568218.1690m	1447131.4800m	863.950m	BM1	W86° 22' 14.54"	N13° 05' 22.64"
329	568171.6760m	1447142.0690m	863.500m	BM2	W86° 22' 16.08"	N13° 05' 22.98"
330	568211.3150m	1446989.2690m	856.350m	BM3	W86° 22' 14.78"	N13° 05' 18.01"
331	568238.6250m	1446869.2340m	853.980m	BM4	W86° 22' 13.88"	N13° 05' 14.10"
332	568230.9140m	1446784.1190m	852.880m	BM5	W86° 22' 14.15"	N13° 05' 11.33"
333	568198.2950m	1446708.0210m	853.100m	BM6	W86° 22' 15.24"	N13° 05' 08.85"
334	568158.3910m	1446663.1710m	854.600m	BM7	W86° 22' 16.57"	N13° 05' 07.40"
335	568144.3889m	1446619.3919m	853.980m	BM8	W86° 22' 17.03"	N13° 05' 05.97"

Fuente: Levantamiento por Sustentantes -Área de planificación Urbana de la Alcaldía de Estelí.

Tabla 105: códigos de levantamiento topográfico.

TABLA DE SIMBOLOGIA		
PTO	CODIGO	SIGNIFICADO
1	A	ARBOL
2	BM	BM
3	CER	CERCO
4	ECA	ESQUINA DE CASA
5	EED	ESQUINA EDIFICIO
6	LC	LINEA CENTRAL
7	LCCA	LINEA CENTRAL CAUCE
8	OCD	ORILLA DE CAMINO DERECHA
9	OCI	ORILLA DE CAMINO IZQUIERDA
10	PCE	POSTE DE CONCRETO ELECTRICO
11	PCT	POSTE DE CONCRETO TELEFONICO
12	TAP	TRAGANTE AGUAS PLUVIALES
13	TN	TERRENO NATURAL
14	TUAP	TUBO DE AGUA POTABLE
15	ACERA	ACERA
16	LPROP	LIMITE DE PROPIEDAD

Fuente: Levantamiento por Sustentantes -Área de planificación Urbana de la Alcaldía de Estelí.

Imagen- 39: Formato tabloide planta-perfil (Largo 432 mm x Ancho 279 mm).

The diagram shows a rectangular drawing sheet with a width of 432 mm and a height of 279 mm. The sheet is divided into two main horizontal sections. The top section is labeled 'PLANTA' and has a scale of 'ESC ____ 1: 1000'. The bottom section is labeled 'PERFIL LONGITUDINAL' and has a scale of 'ESC _____ 1: 1000'. At the bottom of the sheet, there is a title block containing the following information:

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN	AUTORES: Br. Becker Jesús Úbeda Rugama. Br. Edwim Joel Funes Soto. Br. William Rodolfo Quintero Quintero.	PROYECTO: DISEÑO GEOMÉTRICO DE 700 METROS LINEALES DE CALLES.	UBICACIÓN: BARRIO FRANCISCO RIVERA QUINTERO, MUNICIPIO DE ESTELÍ	CONTENIDO: FORMATO TABOLIDE PLANTA-PERFIL	LÁMINA 1 / 15
	ALCALDÍA MUNICIPAL DE ESTELÍ DEPARTAMENTO DE ESTELÍ					

Fuente: Levantamiento por Sustentantes -Civil 3D.

Tabla 106: Formato para conteo de tránsito vehicular por 12 horas diurnas

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA UNÍ NORTE																		
Departamento de Estelí-Nicaragua																		
Tramo Carretero: Francisco Rivera Quintero					Sentido: S-N / N-S					Fecha de Conteo: Lunes 04 al domingo 10					Mes/Año: Enero 2021			
Estación de conteo 0+020					Aforador: Edwin Joel Funes Soto					Hora: 06:00 am - 06:00 pm								
Hora	Moto	Vehículo de Pasajeros						Vehículo de carga						Equipo Pesado			Total	
		Auto	Jeep	Camioneta	McBus	MnBus	Bus	Liv	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx - Rx	Cx - Rx	V.A	V.C		Otros
					< 15 s	15 - 30 s	30 + s	2-5 t	5 + t		< = 4 e	> = 5 e	< = 4 e	> = 5 e				
06:00	07:00																	
07:00	08:00																	
08:00	09:00																	
09:00	10:00																	
10:00	11:00																	
11:00	12:00																	
12:00	01:00																	
01:00	02:00																	
02:00	03:00																	
03:00	04:00																	
04:00	05:00																	
05:00	06:00																	

Fuente: Anuario de tráfico 2019.

Tabla 107: Conteo de Tránsito Vehicular Diurno semanal (Lunes 04/01/2021).

HORA		UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA UNÍ NORTE															
		Departamento de Estelí-Nicaragua															
Tramo Carretero: Barrio Francisco Rivera Quintero		Sentido: S-N / N-S				Fecha de Conteo: Lunes 04				Mes/Año: Enero 2021							
HORA		Estación: 0+020				Aforador: Edwin Joel Funes Soto				Hora: 06:00 am - 06:00 pm							
		Veh. Pasajeros				Vehículos de Carga				Equipo Pesado							
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	C2 Liv.	C2	C3	C4	T3-S2	V.A.	V.C.	Otros	TOTAL
<15 s.	15-30 s.					30+ s.	2-5 t.	5+ t.									
06:00	07:00	14	4	0	5	2	1	4	2	2	2	0	0	0	0	0	36
07:00	08:00	12	5	1	5	1	0	4	4	3	1	0	0	0	0	0	36
08:00	09:00	6	8	0	4	0	0	4	2	1	0	0	0	0	0	0	25
09:00	10:00	10	5	1	7	0	0	4	1	4	1	0	0	0	0	0	33
10:00	11:00	14	3	0	8	0	1	4	3	0	0	0	0	0	0	0	33
11:00	12:00	17	8	0	2	2	1	4	0	1	0	0	0	0	0	0	35
12:00	13:00	18	6	1	8	0	0	4	2	2	0	0	0	0	0	0	41
13:00	14:00	23	4	1	6	0	1	4	1	2	1	0	0	0	0	0	43
14:00	15:00	17	5	3	4	1	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	37
15:00	16:00	11	7	2	1	2	0	4	2	1	1	0	0	0	0	0	31
16:00	17:00	11	9	4	6	5	0	4	1	1	1	0	0	0	0	0	42
17:00	18:00	18	6	3	3	3	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	39
TOTAL		171	70	16	59	16	4	48	23	17	7	0	0	0	0	0	431

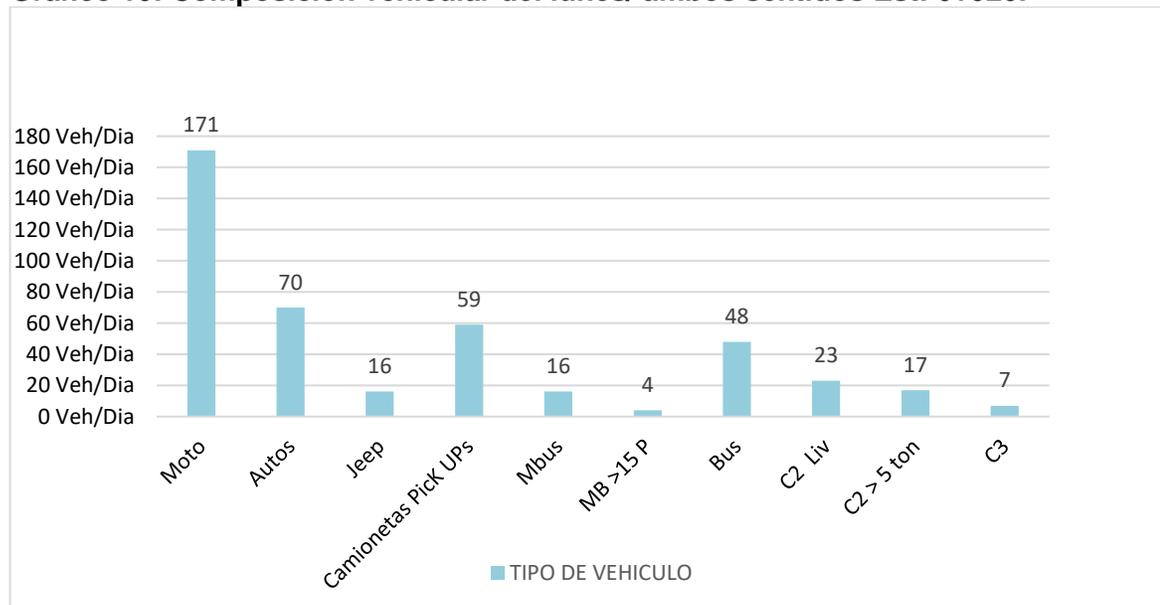
Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Tabla 108: Composición vehicular del lunes/ ambos sentidos Est: 0+020.

LUNES AMBOS SENTIDOS	
TIPO DE VEHÍCULO	VOLUMEN
Moto	171
Autos	70
Jeep	16
Camionetas Pick UPs	59
Mbus	16
MB >15 P	4
Bus	48
C2 Liv	23
C2 > 5 ton	17
C3	7
TPDiS	431

Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Gráfico 10: Composición vehicular del lunes/ ambos sentidos Est: 0+020.



Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Tabla 109: Conteo de tránsito vehicular diurno semanal (martes 05/01/2021).

HORA		UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA UNÍ NORTE															
		Departamento de Estelí-Nicaragua															
Tramo Carretero: Barrio Francisco Rivera Quintero		Sentido: S-N / N-S				Fecha de Conteo: martes 05				Mes/Año: Enero 2021							
Estación: 0+020		Aforador: Edwin Joel Funes Soto										Hora: 06:00 am - 06:00 pm					
		Motos	Vehículo de Pasajeros						Vehículos de Carga					Equipo Pesado			TOTAL
			Autos	Jeep	Cam.	McBus <15 s.	MnBus 15-30 s.	Bus 30+ s.	C2 Liv. 2-5 t.	C2 5+ t.	C3	C4	T3-S2	V.A.	V.C.	Otros	
06:00	07:00	18	4	3	2	2	1	4	1	0	1	0	0	0	0	0	36
07:00	08:00	14	1	1	2	1	0	4	3	2	1	0	0	0	0	0	29
08:00	09:00	12	1	2	1	0	0	4	1	0	1	0	0	0	0	0	22
09:00	10:00	8	9	1	9	3	0	4	6	2	0	0	0	0	0	0	42
10:00	11:00	14	3	2	3	1	0	4	3	2	0	0	0	0	0	0	32
11:00	12:00	11	5	6	4	0	0	4	1	3	2	0	0	0	0	0	36
12:00	13:00	18	14	4	8	2	1	4	2	0	0	0	0	0	0	0	53
13:00	14:00	24	3	0	4	0	0	4	2	2	0	0	0	0	0	0	39
14:00	15:00	8	2	1	4	0	0	4	1	0	1	0	0	0	0	0	21
15:00	16:00	19	8	1	14	1	0	4	4	2	0	0	0	0	0	0	53
16:00	17:00	12	7	0	4	1	1	4	2	0	0	0	0	0	0	0	31
17:00	18:00	16	9	0	10	3	2	4	4	0	0	0	0	0	0	0	48
TOTAL		174	66	21	65	14	5	48	30	13	6	0	0	0	0	0	442

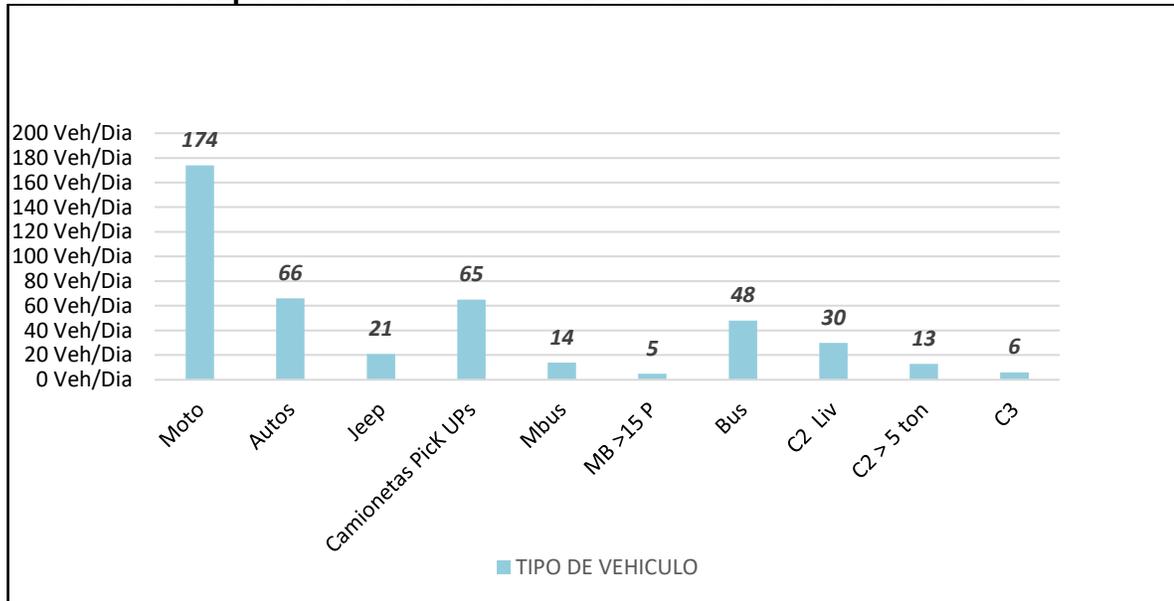
Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Tabla 110: Volumen vehicular del martes/ ambos sentidos Est: 0+020.

MARTES AMBOS SENTIDOS	
TIPO DE VEHÍCULO	VOLUMEN
Moto	174
Autos	66
Jeep	21
Camionetas Pick UPs	65
Mbus	14
MB >15 P	5
Bus	48
C2 Liv	30
C2 > 5 ton	13
C3	6
TPDiS	442

Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Gráfico 11: Composición vehicular del martes / ambos sentidos est: 0+020.



Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Tabla 111: Conteo de tránsito vehicular diurno semanal (miércoles 06/01/2021).

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA UNÍ NORTE																		
Departamento de Estelí-Nicaragua																		
Tramo Carretero: Barrio Francisco Rivera Quintero						Sentido: S-N / N-S			Fecha de Conteo: miércoles 06				Mes/Año: Enero 2021					
HORA		Estación: 0+020				Aforador: Edwin Joel Funes Soto						Hora: 06:00 am - 06:00 pm						
		Motos	Veh. Pasajeros			Vehículos de Carga					Equipo Pesado			TOTAL				
			Autos	Jeep	Cam.	McBus <15 s.	MnBus 15-30 s.	Bus 30+ s.	C2 Liv. 2-5 t.	C2 5+ t.	C3	C4	T3-S2		V.A.	V.C.	Otros	
06:00	07:00	10	4	2	1	1	1	4	1	1	1	0	0	0	0	0	26	
07:00	08:00	11	2	1	2	1	0	4	2	0	1	0	0	0	0	0	24	
08:00	09:00	17	1	1	3	3	0	4	3	3	0	0	0	0	0	0	35	
09:00	10:00	19	1	0	4	0	0	4	1	1	0	0	0	0	0	0	30	
10:00	11:00	12	4	3	6	0	1	4	3	3	0	0	0	0	0	0	36	
11:00	12:00	11	2	1	5	1	0	4	2	0	2	0	0	0	0	0	28	
12:00	13:00	27	4	0	3	1	0	4	3	1	0	0	0	0	0	0	43	
13:00	14:00	17	8	3	4	0	0	4	9	3	0	0	0	0	0	0	48	
14:00	15:00	11	10	0	8	1	0	4	3	2	0	0	0	0	0	0	39	
15:00	16:00	16	6	2	6	0	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	37	
16:00	17:00	11	3	1	11	0	1	4	2	1	0	0	0	0	0	0	34	
17:00	18:00	19	7	1	8	4	1	4	3	1	1	0	0	0	0	0	49	
TOTAL		181	52	15	61	12	4	48	35	16	5	0	0	0	0	0	429	

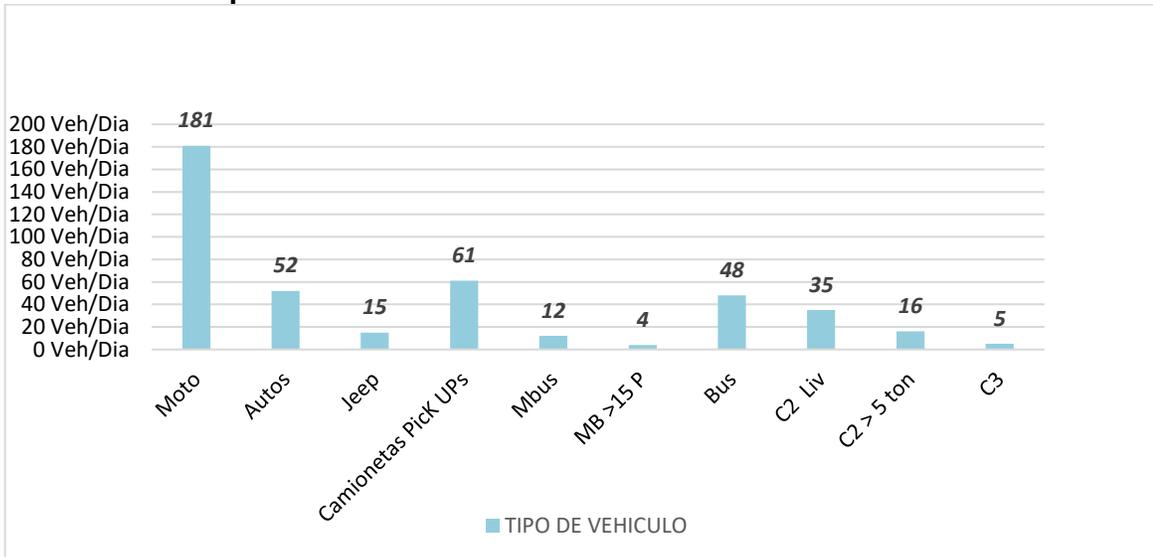
Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Tabla 112: Volumen vehicular del miércoles/ ambos sentidos Est: 0+020.

MIÉRCOLES AMBOS SENTIDOS	
TIPO DE VEHÍCULO	VOLUMEN
Moto	181
Autos	52
Jeep	15
Camionetas Pick UPs	61
Mbus	12
MB >15 P	4
Bus	48
C2 Liv	35
C2 > 5 ton	16
C3	5
TPDiS	429

Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Gráfico 12: Composición vehicular del miércoles / ambos sentidos est: 0+020.



Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Tabla 113: Conteo de tránsito vehicular diurno semanal (jueves 07/02/2021).

HORA		UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA UNÍ NORTE															
		Departamento de Estelí-Nicaragua															
Tramo Carretero: Barrio Francisco Rivera Quintero		Sentido: S-N / N-S				Fecha de Conteo: jueves 07				Mes/Año: Enero 2021							
Estación: 0+020		Aforador: Edwin Joel Funes Soto										Hora: 06:00 am - 06:00 pm					
		Motos	Veh. Pasajeros			Vehículos de Carga							Equipo Pesado			TOTAL	
			Autos	Jeep	Cam.	McBus <15 s.	MnBus 15-30 s.	Bus 30+ s.	C2 Liv. 2-5 t.	C2 5+ t.	C3	C4	T3-S2	V.A.	V.C.		Otros
06:00	07:00	23	3	1	2	1	1	4	1	2	1	0	0	0	0	0	39
07:00	08:00	14	2	0	5	1	0	4	2	3	2	0	0	0	0	0	33
08:00	09:00	6	4	0	6	0	0	4	1	0	1	0	0	0	0	0	22
09:00	10:00	16	2	1	2	1	0	4	3	3	0	0	0	0	0	0	32
10:00	11:00	6	8	3	7	2	0	4	3	2	0	0	0	0	0	0	35
11:00	12:00	12	10	4	4	0	2	4	2	1	2	0	0	0	0	0	41
12:00	13:00	22	4	0	12	1	0	4	2	2	0	0	0	0	0	0	47
13:00	14:00	7	8	2	1	0	0	4	3	1	1	0	0	0	0	0	27
14:00	15:00	8	3	3	3	0	0	4	2	3	0	0	0	0	0	0	26
15:00	16:00	12	5	2	11	1	0	4	2	2	2	0	0	0	0	0	41
16:00	17:00	14	3	2	7	0	1	4	1	1	0	0	0	0	0	0	33
17:00	18:00	22	6	1	12	1	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	48
TOTAL		162	58	19	72	8	5	48	23	20	9	0	0	0	0	0	424

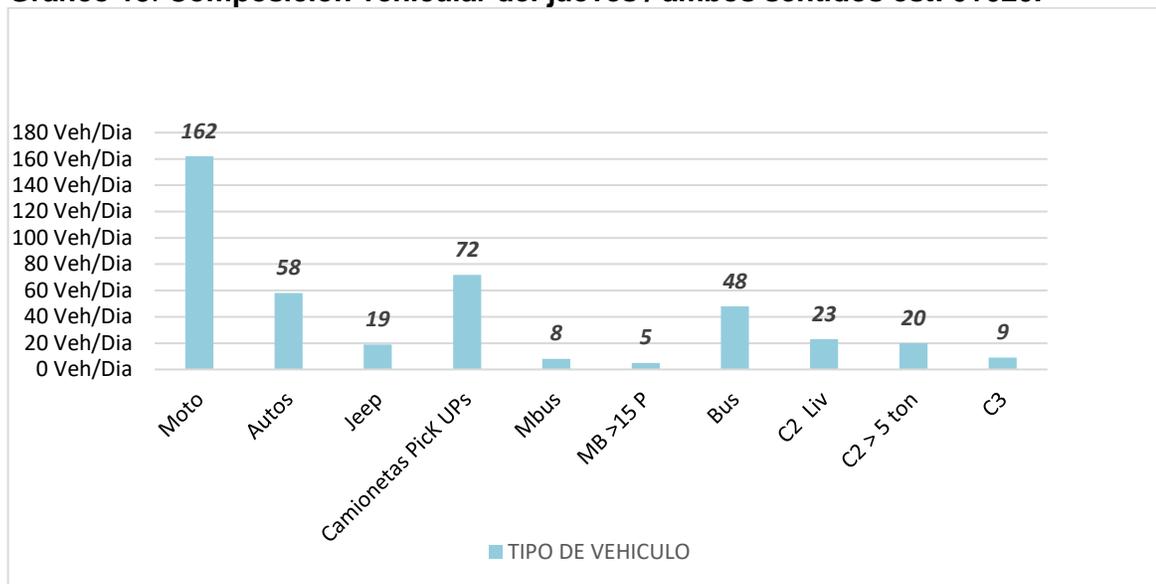
Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Tabla 114: Volumen vehicular del jueves/ ambos sentidos Est: 0+020.

JUEVES AMBOS SENTIDOS	
TIPO DE VEHÍCULO	VOLUMEN
Moto	162
Autos	58
Jeep	19
Camionetas Pick UPs	72
Mbus	8
MB >15 P	5
Bus	48
C2 Liv	23
C2 > 5 ton	20
C3	9
TPDiS	424

Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Gráfico 13: Composición vehicular del jueves / ambos sentidos est: 0+020.



Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Tabla 115: Conteo de tránsito vehicular diurno semanal (viernes 08/01/2021).

HORA		UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA UNÍ NORTE															
		Departamento de Estelí-Nicaragua															
Tramo Carretero: Barrio Francisco Rivera Quintero		Sentido: S-N / N-S				Fecha de Conteo: viernes 08				Mes/Año: Enero 2021							
Estación: 0+020		Aforador: Edwin Joel Funes Soto														Hora: 06:00 am - 06:00 pm	
		Motos	Veh. Pasajeros					Vehículos de Carga						Equipo Pesado			TOTAL
			Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	C2 Liv.	C2	C3	C4	T3-S2	V.A.	V.C.	Otros	
<15 s.	15-30 s.	30+ s.				2-5 t.	5+ t.										
06:00	07:00	13	2	1	2	1	1	4	3	1	2	0	0	0	0	0	30
07:00	08:00	12	4	2	4	1	0	4	2	2	1	0	0	0	0	0	32
08:00	09:00	8	3	1	5	1	0	4	3	1	0	0	0	0	0	0	26
09:00	10:00	9	4	0	8	2	0	4	4	0	2	0	0	0	0	0	33
10:00	11:00	9	6	2	5	0	1	4	1	2	0	0	0	0	0	0	30
11:00	12:00	17	7	4	4	1	1	4	5	0	0	0	0	0	0	0	43
12:00	13:00	11	10	1	11	1	0	4	2	0	1	0	0	0	0	0	41
13:00	14:00	24	5	0	7	0	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	43
14:00	15:00	9	8	2	5	1	0	4	2	1	0	0	0	0	0	0	32
15:00	16:00	6	7	1	3	0	0	4	1	1	1	0	0	0	0	0	24
16:00	17:00	13	5	2	7	0	1	4	2	2	0	0	0	0	0	0	36
17:00	18:00	18	10	2	16	1	1	4	1	3	0	0	0	0	0	0	56
TOTAL		149	71	18	77	9	5	48	29	13	7	0	0	0	0	0	426

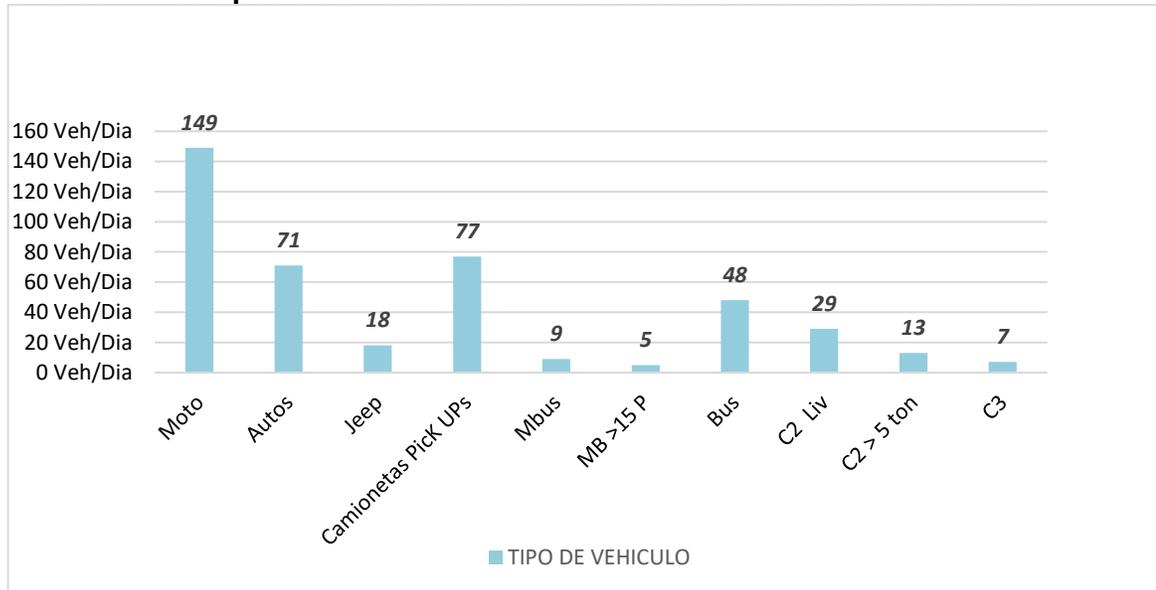
Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Tabla 116: Volumen vehicular del viernes/ ambos sentidos Est: 0+020.

VIERNES AMBOS SENTIDOS	
TIPO DE VEHÍCULO	VOLUMEN
Moto	149
Autos	71
Jeep	18
Camionetas PicK UPs	77
Mbus	9
MB >15 P	5
Bus	48
C2 Liv	29
C2 > 5 ton	13
C3	7
TPDiS	426

Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Gráfico 14: Composición vehicular del viernes / ambos sentidos est: 0+020.



Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Tabla 117: Conteo de tránsito vehicular diurno semanal (sábado 09/01/2021).

HORA		UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA UNÍ NORTE															
		Departamento de Estelí-Nicaragua															
Tramo Carretero: Barrio Francisco Rivera Quintero		Sentido: S-N / N-S				Fecha de Conteo: sábado 09				Mes/Año: Enero 2021							
Estación: 0+020		Aforador: Edwin Joel Funes Soto										Hora: 06:00 am - 06:00 pm					
		Motos	Veh. Pasajeros						Vehículos de Carga					Equipo Pesado			TOTAL
			Autos	Jeep	Cam.	McBus <15 s.	MnBus 15-30 s.	Bus 30+ s.	C2 Liv. 2-5 t.	C2 5+ t.	C3	C4	T3-S2	V.A.	V.C.	Otros	
06:00	07:00	15	2	1	3	0	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	26
07:00	08:00	13	3	2	7	1	0	4	1	1	1	0	0	0	0	0	33
08:00	09:00	9	6	0	3	0	0	4	5	0	0	0	0	0	0	0	27
09:00	10:00	6	2	1	5	0	0	4	0	2	1	0	0	0	0	0	21
10:00	11:00	6	4	0	2	0	1	4	1	2	0	0	0	0	0	0	20
11:00	12:00	10	3	1	9	1	0	4	1	1	0	0	0	0	0	0	30
12:00	13:00	18	9	2	11	0	0	4	0	1	1	0	0	0	0	0	46
13:00	14:00	7	4	0	2	1	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	21
14:00	15:00	15	7	0	8	0	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	36
15:00	16:00	8	12	1	12	1	0	4	4	1	1	0	0	0	0	0	44
16:00	17:00	11	0	1	8	0	0	4	0	1	1	0	0	0	0	0	26
17:00	18:00	14	16	2	10	1	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	49
TOTAL		132	68	11	80	5	2	48	18	10	5	0	0	0	0	0	379

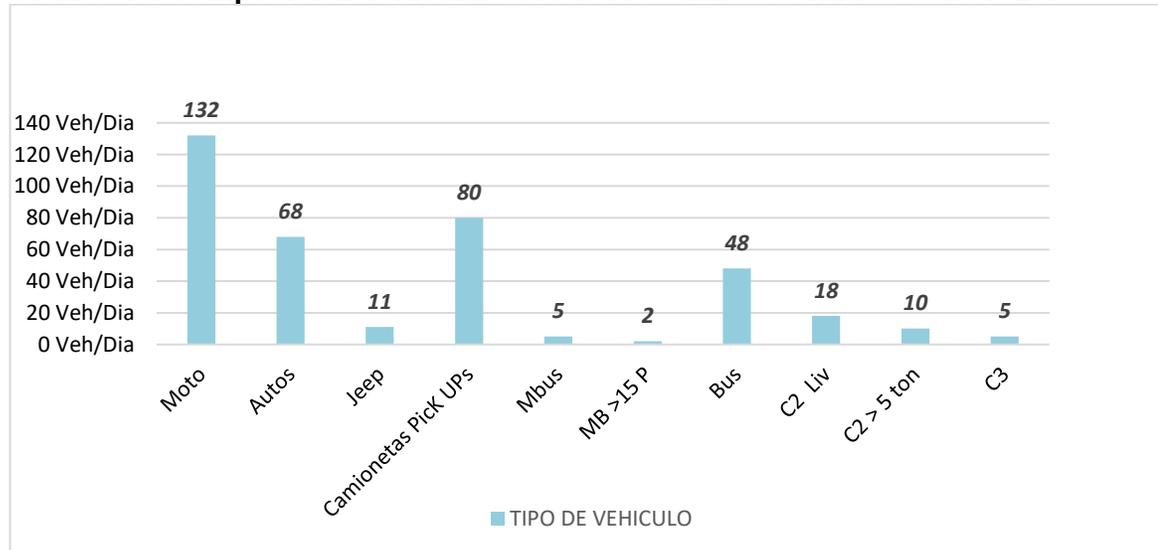
Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Tabla 118: Volumen vehicular del sábado/ ambos sentidos Est: 0+020.

SÁBADO AMBOS SENTIDOS	
TIPO DE VEHÍCULO	VOLUMEN
Moto	132
Autos	68
Jeep	11
Camionetas Pick UPs	80
Mbus	5
MB >15 P	2
Bus	48
C2 Liv	18
C2 > 5 ton	10
C3	5
TPDiS	379

Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Gráfico 15: Composición vehicular del sábado / ambos sentidos est: 0+020.



Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Tabla 119: Conteo de tránsito vehicular diurno semanal (domingo 10/01/2021).

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA UNÍ NORTE																	
Departamento de Estelí-Nicaragua																	
Tramo Carretero: Barrio Francisco Rivera Quintero						Sentido: S-N / N-S			Fecha de Conteo: Domingo 10				Mes/Año: febrero 2021				
HORA		Estación: 0+020				Aforador: Edwin Joel Funes Soto							Hora: 06:00 am - 06:00 pm				
		Motos	Veh. Pasajeros						Vehículos de Carga					Equipo Pesado			TOTAL
			Autos	Jeep	Cam.	McBus <15 s.	MnBus 15-30 s.	Bus 30+ s.	C2 Liv. 2-5 t.	C2 5+ t.	C3	C4	T3-S2	V.A.	V.C.	Otros	
06:00	07:00	17	3	2	4	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	29
07:00	08:00	6	0	0	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	11
08:00	09:00	9	3	1	6	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	22
09:00	10:00	18	6	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	30
10:00	11:00	8	5	1	8	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	24
11:00	12:00	9	2	0	12	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	25
12:00	13:00	7	2	0	8	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	19
13:00	14:00	11	6	2	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
14:00	15:00	9	4	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
15:00	16:00	8	5	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	19
16:00	17:00	7	6	0	8	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	24
17:00	18:00	16	1	0	6	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	25
TOTAL		125	43	7	80	2	1	0	11	6	1	0	0	0	0	0	276

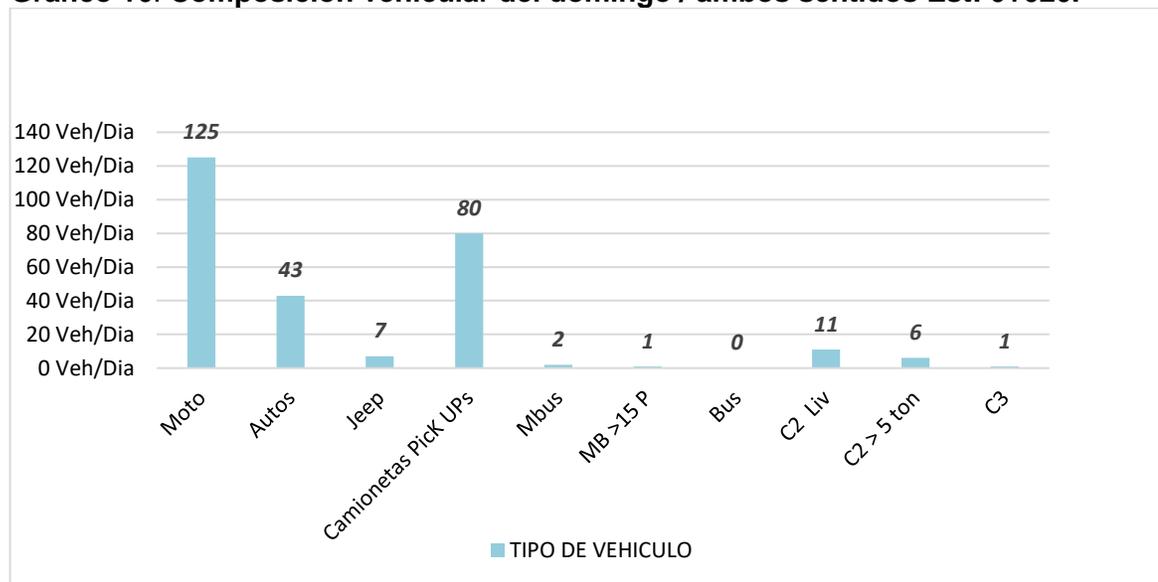
Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Tabla 120: Volumen vehicular del domingo / ambos sentidos Est: 0+020.

DOMINGO AMBOS SENTIDOS	
TIPO DE VEHÍCULO	VOLUMEN
Moto	125
Autos	43
Jeep	7
Camionetas Pick UPs	80
Mbus	2
MB >15 P	1
Bus	0
C2 Liv	11
C2 > 5 ton	6
C3	1
TPDiS	276

Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Gráfico 16: Composición vehicular del domingo / ambos sentidos Est: 0+020.



Fuente: Levantamiento por Sustentantes.

Tabla 121: Porcentajes del volumen vehicular tramo en estudio y estacion seleccionada (ECD-142)

ESTACION: BARRIO - FRANCISCO RIVERA QUINTERO Est: (0+020)											
Días	Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga			TOTAL
	Motos	Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb> 15 P	Bus	Liv C2	C2	C3	
Lunes	6	3	3	3	0	4	2	0	0	0	21
Martes	9	0	10	3	2	4	4	0	0	0	32
Miércoles	7	1	8	4	1	4	3	1	1	0	30
Jueves	6	1	12	1	1	4	1	0	0	0	26
Viernes	10	2	16	1	1	4	1	3	0	0	38
Sábado	16	2	10	1	0	4	2	0	0	0	35
Domingo	1	0	6	0	0	0	2	0	0	0	9
Total	55	9	65	13	5	24	15	4	1	0	191
TPDS(Vehículos/12 hrs)	8.0	1.0	9.0	2.0	1.0	3.0	2.0	1.0	0.0	0.0	27.0
Porcentajes %	38.90%	15.21%	3.74%	17.71%	2.24%	1.00%	10.22%	5.99%	3.49%	1.50%	
	75.56%				24.44%						100.00%

15	NIC-1	142	ECD	Emp. San Nicolas - Estelí	2017	599	923	469	1777	111	75	209	340	368	91	12	374		8		9	5,365		
					2015	630	674	292	1276	124	28	217	395	273	48	7	356	1	2		14	4,337		
					2012	573	597	345	1427	70	12	229	391	224	34		273		2		19	4,196		
					2010	365	515	296	1282	32	5	203	325	237	36		325		1		11	3,633		
					2008	382	536	412	1291	42	15	219	338	242	28	1	371		1		6	3,884		
					2005	134	464	339	1092	33	6	252	265	218	37	1	336				5	3,182		
					2003	50	297	204	637	15	0	147	156	151	33	1	199				4	1,893		
					2001	84	284	271	955	32	9	183	204	186	14		104	0			3	2,329		
					2000	85	243	243	861	15	5	177	180	203	46	1	182				11	2,252		
				EMC: 1205																				
				Tasa Crecimiento: 4.97%	2019	660	1017	517	1958	122	83	230	375	405	100	13	412		9		10	5,912		
						Liv. 4152			Pasaj. 435			Pesado 1324												
						70%			7%			22%												

Fuente: sustentantes / Anuario de aforos de tráfico. MTI, Año 2019. Pág. 97.

Nota: Los porcentajes de volumen vehicular del tramo en estudio son similares al perfil de flujo vehicular de la estacion seleccionada (ECD-112).

Tabla 122: Factores de ajustes para ECD-142 bajo la dependencia de la EMC-1205 Emp. Chichigalpa rotonda Chinandega.

		MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA DIVISION GENERAL DE PLANIFICACION DIVISION DE ADMINISTRACION VIAL OFICINA DE DIAGNOSTICO Y EVALUACION DE PAVIMENTOS															
ESTACION DE MAYOR COBERTURA 1205 EMPALME CHICHIGALPA - ROTONDA CHINANDEGA FACTORES - 2019																	
<i>Factores del primer cuatrimestre del año Enero - Abril</i>																	
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	1.36	1.34	1.28	1.31	1.23	1.39	1.30	1.27	1.37	1.36	1.00	1.51	1.38	1.00	1.67	1.33	1.42
Factor Semana	0.97	0.99	0.99	0.93	0.97	0.97	1.01	0.88	0.88	0.85	1.00	0.92	1.03	1.00	0.84	0.86	0.92
Factor Fin de Semana	1.09	1.02	1.04	1.22	1.09	1.09	0.98	1.50	1.55	1.78	1.00	1.26	0.94	1.00	1.93	1.71	1.30
Factor Expansión a TPDA	0.98	0.96	0.98	0.99	0.98	0.76	0.94	0.97	1.01	0.94	1.00	0.99	1.00	1.00	1.02	0.57	0.78
<i>Factores del segundo cuatrimestre del año Mayo - Agosto</i>																	
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	1.31	1.34	1.30	1.30	1.22	1.46	1.26	1.25	1.41	1.31	1.00	1.56	1.00	1.00	1.11	1.00	1.07
Factor Semana	1.00	1.00	1.00	0.94	0.97	0.97	0.97	0.88	0.88	0.86	1.00	0.88	1.00	1.00	0.95	1.00	0.88
Factor Fin de Semana	1.01	1.00	1.01	1.20	1.08	1.08	1.08	1.50	1.51	1.72	1.00	1.48	1.00	1.00	1.16	1.00	1.54
Factor Expansión a TPDA	1.00	1.03	1.00	1.00	1.01	1.04	1.03	1.02	0.95	1.26	1.00	0.95	1.00	1.00	0.94	2.73	1.12
<i>Factores del tercer cuatrimestre del año septiembre - Diciembre</i>																	
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	1.28	1.33	1.23	1.30	1.21	1.40	1.23	1.26	1.37	1.21	1.00	1.48	1.00	1.00	1.20	1.00	1.30
Factor Semana	0.98	0.98	0.95	0.93	0.97	0.98	1.00	0.87	0.86	0.96	1.00	0.88	1.00	1.00	0.98	0.86	0.95
Factor Fin de Semana	1.06	1.04	1.14	1.22	1.09	1.05	1.00	1.64	1.69	1.11	1.00	1.51	1.00	1.00	1.04	1.71	1.16
Factor Expansión a TPDA	1.02	1.01	1.02	1.01	1.01	1.39	1.03	1.01	1.05	0.88	1.00	1.07	1.00	1.00	1.05	1.14	1.20

Fuente: Revista Anuario de Aforo 2019, Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) Pág. 378.

Tabla 123: Indicadores macroeconómicos de PIB, POB.

Conceptos-Concept	2008	2009	2010	2011	2012	2013
PIB (a precios constantes)- Real GDP	129,161	124,908	130,416	138,654	147,661	154,937
PIB (córdobas corrientes) - Nominal GDP	164,602	168,791	187,053	219,182	247,994	271,530
PIB (en millones US\$) - GDP (million of US\$)	8,497	8,299	8,759	9,774	10,533	10,983
Población (miles de habitantes) ^{10/} - Population (thousands) ^{10/}	5,669	5,742	5,816	5,997	6,071	6,134
Base monetaria - Monetary base	10,370	12,426	14,550	18,278	19,174	20,467
Depósitos totales ^{11/} - Total deposits ^{11/}	48,776	56,489	70,400	82,044	86,550	98,592
Cartera de crédito bruta ^{12/} - Gross credit portfolio ^{12/}	47,199	44,242	45,289	53,852	69,457	84,282
Balance del SPNF a/d - Balance of NFPS (before grants)	(4,875)	(6,577)	(4,122)	(3,457)	(4,145)	(5,803)
Balance del SPNF d/d - Balance of NFPS (after grants)	(1,028)	(2,196)	(1,102)	354	(627)	(3,057)

Conceptos-Concept	2014	2015	2016	2017	2018	2019
PIB (a precios constantes)- Real GDP	162,351	170,132	177,895	186,134	179,873	173,264
PIB (córdobas corrientes) - Nominal GDP	308,403	347,707	380,261	414,279	410,988	417,705
PIB (en millones US\$) - GDP (million of US\$)	11,880	12,757	13,286	13,786	13,025	12,611
Población (miles de habitantes) ^{10/} - Population (thousands) ^{10/}	6,198	6,263	6,328	6,394	6,460	6,528
Banco Central de Nicaragua	23,503	29,661	29,138	33,114	30,133	34,478
	117,346	133,636	145,144	160,719	127,434	128,855
	100,712	123,839	146,722	167,150	152,240	132,386
	(7,957)	(9,905)	(11,823)	(12,810)	(18,893)	(9,182)
	(4,450)	(5,450)	(7,500)	(8,488)	(16,110)	(6,567)



Fuente: Informe Anual del BCN -2019. (Descarga de archivo de Excel digital)

Registros Periodo de años 2008-2019.

Tabla 124: Tipología y descripción vehicular de conteos de tránsito.

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 tinas 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.
	MINBUS		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 AGRÍCOLAS		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 de aforos de tráfico. MTI, Año 2019.

Tabla 125: Listado histórico TPDA ECD-142 Emp. Chichigalpa Rotonda Chinandega.).

REPÚBLICA DE NICARAGUA
MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA
DIVISIÓN GENERAL DE PLANIFICACIÓN
DIVISIÓN DE ADMINISTRACIÓN VIAL

OFICINA DE DIAGNÓSTICO, EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS Y PUENTES

**ANUARIO DE AFOROS DE TRAFICO
AÑO 2019**

Managua, Mayo 2020

MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA
DIVISION GENERAL DE PLANIFICACION
DIVISION DE ADMINISTRACION VIAL
OFICINA DE DIAGNOSTICO Y EVALUACION DE PAVIMENTOS

TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL HISTORICO POR TIPO DE VEHICULO
AÑO 2019

15	NIC-1	142	ECD	Emp. San Nicolas - Estelí															
2017	599	923	469	1777	111	75	209	340	368	91	12	374		8		9	5,365		
2015	630	674	292	1276	124	28	217	395	273	48	7	356	1	2	14	4,337			
2012	573	597	345	1427	70	12	229	391	224	34		273		2	19	4,196			
2010	365	515	296	1282	32	5	203	325	237	36		325		1	11	3,633			
2008	382	536	412	1291	42	15	219	338	242	28	1	371		1	6	3,884			
2005	134	464	339	1092	33	6	252	265	218	37	1	336			5	3,182			
2003	50	297	204	637	15	0	147	156	151	33	1	199			4	1,893			
2001	84	284	271	955	32	9	183	204	186	14		104	0		3	2,329			
2000	85	243	243	861	15	5	177	180	203	46	1	182			11	2,252			
EMC: 1205																			
Tasa Crecimiento: 4.97%				2019	660	1017	517	1958	122	83	230	375	405	100	13	412	9	10	5,912
				Liv.			Pasaj.			Pesado									
				4152			435			1324									
				70%			7%			22%									

Nota: Los registros utilizados de la ECD-142 corresponden a los del año 2008 al 2019.

Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI, Año 2019. Pág. 97.

Tabla 126: Crecimiento económico de Nicaragua año-2019.

Principales indicadores macroeconómicos										
Conceptos - Concepts	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Actividad económica/ y empleo^{2/-} - Economic activity/¹ and employment/²										
PIB a precios constantes (tasas de crecimiento) - Real GDP growth (%)	4.4	6.3	6.5	4.9	4.8	4.8	4.6	4.6	(3.4)	(3.7)
PIB per-cápita (en US\$) - GDP per cápita (US\$)	1,506	1,630	1,735	1,790	1,917	2,037	2,100	2,156	2,016	1,932
PIB per-cápita (tasas de crecimiento) - GDP per cápita growth (%)	4.2	8.2	6.4	3.2	7.1	6.3	3.1	2.7	(6.5)	(4.2)
Tasa de desempleo abierto - Unemployment rate (%)	7.9	5.9	5.9	5.7	6.6	5.9	4.5	3.7	5.4	5.6
Porcentaje de ocupados con subempleo - Underemployment as a percent of employed persons (%)	50.5	51.8	51.0	50.1	49.9	50.2	44.4	42.9	45.6	47.5
Inflación anual acumulada nacional (IPC año base=2006) - National annual inflation (CPI 2006=100)	9.2	8.0	6.6	5.7	6.5	3.1	3.1	5.7	3.9	6.1
Inflación anual acumulada (Managua) ^{3/} - Managua annual inflation ^{3/}	9.1	8.6	7.1	5.4	6.5	2.8	3.1	5.8	3.3	6.5
Devaluación anual (%) ^{4/5} - Annual devaluation (%) ^{4/5}	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.7
Tipo de cambio oficial promedio (C\$ x US\$) - Average exchange rate (C\$ x US\$)	21.4	22.4	23.5	24.7	26.0	27.3	28.6	30.1	31.6	33.1
Tipo de cambio oficial a fin de período (C\$ x US\$) - Exchange rate, end of period (C\$ x US\$)	21.9	23.0	24.1	25.3	26.6	27.9	29.3	30.8	32.3	33.8
Sector monetario (tasas de crecimiento) - Monetary sector (percentage growth)										
Base monetaria - Monetary base	17.1	25.6	4.9	6.7	14.8	26.2	(1.8)	13.6	(9.0)	14.4
RIB / base monetaria (número de veces) - Gross international reserves/monetary base (number of times)	2.7	2.4	2.4	2.5	2.6	2.3	2.5	2.6	2.4	2.4
Depósitos totales - Total deposits	24.4	17.6	5.5	13.9	19.0	13.9	8.6	10.7	(20.7)	1.1
Cartera de crédito bruta - Banks' gross portfolio	2.4	18.9	29.0	21.3	19.5	23.0	18.5	13.9	(8.9)	(13.0)

Fuente: Informe Anual BCN-2020 Pág. 11 pdf.

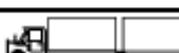
Nota: promedio de los últimos 10 años corresponde a 3.39%.

Tabla 127: Diagrama de cargas permisibles (vehículos livianos y pasajeros).

TIPO DDE VEHICULO	PESO POR EJE (TON)	PESO POR EJE (LBS)
AUTOMOVIL	1/1.	2200/2200
JEEP	1/1.	2200/2200
CAMIONETA	1/2.	2200/4400
MC-15	2/4.	4400/8800
MC-15-30	4/8.	8800/17600
C-2 LIV	4/8.	8800/17600
BUS=C2	5/10.	11000/2200

Fuente: Departamento de Vialidad MTI /Doc. Clasificación Vehicular.

Tabla 128: Diagrama de cargas permisibles (vehículos pesados).

TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						Peso Máximo Total (1) 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: Departamento de Vialidad MTI /Doc. Clasificación Vehicular.

Tabla 129: Factores equivalentes de cargas, ejes simples.

Carga por eje		D								
		pulg (mm)								
(kips)	(KN)	6.0	7.0	8.0	9.0	1.0	11.0	12.0	13.0	14.0
		(152.4)	(177.8)	(203.2)	(228.6)	(254.0)	279.4)	(304.8)	(330.2)	(355.6)
	2	8.9	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002
2.2	4	17.8	.002	.002	.002	.002	.002	.002	.002	.002
4.4	6	26.7	.011	.010	.010	.010	.010	.010	.010	.010
	8	35.6	.035	.033	.032	.032	.032	.032	.032	.032
8.8	10	44.5	.087	.084	.082	.081	.080	.080	.080	.080
11	12	53.4	.186	.180	.176	.175	.174	.174	.173	.173
	14	62.3	.353	.346	.341	.338	.337	.336	.336	.336
	16	71.2	.614	.609	.604	.601	.599	.599	.598	.598
	18	80.0	1.00	.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
17.60	20	89.0	1.55	1.56	1.57	1.58	1.58	1.59	1.59	1.59
	22	97.9	2.32	2.32	2.35	2.38	2.40	2.41	2.41	2.42
	24	106.8	3.37	3.34	3.40	3.47	3.51	3.53	3.54	3.55
	26	115.7	4.76	4.69	4.77	4.88	4.97	5.02	5.04	5.06
	28	124.6	6.58	6.44	6.52	6.70	6.85	6.94	7.00	7.04
	30	133.5	8.92	8.68	8.74	8.98	9.23	9.39	9.48	9.56
	32	142.4	11.9	11.5	11.5	11.8	12.2	12.4	12.6	12.7
	34	151.3	15.5	15.0	14.9	15.3	15.8	16.2	16.4	16.6
	36	160.0	20.1	19.3	19.2	19.5	20.1	20.7	21.1	21.5
	38	169.1	25.6	24.5	24.3	24.6	25.4	26.1	26.7	27.4
	40	178.0	32.2	30.8	30.4	30.7	31.6	32.6	33.4	34.4
	42	186.9	40.1	38.4	37.7	38.0	38.9	40.1	41.3	42.7
	44	195.8	49.4	47.3	46.4	46.6	47.6	49.0	50.4	52.4
	46	204.7	60.4	57.7	56.6	56.7	57.7	59.3	61.1	63.7
	48	213.6	73.2	69.9	68.4	68.4	69.4	71.2	73.3	76.8
	50	222.5	88.0	84.1	82.2	82.0	83.0	84.9	87.4	91.7

Fuente: Libro de Diseño de pavimento AASHTO-93, Pág. 41 pdf.

Utilizando un espesor asumido D=6" se interpolaron los factores equivalentes de carga para ejes simples 2.2,4.4,8.0, 11, 17.60, y ejes dobles 36.60 utilizando la tabla para ejes Tándem.

Nota: El valor de 22 kips no se interpola ya que existe en la tabla factores equivalente de carga para pavimento Rígido.

Tabla 130: Factores equivalentes de cargas, ejes tándem.

Carga por eje	pulg (mm)										
	(kips)	(KN)	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0
		(152.4)	(177.8)	(203.2)	(228.6)	(254.0)	279.4)	(304.8)	(330.2)	(355.6)	
2	8.9	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001	.0001
4	17.8	.0006	.0005	.0005	.0005	.0005	.0005	.0005	.0005	.0005	.0005
6	26.7	.002	.002	.002	.002	.002	.002	.002	.002	.002	.002
8	35.6	.006	.006	.005	.005	.005	.005	.005	.005	.005	.005
10	44.5	.014	.013	.013	.012	.012	.012	.012	.012	.012	.012
12	53.4	.028	.026	.026	.025	.025	.025	.025	.025	.025	.025
14	62.3	.051	.049	.048	.047	.047	.047	.047	.047	.047	.047
16	71.2	.087	.084	.082	.081	.081	.080	.080	.080	.080	.080
18	80.0	.141	.136	.133	.132	.131	.131	.131	.131	.131	.131
20	89.0	.216	.210	.206	.204	.203	.203	.203	.203	.203	.203
22	97.9	.319	.313	.307	.305	.304	.303	.303	.303	.303	.303
24	106.8	.454	.449	.444	.441	.440	.439	.439	.439	.439	.439
21	115.7	.629	.626	.622	.620	.618	.618	.618	.618	.618	.618
28	124.6	.852	.851	.850	.850	.850	.849	.849	.849	.849	.849
30	133.5	1.13	1.13	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
32	142.4	1.48	1.48	1.49	1.50	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51
34	151.3	1.90	1.90	1.93	1.95	1.96	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97
36	160.0	2.42	2.41	2.45	2.49	2.51	2.52	2.53	2.53	2.53	2.53
38	169.1	3.04	3.02	3.07	3.13	3.17	3.19	3.20	3.20	3.20	3.21
40	178.0	3.79	3.74	3.80	3.89	3.95	3.98	4.00	4.01	4.01	4.01
42	186.9	4.67	4.59	4.66	4.78	4.87	4.93	4.95	4.97	4.97	4.97
44	195.8	5.72	5.59	5.67	5.82	5.95	6.03	6.07	6.09	6.10	6.10
46	204.7	6.94	6.76	6.83	7.02	7.20	7.31	7.37	7.41	7.43	7.43
48	213.6	8.36	8.12	8.17	8.40	8.63	8.79	8.88	8.93	8.96	8.96
50	222.5	10.00	9.69	9.72	9.98	10.27	10.49	10.62	10.69	10.73	10.73
52	231.4	11.9	11.5	11.5	11.8	12.1	12.4	12.6	12.7	12.8	12.8
54	240.3	14.0	13.5	13.5	13.8	14.2	14.6	14.9	15.0	15.1	15.1
56	249.2	16.5	15.9	15.8	16.1	16.6	17.1	17.4	17.6	17.7	17.7
58	258.1	19.3	18.5	18.4	18.7	19.3	19.8	20.3	20.5	20.7	20.7
60	267.0	22.4	21.5	21.3	21.6	22.3	22.9	23.5	23.8	24.0	24.0
62	275.9	25.9	24.9	24.6	24.9	25.6	26.4	27.0	27.5	27.7	27.7
64	284.7	29.9	28.6	28.2	28.5	29.3	30.2	31.0	31.6	31.9	31.9
66	293.6	34.3	32.8	32.3	32.6	33.4	34.4	35.4	36.1	36.5	36.5
68	302.5	39.2	37.5	36.8	37.1	37.9	39.1	40.2	41.1	41.6	41.6
70	311.4	44.6	42.7	41.9	42.1	42.9	44.2	45.5	46.6	47.3	47.3
72	320.3	50.6	48.4	47.5	47.6	48.5	49.9	51.4	52.6	53.5	53.5
74	329.2	57.3	54.7	53.6	53.6	54.6	56.1	57.7	59.2	60.3	60.3
76	338.1	64.6	61.7	60.4	60.3	61.2	62.8	64.7	66.4	67.7	67.7
78	347.0	72.5	69.3	67.8	67.7	68.6	70.2	72.3	74.3	75.8	75.8
80	355.9	81.3	77.6	75.9	75.7	76.6	78.3	80.6	82.8	84.7	84.7

36.30

Fuente: Libro de Diseño de pavimento AASHTO-93, Pág. 41 pdf.

En las **Tablas 131, 132 y 133** se realizaron los cálculos de interpolación obteniendo los factores ESAL para cada peso por eje por cada tipo de vehículo.

Tabla 131: Interpolación lineal para los valores de (2.2, 4.4, 8.8) kips, ejes simples.

Factor Equivalente de Carga 2.2 Kips		Factor Equivalente de Carga 4.4 Kips		Factor Equivalente de Carga 8.8 Kips	
kips	D=6	kips	D=6	kips	D=6
Carga	FEC	Carga	FEC	Carga	FEC
2	0.0002	4	0.002	4	0.002
2.2	X	4.4	X	4.4	X
4	0.002	6	0.011	6	0.011
FEC=	0.00038	FEC=	0.00380	FEC=	0.05580
					

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Tabla 132: Interpolación lineal (11, 17.60, 22) kips, eje simple.

Factor Equivalente de Carga 11 Kips		Factor Equivalente de Carga 17.60 Kips		Factor Equivalente de Carga 22 Kips	
kips	D=6	kips	D=6	kips	D=6
Carga	FEC	Carga	FEC	Carga	FEC
10	0.087	17	0.614		
11	X	17.60	X	22 →	Existe
12	0.186	18	1.00		
FEC=	0.1365	FEC=	0.92280	FEC=	2.32
					

Fuente: Elaborado por Sustentantes

Tabla 133: Interpolación lineal (36.30) kips, eje tándem.

Factor Equivalente de Carga 36.60 Kips	
kips	D=6
Carga	FEC
36	2.42
36.60	X
38	3.04
FEC=	2.3740
	

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Tabla 134: Clasificación de suelos AASHTO m-145.

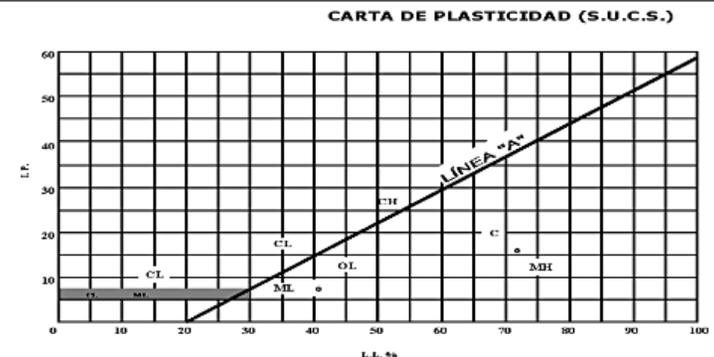
CLASIFICACION GENERAL	Materiales Granulares (igual o menor del 35% pasa el tamiz N° 200)							Materiales Limo - Arcillosos (más del 35% que pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
SUB - GRUPOS	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7-6
% que pasa el Tamiz: N° 10 N° 40 N° 200	50 máx.										
	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del Material que pasa el tamiz N° 40											
			NO PLÁSTICO	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 máx.
Límite Líquido				10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Plasticidad	6 máx.	6 máx.									
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava, arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno						Regular a Deficiente				

NOTA: El índice de plasticidad de los suelos A-7-5 es igual o menor que su Límite Líquido 30, el de los A-7-6 mayor que su Límite Líquido (fig. 1) se halla indicada la relación entre lo LL e IP de los materiales finos. Dicho de otro modo, el grupo A-7 es subdividido en A-7-5 ó A-7-6 dependiendo del Límite Plástico (L.P.)
Si el LP \geq 30, la clasificación es A-7-6
Si el LP < 30, la clasificación es A-7-5

Fuente: Libro de diseño de pavimentos, (Norma AASHTO M-145).

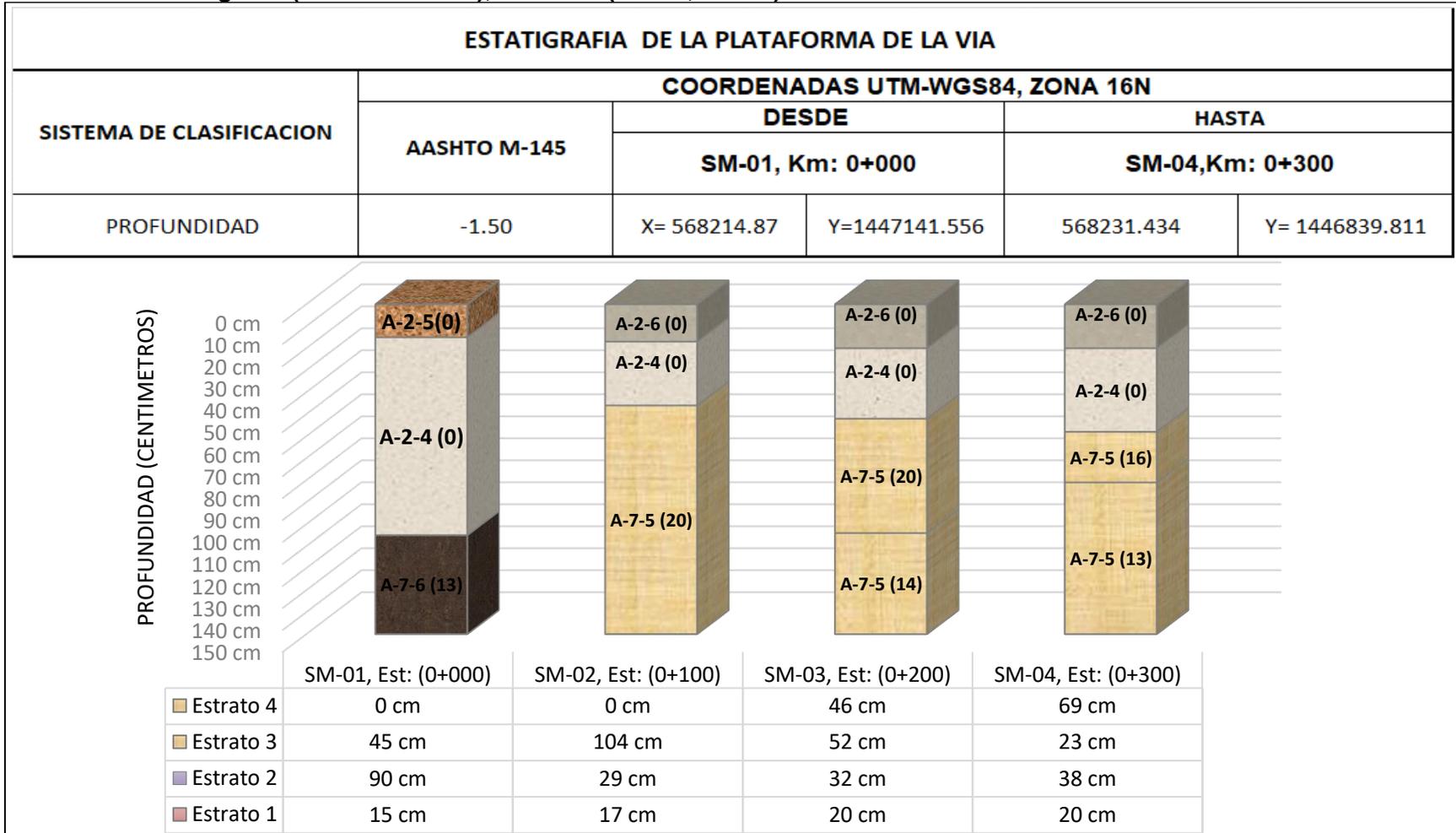
Tabla 135: Clasificación de suelos S.U.C.S.

DIVISIÓN MAYOR		SIMBOLO		NOMBRES TÍPICOS		CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO		
SUELOS DE PARTICULAS GRANESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 Ø	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4	GRAVAS LIMPIAS Poco o nada de partículas finas	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos		<p>DETERMINESE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA, DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE DE FINOS (fracción que pasa por la malla No. 200) LOS SUELOS GRANESOS SE CLASIFICAN COMO SIGUE: Menos del 3% GW, GP, SW, SP; más del 12%: GM, GC, SM, SC. Entre 3% y 12%: Casos de fronteras que requieren el uso de símbolos dobles. **</p>	<p>COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Cu: mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA Cc: entre 1 y 3. $Cu = D_{60} / D_{10}$ $Cc = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$</p>	
			GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos				
		GRAVA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	d	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo				<p>NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW.</p>
			u					
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de gravas, arena y arcilla		<p>LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.</p>			
		SW	Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.					
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4	ARENA LIMPIA Poco o nada de partículas finas	SP	Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.		<p>LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.</p>		
			SM	d	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.			
		SC	u	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.				
		ARENA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE 1/4 cm. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4		<p>Cu = D₆₀ / D₁₀ mayor de 6 ; Cc = (D₃₀)² / (D₁₀)(D₆₀) entre 1 y 3.</p>			
			No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW		<p>LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.</p>			
		No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW		<p>LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.</p>				
SUELOS DE PARTICULAS FINAS Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 Ø	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido menor de 50	ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.		<p>C – Grava, S – Arena, O – Suelo Orgánico, P – Turba, M – Limo C – Arcilla, W – Bien Graduada, P – Mal Graduada, L – Baja Compresibilidad, H – Alta Compresibilidad</p>			
		CL	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.					
	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.						
	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido Mayor de 50	MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos.					
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.					
	SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	OH	Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.					
		P	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.					



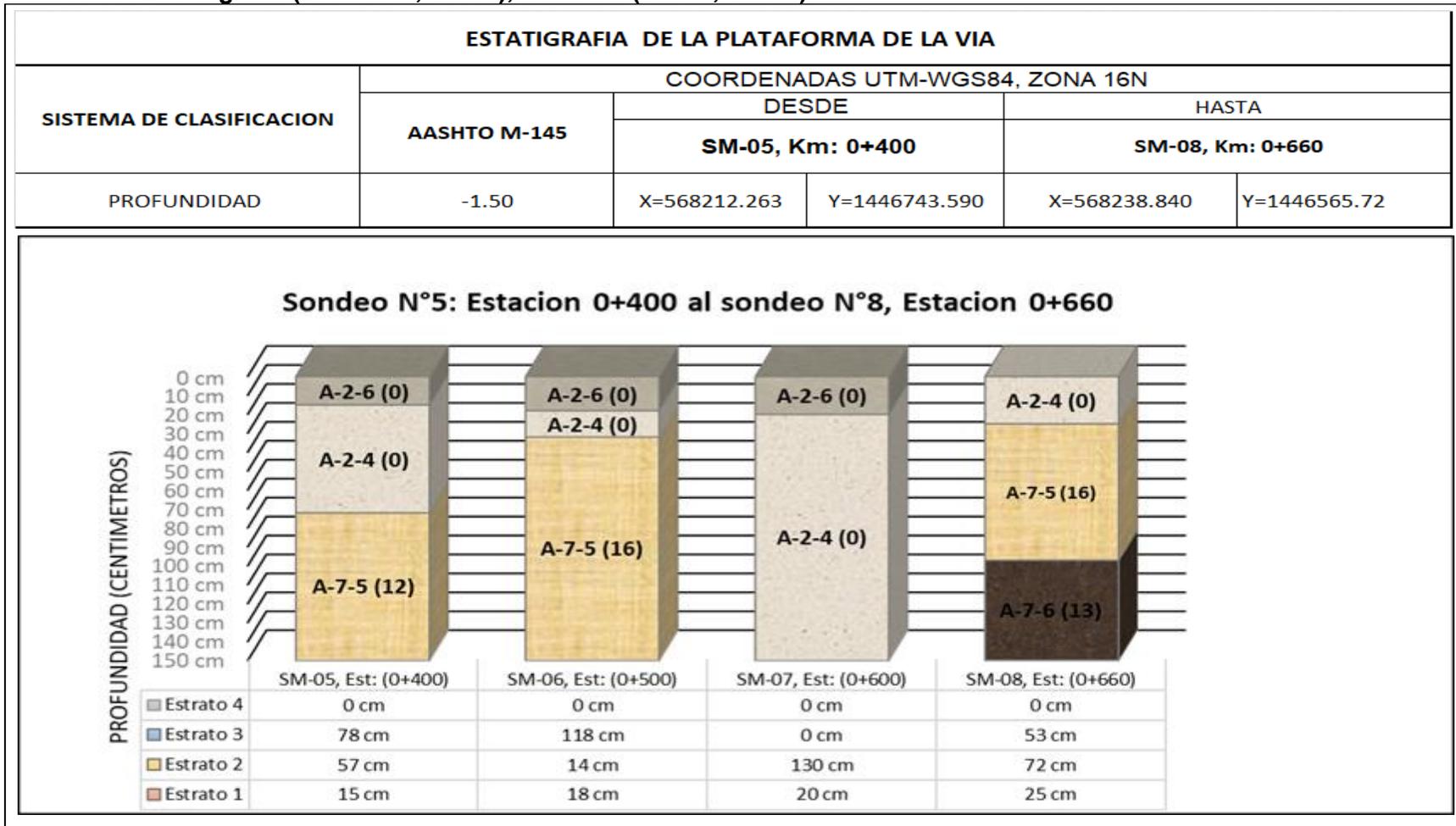
Fuente: Libro de diseño de pavimentos, AASHTO-93.

Gráfico 17: Estratigrafía (Est 0+00-0+300), sondeos (SM-01, SM-04).



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Gráfico 18: Estratigrafía (Est 0+400, 0+660), Sondeos (SM-05, SM-08).



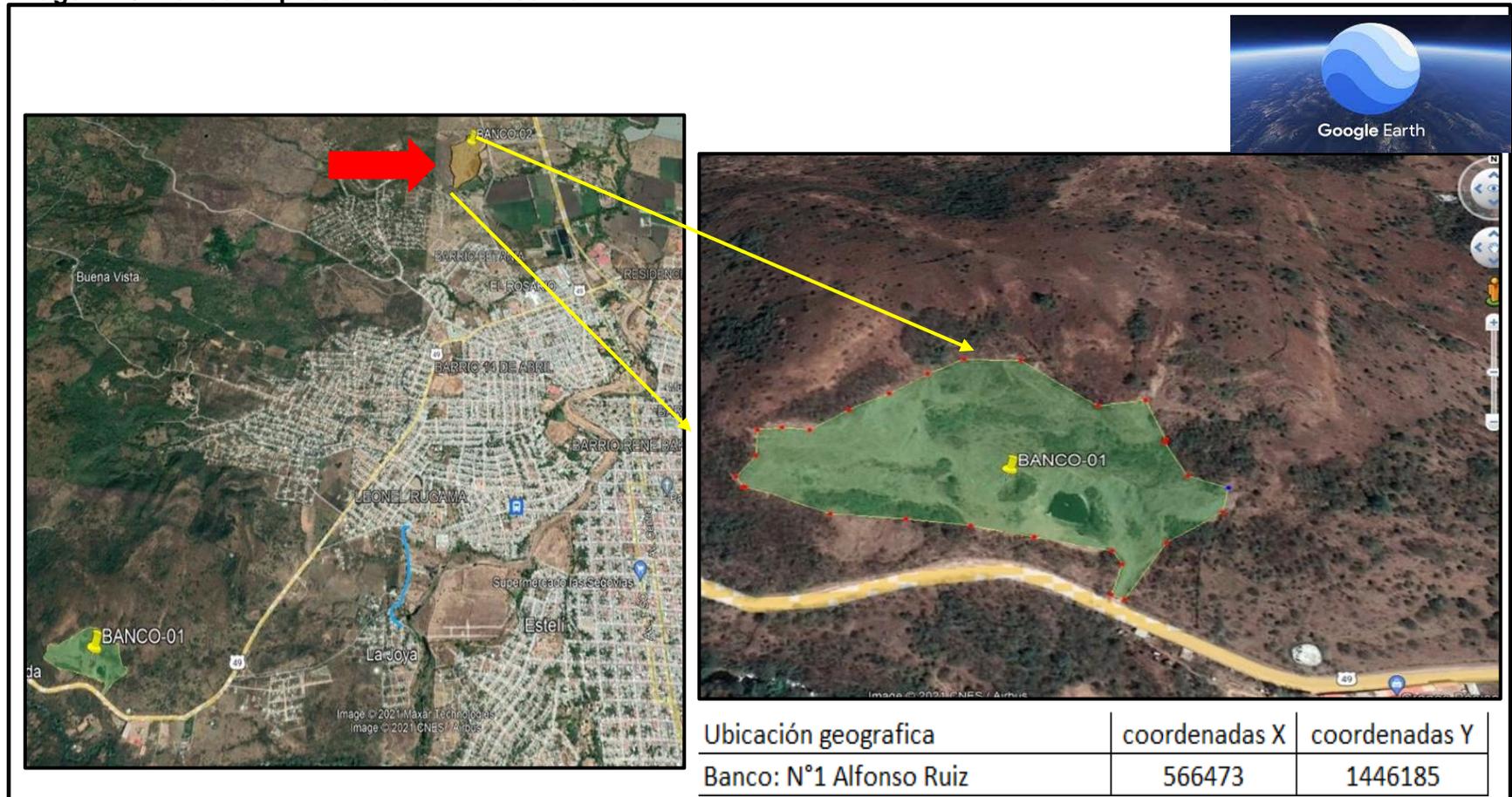
Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Tabla 136: Características físico-mecánicas de los bancos de préstamos existentes.

 ESTUDIOS Y DISEÑOS INGENIEROS CONSULTORES		PROYECTO: <u>Diseño de pavimento Rígido de 700 metros lineales de calles.</u>					
Ciente: <u>Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI)</u> Proyecto : <u>700 metros lineales de pavimento rígido</u>		Ubicación: <u>Municipio de Esteli - Departamento de Esteli</u>			Fecha: <u>20 de Agosto 2020</u> Procedencia: <u>Banco N°1- Banco N°2</u>		
Barrio: <u>Francisco Rivera Quintero</u>							
Banco No.	ANALISI GRANUOMETRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS ASTM D- 422 AASHTO T-88						
Banco: Alfonso Ruiz	Banco: Eduardo Blanco						
% QUE PASA EL TAMIZ ASTM D- 422 AASHTO T-88	Tamices	mm	Banco: N°1		Tamices	mm	Banco: N°2
	3"	75	100		3"	75	100
	2 1/2"	63	100		2 1/2"	63	100
	2"	50	97		2"	50	95
	1 1/2"	37.5	93		1 1/2"	37.5	88
	1"	25	88		1"	25	79
	3/4"	19	80		3/4"	19	72
	1/2"	12.5	73		1/2"	12.5	68
	3/8"	9.5	65		3/8"	9.5	56
	No. 4	4.75	58		No. 4	4.75	48
	No. 10	2	37		No. 10	2	14
	No. 40	0.425	22		No. 40	0.425	7
	No. 200	0.075	11		No. 200	0.075	4
Clasificacion AASHTO		A-2-4 (0)		Grupo		A-1-a (0)	
CBR al 95 proctor modificado		62%		Grupo		A-2	
Factor de abundamiento		1.38		Factor de abundamiento		1.40	
AASHTO T 89 , METODO A AASHTO T 90	%Limite Liquido	37%	Plastico	AASHTO T 89 , METODO A	%Limite Liquido	...	No Plastico
	% indice de Plasticidad	8%			% indice de Plasticidad	NP	
Otros ensayos	%Desgaste de los angeles	22%		Otros ensayos	%Desgaste de los angeles	28%	
	Intemperismo Acelerado	7.4%			Intemperismo Acelerado	8%	
DESCRIPCION	Ubicación geografica	coordenadas X	coordenadas Y	DESCRIPCION	Ubicación geografica	coordenadas X	coordenadas Y
	Banco: N°1 Alfonso Ruiz	566473	1446185		Banco: N°2 Eduardo Blanco	568448	1450319
	Corte Desde	0.30 m	hasta: 3m		Corte Desde	0.30 m	hasta: 3m
	Clasificacion Visual	Grava con Limo y arcilla de baja comprensibilidad color rojizo			Clasificacion Visual	Grava con arena color café claro	

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí- Laboratorio EDICO.

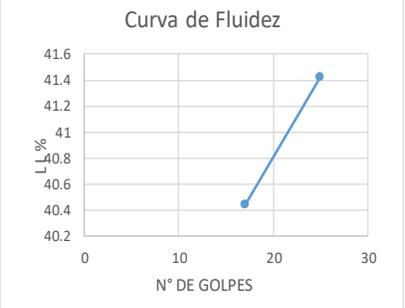
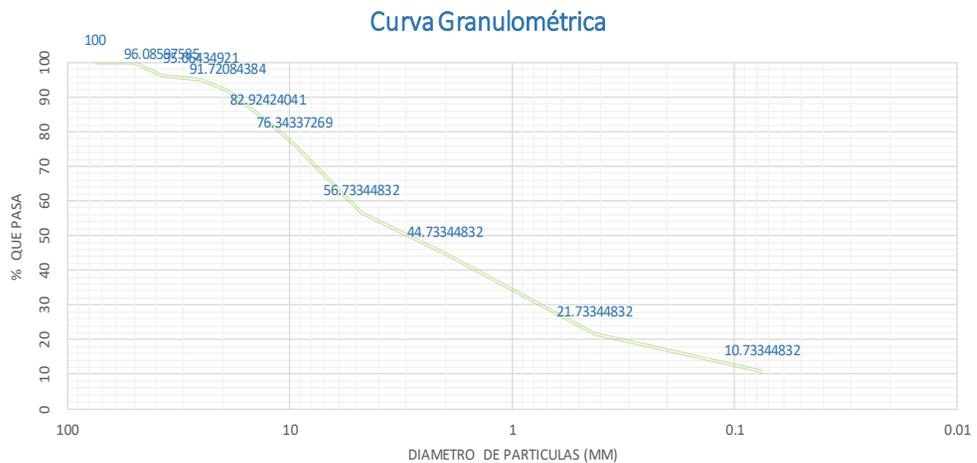
Imagen- 40: Banco de préstamo n°1 Alfonso Ruiz.



Fuente: Google Earth 2022.

Tabla 137: Ensayos de granulometría limite líquido y limite plástico, banco de préstamo N°1 Alfonso Ruiz.

Banco No.	ANALISI GRANUOMETRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS ASTM D-422 AASHTO T-88			
Banco: Alfonso Ruiz				
% QUE PASA EL TAMIZ ASTM D-422 AASHTO T-88	Tamices	mm	Banco: N°1	
	3"	75	100	
	2 1/2"	63	100	
	2"	50	97	
	1 1/2"	37.5	93	
	1"	25	88	
	3/4"	19	80	
	1/2"	12.5	73	
	3/8"	9.5	65	
	No. 4	4.75	58	
	No. 10	2	37	
	No. 40	0.425	22	
	No. 200	0.075	11	
	Clasificacion AASHTO	A-2-4 (0)	Grupo	
	CBR al 95 proctor modificado	61%	A-2	
Número de la tara	X-90	LIMITE LIQUIDO		
Peso de tara	0	AASHTO T 89, METODO A		
Peso de tara + material húmedo	150	No. Golpes de cierre:	17 25	
Peso de tara + material seco	136.6	Factor	0.954 1	
Peso de material húmedo	150	No. Tara:	p-77 p-49 p-45 p-50	
Peso de material seco	136.6	Peso de Tara (gr):	7.4 7.37 11.13 11.34	
Peso del agua	13.4	P de Tara + Mat. Húmedo (gr)	31.62 30.04 25.4 25.2	
% de humedad	9.80966325	P de Tara + Mat. Seco (gr)	24.41 23.4 22.5 22.4	
Lavado		Peso del Material Húmedo (gr)	24.22 22.67 14.27 13.86	
Peso Seco (grs)	178.2	Peso del Material Seco (gr):	17.01 16.03 11.37 11.06	
Peso seco lavado (grs)	146.7	Peso del Agua (gr):	7.21 6.64 2.9 2.8	
Diferencia (grs)	31.5	% Limite Líquido:	40.44 41.42 25.51 25.32	
Pasa N° 200 (grs)	0	RESULTADO	LIMITE LIQUIDO: 37 LIMITE PLASTICO: 8	
		LL-30	Clasificación AASHTO	
			A-2-4 INDICE 0	



Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí-Laboratorio EDICO.

Tabla 138: Ensayo de desgastes los ángeles, banco de préstamo N°1 Alfonso Ruiz.

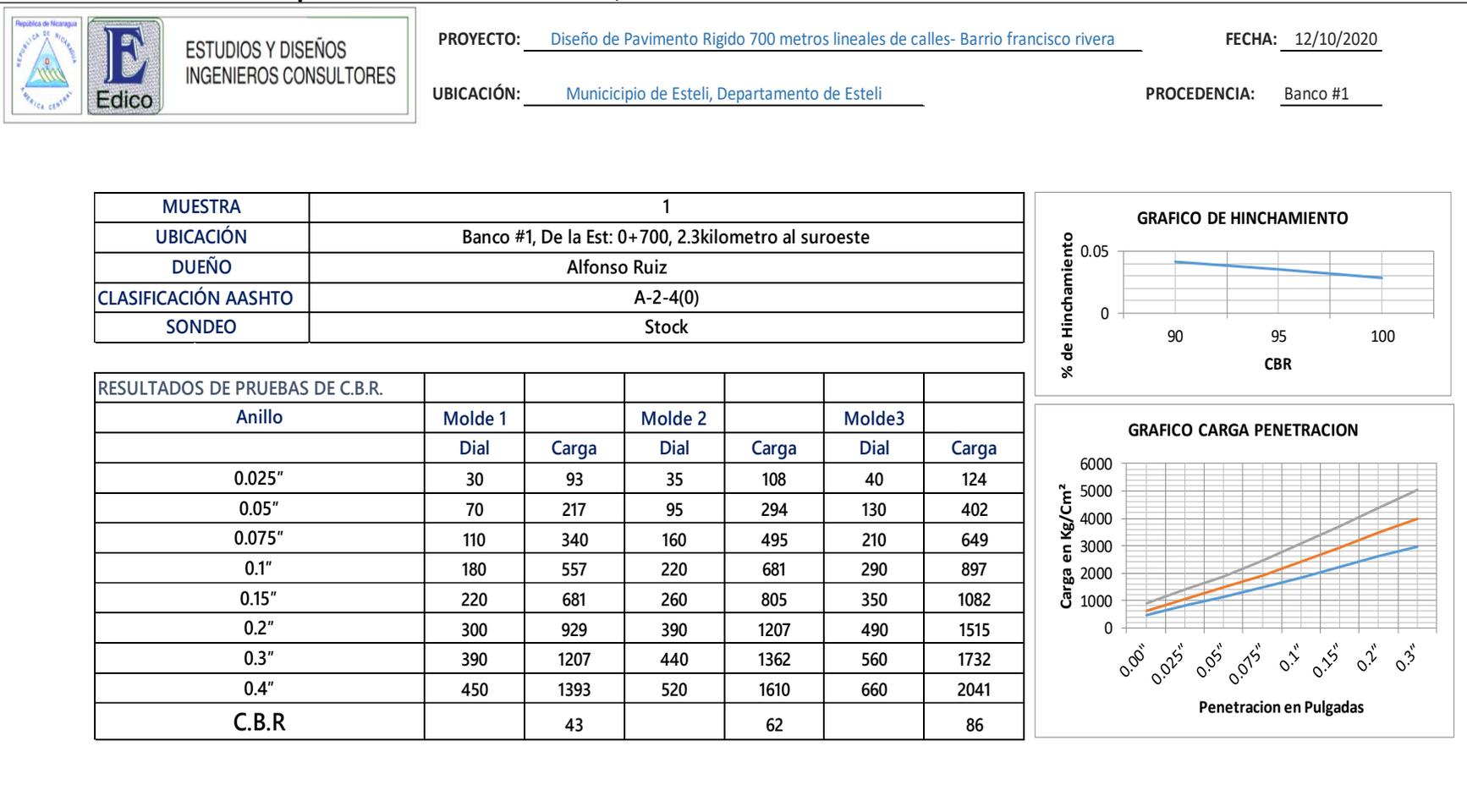
 REPÚBLICA DE NICARAGUA AMÉRICA CENTRAL	 E Edico	ESTUDIOS Y DISEÑOS INGENIEROS CONSULTORES	PROYECTO: <u>Diseño de Pavimento Rígido 700 metros lineales de calles- Barrio francisco rivera</u> FECHA: <u>12/10/2020</u> UBICACIÓN: <u>Municipio de Esteli, Departamento de Esteli</u> PROCEDENCIA: <u>Banco #1</u>
--	--	--	---

MUESTRA	1
UBICACIÓN	Banco #1, De la Est: 0+700, 2.3 kilometro al suroeste
DUEÑO	Alfonso Ruiz
CLASIFICACIÓN AASHTO	A-2-4(0)
SONDEO	Stock

ENSAYES ADICNALES (A.S.T.M.).	
DETERMICACION No.	1
PESO DE LA MUESTRA ORIGINAL, LAVADA Y SECADA AL HORNO	5,000
PESO DEL MATERIAL SECO RETENIDO EN MALLA No.12	1300
DIFERENCIA	3,700
% APROXIMADO DE DESGASTE	20
PESO DE MATERIAL, LAVADO Y SECADO AL HORNO, RETENIDO MALLA No.12	3650
% DEFINITIVO DE DESGASTE	22
RESULTADO DE INTEMPERISMO	7.4

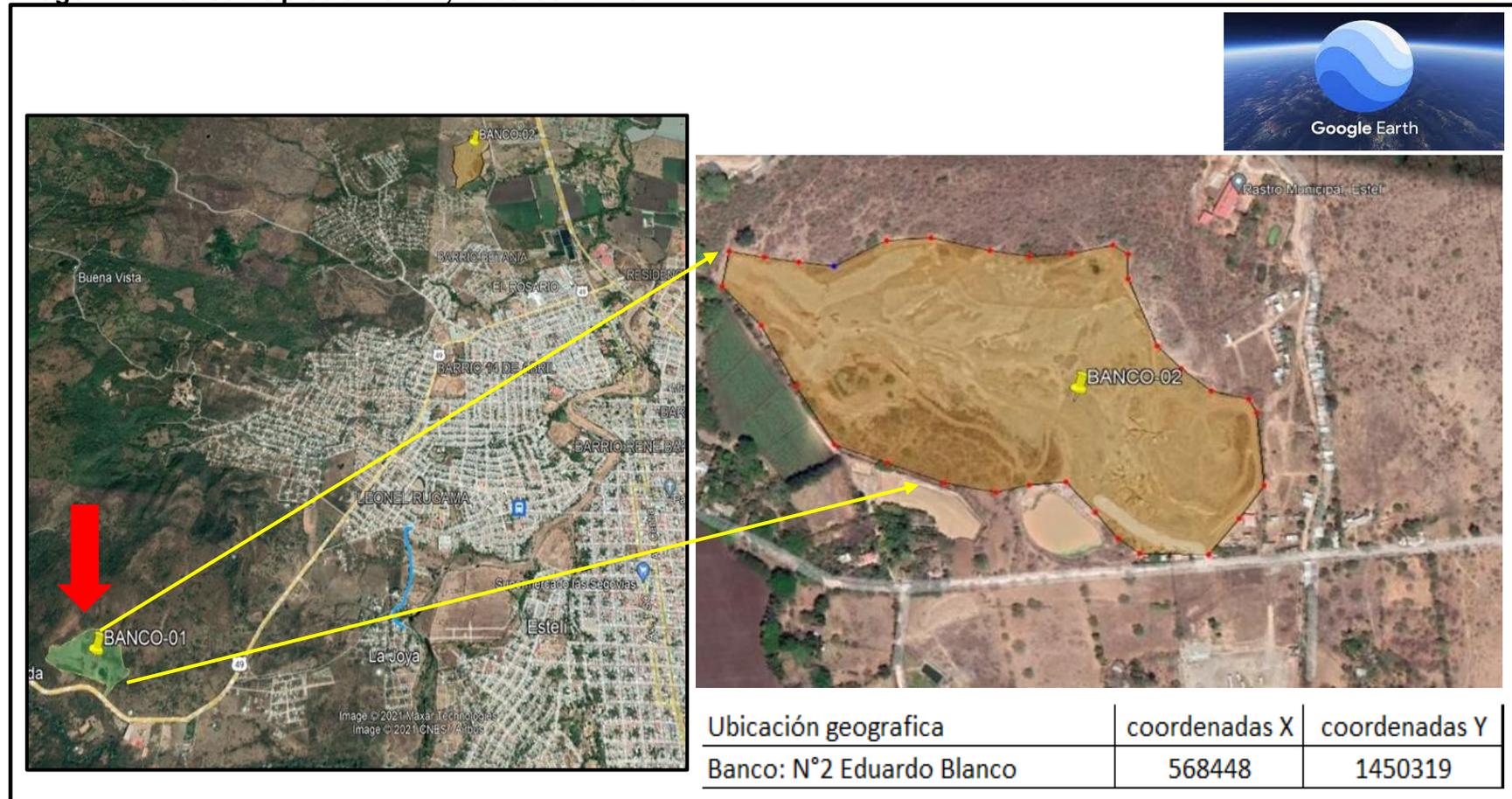
Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí-Laboratorio EDICO.

Tabla 139: Resultados de pruebas de CBR banco n°1, Alfonso Ruiz.



Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí -Laboratorio EDICO.

Imagen- 41: Banco de préstamo N°2, Eduardo Blanco.



Fuente: Google Earth 2022.

Tabla 140: Ensayos de granulometría limite líquido y limite plástico, banco de préstamo n°2, Eduardo Blanco.

Ensayo de Granulometria - limite liquido y limite plastico			
Banco No. 2	ANALISI GRANUOMETRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS ASTM D-422 AASHTO T-88		
Banco: Eduardo Blanco			
% QUE PASA EL TAMIZ ASTM D-422 AASHTO T-88	Tamices	mm	Banco: N°2
	3"	75	100
	2 1/2"	63	100
	2"	50	95
	1 1/2"	37.5	88
	1"	25	79
	3/4"	19	72
	1/2"	12.5	68
	3/8"	9.5	56
	No. 4	4.75	48
	No. 10	2	14
	No. 40	0.425	7
	No. 200	0.075	4
	Clasificacion AASHTO	A-1-a (0)	Grupo
CBR al 95 proctor modificado	84%	A-1	

LIMITE LIQUIDO		LIMITE PLASTICO	
AASHTO T 89, METODO A		AASHTO T 90	
No. Golpes de cierre:	17	25	
Factor	0.954	1	
No. Tara:	P-36	P-54	R-12 T-5
Peso de Tara (gr):	11	11.23	2 11.1
P de Tara + Mat. Húmedo (gr)	32.8	32.01	29 29.2
P de Tara + Mat. Seco (gr)	29.3	27	25.8 25.4
Peso del Material Húmedo (gr)	21.8	20.78	27 18.1
Peso del Material Seco (gr):	18.3	15.77	23.8 14.3
Peso del Agua (gr):	3.5	5.01	3.2 3.8
% Limite Liquido:	18.25	31.77	13.45 26.57
RESULTADO	LIMITE LIQUIDO: NP	LIMITE PLASTICO	NP
LL-30		Clasificación AASHTO	
		A-1-a	INDICE 0

Curva Granulométrica

Diámetro de Partículas (mm)	% Que Pasa
100	100
75	100
63	77.30218742
50	61.25438833
37.5	56.05590062
25	46.94166892
19	43.28247367
12.5	19.34242506
9.5	15.34242506
4.75	8.342425061
2	6.342425061

Curva de Fluidez

N° de Golpes	I (%)
17	40.4
25	41.4

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí-Laboratorio EDICO.

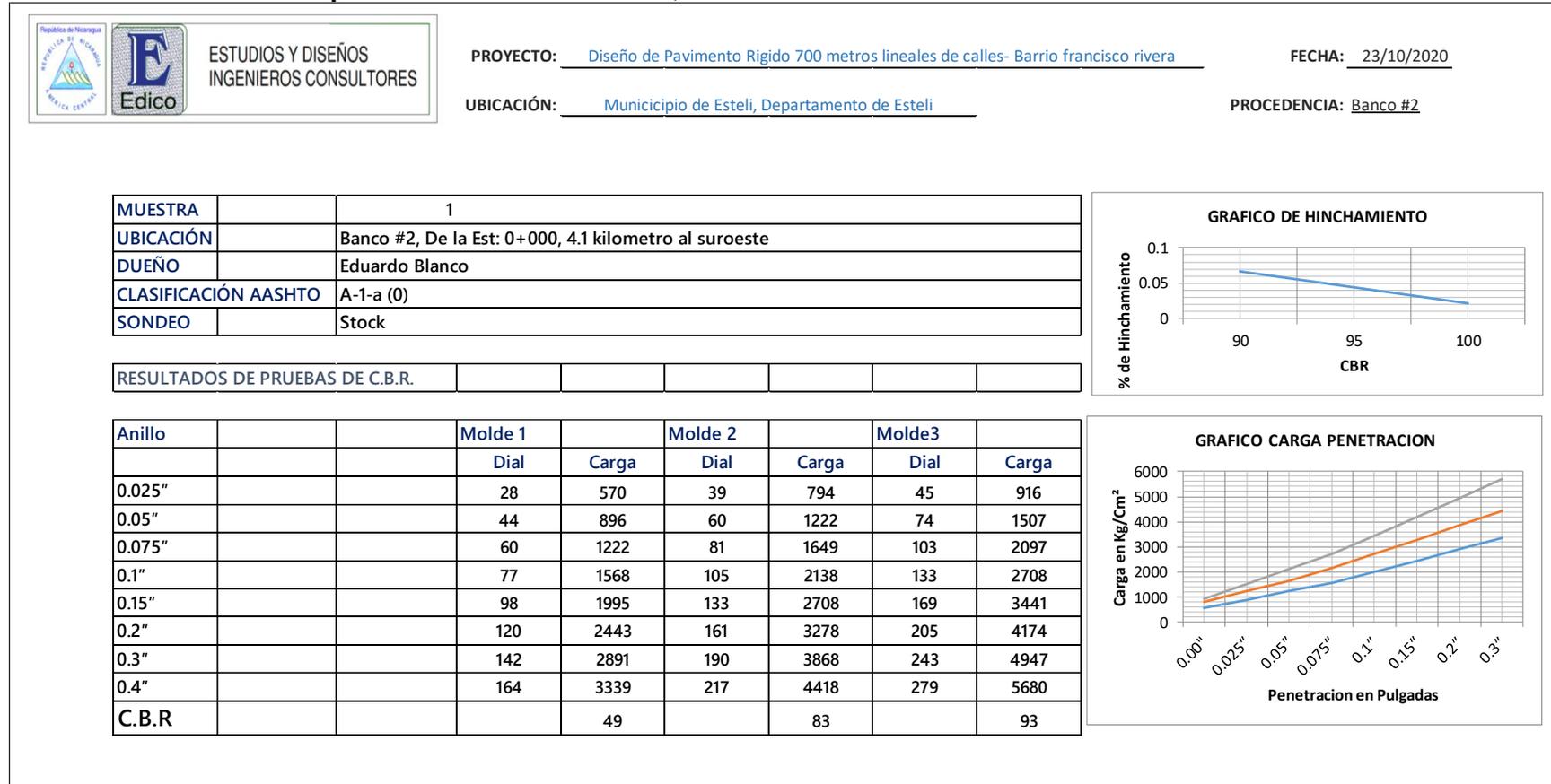
Tabla 141: Ensayo de desgastes los ángeles, banco de préstamo n°2, Eduardo Blanco.

 ESTUDIOS Y DISEÑOS INGENIEROS CONSULTORES Edico	PROYECTO: <u>Diseño de Pavimento Rígido 700 metros lineales de calles- Barrio francisco rivera</u>	FECHA: <u>23/10/2020</u>
	UBICACIÓN: <u>Municipio de Esteli, Departamento de Esteli</u>	PROCEDENCIA: <u>Banco #2</u>

MUESTRA	1
UBICACIÓN	Banco #2, De la Est: 0+700, 4.1 kilometro al noreste
DUEÑO	Eduardo Blanco
CLASIFICACIÓN AASHTO	A-1-a(0)
SONDEO	Stock

ENSAYES ADICNALES (A.S.T.M.).	
DETERMICACION No.	1
PESO DE LA MUESTRA ORIGINAL, LAVADA Y SECADA AL HORNO	5,000
PESO DEL MATERIAL SECO RETENIDO EN MALLA No.12	1485
DIFERENCIA	3,515
% APROXIMADO DE DESGASTE	30
PESO DE MATERIAL, LAVADO Y SECADO AL HORNO, RETENIDO MALLA No.12	3500
% DEFINITIVO DE DESGASTE	28
RESULTADO DE INTEMPERISMO	8

Tabla 142: Resultados de pruebas de CBR Banco N°2, Eduardo Blanco.



Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí -Laboratorio EDICO.

Tabla 143: Muestras tomadas en base a la subrasante propuesta en planos.

ESTACIONES	perfil longitudinal	SONDEO	Nº de Muestras Tomadas	ALTURA DE CORTE	ALTURA DE RELLENO	CBR Tomado al 95%	Material para Terracería/Relleno
0+000	calle -01	S1	1	-0.30 cm			
			2			22	A-2-4(0)
			3				
0+100	Avenida-01	S2	4		0.05 cm	62	Banco#1 A-2-4(0)
			5			15	A-2-6(0)
			6				
0+200	Avenida-01	S3	7	-0.33 cm			
			8			22	A-2-4(0)
			9				
0+300	Avenida-01	S4	10				
			11	-0.16 cm		15	A-2-6(0)
			12			22	A-2-4(0)
0+400	Avenida-01	S5	13				
			14				
			15	-0.16 cm		22	A-2-4(0)
0+500	Avenida-01	S6	16				
			17				
			18	-0.25 cm		22	A-2-4(0)
0+600	Avenida-01	S7	19				
			20				
			21	-0.13		15	A-2-6(0)
0+660	Avenida-01	S8	22			22	A-2-4(0)
			23		0.06	62	Banco#1 A-1-a(0)
			24			22	A-2-4(0)
			25				

Elaborado por Sustentantes.

De los sondeos manuales (Sm-1 al Sm-8) se tomaron un total de 12 muestras de las cuales tres (2) de ellas corresponde al banco de préstamo Alfonso Ruiz.

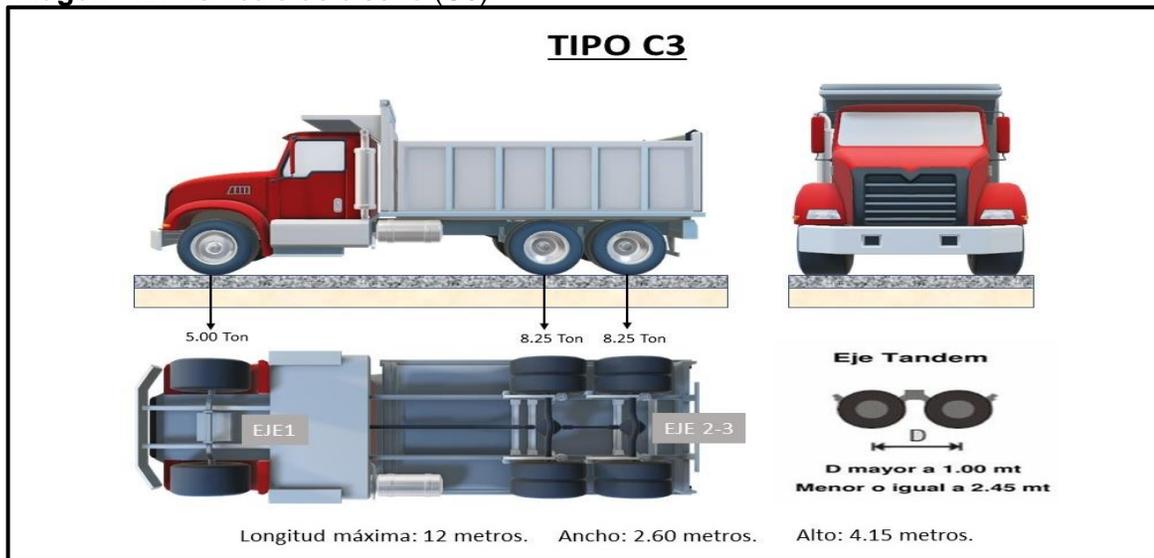
Tabla 144: Comprobación del CBR subrasante calculado.

Interpolación del valor de 87.5%	
%	CBR al 95%
<i>Paso 1</i>	
$X_0 = 100\%$	$y_0 = 15$
$Y_x = 75\%$	X
$X_1 = 75$	$Y_1 = 22$
X = 22	

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

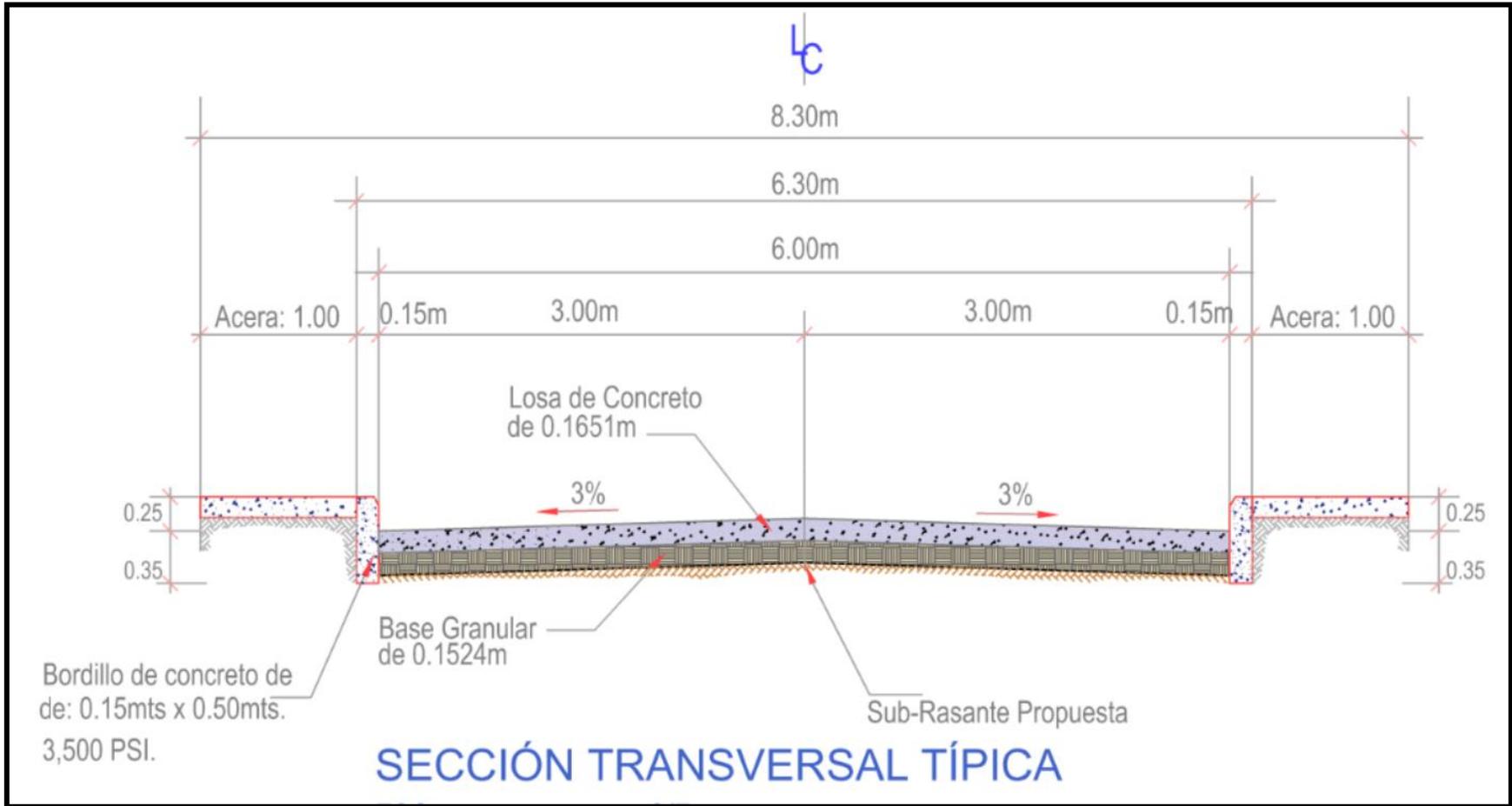
La comprobación del valor CBR de la subrasante es igual al calculado manualmente con el **gráfico-4**. Este cumple para utilizarse en la obtención del módulo resiliente de la subrasante (MR).

Imagen- 42: Vehículo de diseño (C3).



Fuente: Departamento de Vialidad, MTI (Clasificación Vehicular-2019).

Imagen- 43: Sección transversal típica para el sector urbano.



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Tabla 145: Distribución de peralte para cada uno de los radios presentados.

No.	Tipo	Length	Radius	Minimum Radius	Design Speed	Start Station	End Station	PI Station	Peralte Calculado %
1	Curve	24.543m	86.000m	47.000m	40 km/h	0+039.37m	0+063.92m	0+051.73m	3.60
2	Curve	62.065m	380.000m	47.000m	40 km/h	0+096.02m	0+158.09m	0+127.12m	C.N
3	Curve	71.502m	400.000m	47.000m	40 km/h	0+168.60m	0+240.10m	0+204.45m	C.N
4	Curve	39.470m	115.000m	47.000m	40 km/h	0+295.03m	0+334.50m	0+314.96m	3.20
5	Curve	14.379m	120.000m	47.000m	40 km/h	0+354.64m	0+369.02m	0+361.84m	3.00
6	Curve	25.479m	75.000m	47.000m	40 km/h	0+392.52m	0+418.00m	0+405.38m	3.50
7	Curve	19.964m	22.000m	22.000m	30 km/h	0+437.32m	0+457.28m	0+448.04m	4.0
8	Curve	7.526m	30.000m	22.000m	30 km/h	0+467.10m	0+474.62m	0+470.88m	3.8
9	Curve	22.343m	22.000m	22.000m	30 km/h	0+487.86m	0+510.21m	0+500.11m	4.0
10	Curve	10.796m	25.000m	22.000m	30 km/h	0+533.62m	0+544.42m	0+539.11m	4.0
11	Curve	17.789m	22.000m	22.000m	30 km/h	0+556.02m	0+573.81m	0+565.44m	4.0
12	Curve	19.114m	105.000m	22.000m	30 km/h	0+624.12m	0+643.23m	0+633.70m	C.N

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Tabla 146: Sobre anchos en curvas.

No.	Tipo	Length	Radius	Minimum Radius	Design Speed	Start Station	End Station	PI Station	Sobrecancho %
1	Curve	24.543m	86.000m	47.000m	40 km/h	0+039.37m	0+063.92m	0+051.73m	1.30
2	Curve	62.065m	380.000m	47.000m	40 km/h	0+096.02m	0+158.09m	0+127.12m	0.40
3	Curve	71.502m	400.000m	47.000m	40 km/h	0+168.60m	0+240.10m	0+204.45m	0.40
4	Curve	39.470m	115.000m	47.000m	40 km/h	0+295.03m	0+334.50m	0+314.96m	1.00
5	Curve	14.379m	120.000m	47.000m	40 km/h	0+354.64m	0+369.02m	0+361.84m	1.00
6	Curve	25.479m	75.000m	47.000m	40 km/h	0+392.52m	0+418.00m	0+405.38m	1.50
7	Curve	19.964m	22.000m	22.000m	30 km/h	0+437.32m	0+457.28m	0+448.04m	1.80
8	Curve	7.526m	30.000m	22.000m	30 km/h	0+467.10m	0+474.62m	0+470.88m	1.80
9	Curve	22.343m	22.000m	22.000m	30 km/h	0+487.86m	0+510.21m	0+500.11m	1.80
10	Curve	10.796m	25.000m	22.000m	30 km/h	0+533.62m	0+544.42m	0+539.11m	1.80
11	Curve	17.789m	22.000m	22.000m	30 km/h	0+556.02m	0+573.81m	0+565.44m	1.80
12	Curve	19.114m	105.000m	22.000m	30 km/h	0+624.12m	0+643.23m	0+633.70m	1.80

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Tabla 147: Curvas horizontales trazadas.

ELEMENTOS DE CURVA :ALINEAMIENTO HORIZONTAL										
NUMERO DE PI	EST. PI	EST. PC	EST. PT	Rc	LC	EXTERNA	TANGENTE	MO	Gc	Delta
PI: 1	0+051.73	0+039.37	0+063.92	86.00	24.54	0.883	12.355	0.874	13.3246	16.3510
PI: 2	0+127.12	0+096.02	0+158.09	380.00	62.06	1.271	31.102	1.266	3.0156	9.3580
PI: 3	0+204.45	0+168.60	0+240.10	400.00	71.50	1.603	35.846	1.597	2.8648	10.2419
PI: 4	0+314.96	0+295.03	0+334.50	115.00	39.47	1.714	19.931	1.689	9.9645	19.6648
PI: 5	0+361.84	0+354.64	0+369.02	120.00	14.38	0.216	7.198	0.215	9.5493	6.8655
PI: 6	0+405.38	0+392.52	0+418.00	75.00	25.48	1.095	12.863	1.079	15.2789	19.4645
PI: 7	0+448.04	0+437.32	0+457.28	22.00	19.96	2.477	10.728	2.226	52.0871	51.9932
PI: 8	0+470.88	0+467.10	0+474.62	30.00	7.53	0.238	3.783	0.236	38.1972	14.3730
PI: 9	0+500.11	0+487.86	0+510.21	22.00	22.34	3.177	12.242	2.776	52.0871	58.1885
PI: 10	0+539.11	0+533.62	0+544.42	25.00	10.80	0.594	5.484	0.581	45.8366	24.7434
PI: 11	0+565.44	0+556.02	0+573.81	22.00	17.79	1.929	9.413	1.774	52.0871	46.3281
PI: 12	0+633.70	0+624.12	0+643.23	105.00	19.11	0.436	9.583	0.435	10.9135	10.4298

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Tabla 148: Datos de curvas verticales proyectadas.

RESULTADOS DE LA PROYECCIÓN DE LA RASANTE DEL PROYECTO							CURVAS VERTICALES MÍNIMAS QUE CORRESPONDRÍA USAR	
No.	Estación PVI	Elevación del PVI	PENDIENTE LONGITUDINAL DE ENTRADA. (%)	PENDIENTE LONGITUDINAL DE SALIDA. (%)	Diferencia Algebraica Δ de las Pendiente (G%)	VALOR DE "K"	Longitud de Curva Vertical Calculadas/Aplicada y/o que se utilizó; $L = K \cdot G$ (mt)	TIPO DE CURVA VERTICAL.
1	0+000.00	863.180m		1.08%				
2	0+034.94	862.803m	1.08%	6.62%	-5.54%	9.028	50.000	CRESTA
3	0+118.91	857.246m	6.62%	2.21%	4.41%	13.599	60.000	COLUMPIO
4	0+288.02	853.517m	2.21%	0.50%	1.71%	35.188	60.000	COLUMPIO
5	0+427.72	852.819m	0.50%	2.72%	-2.22%	18.619	60.000	COLUMPIO
6	0+512.42	855.125m	2.72%	3.63%	-0.91%	7.868	50.000	CRESTA
7	0+579.01	852.706m	3.63%	0.50%	3.13%	12.093	50.000	COLUMPIO
8	0+661.63m	853.121m	0.50%					

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Imagen- 44: Subcuenca identificadas (cunetas).



Fuente: Google Earth Pro (version 7.3.4.8248 - 2021).

Imagen- 45: Subcuenca identificadas (vados).



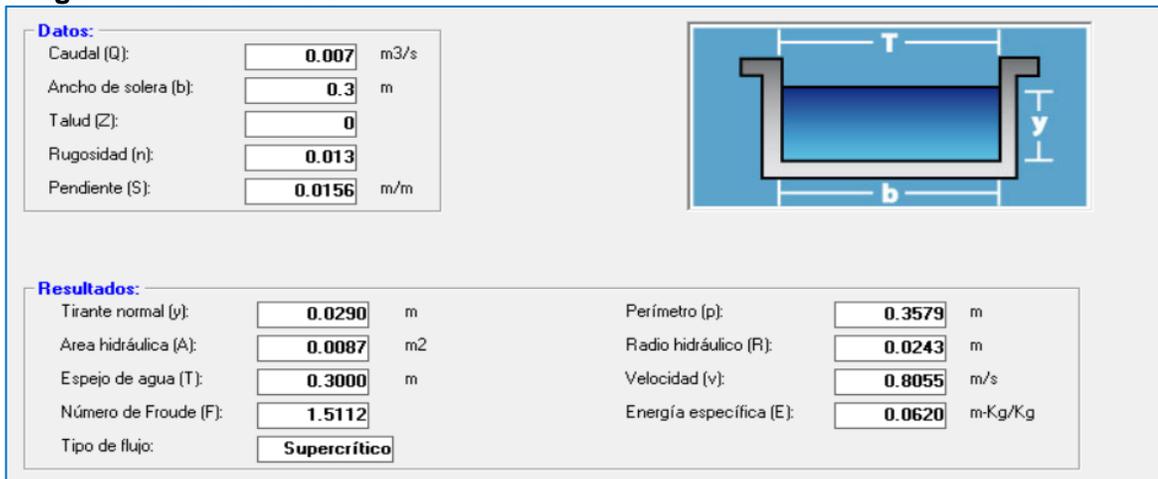
Fuente: Google Earth Pro (version 7.3.4.8248 - 2021).

Imagen- 46: Subcuenca identificadas (alcantarilla).



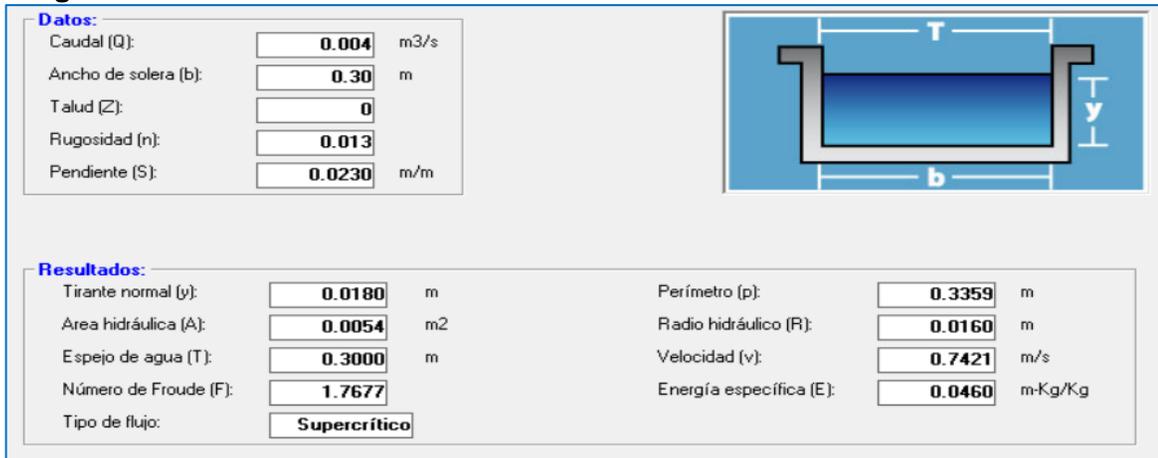
Fuente: Google Earth Pro (version 7.3.4.8248 - 2021).

Imagen- 47: Cuneta mc-01.



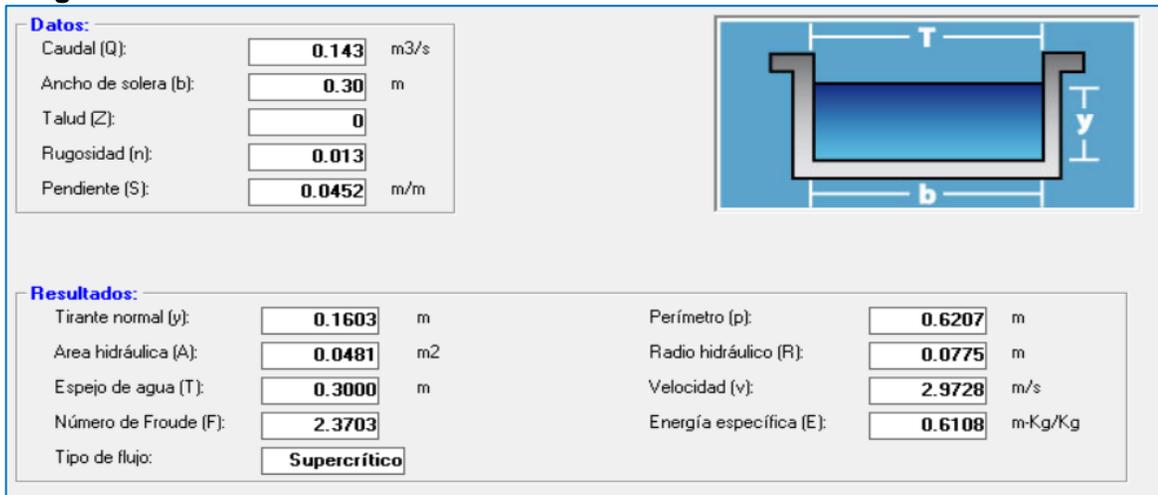
Fuente: Sustentantes.

Imagen- 48: Cuneta mc -02.



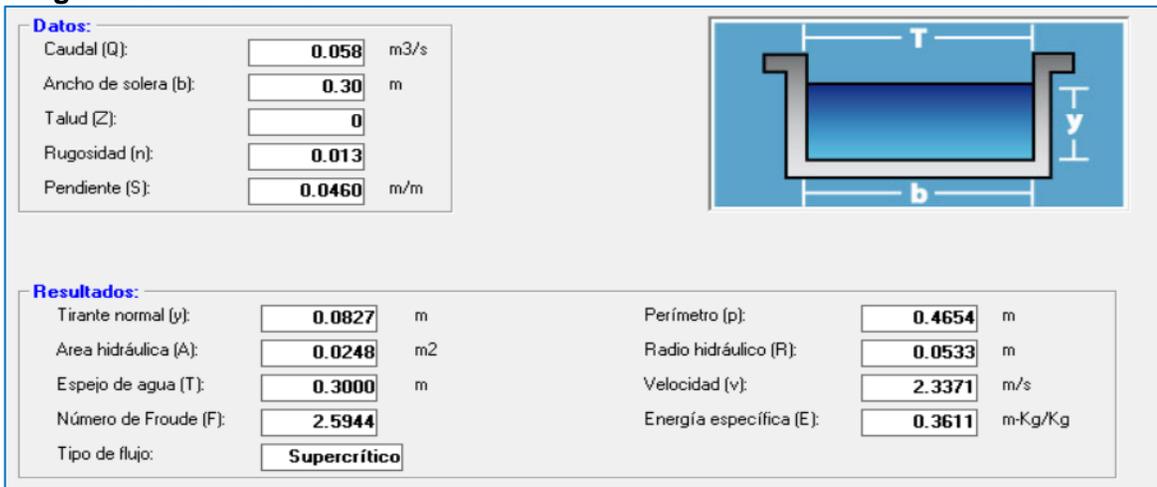
Fuente: Sustentantes.

Imagen- 49: Cuneta mc -03.



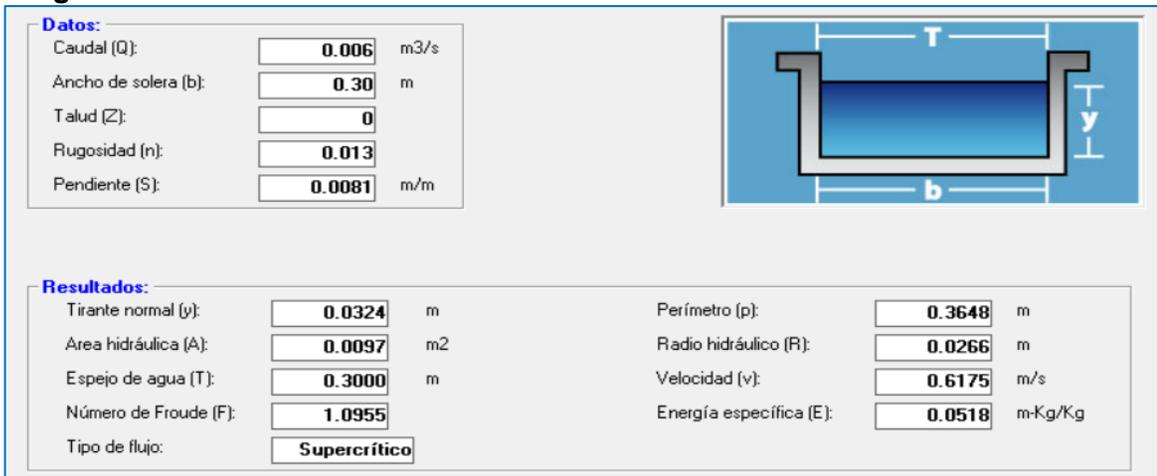
Fuente: Sustentantes.

Imagen- 50: Cuneta mc -4.



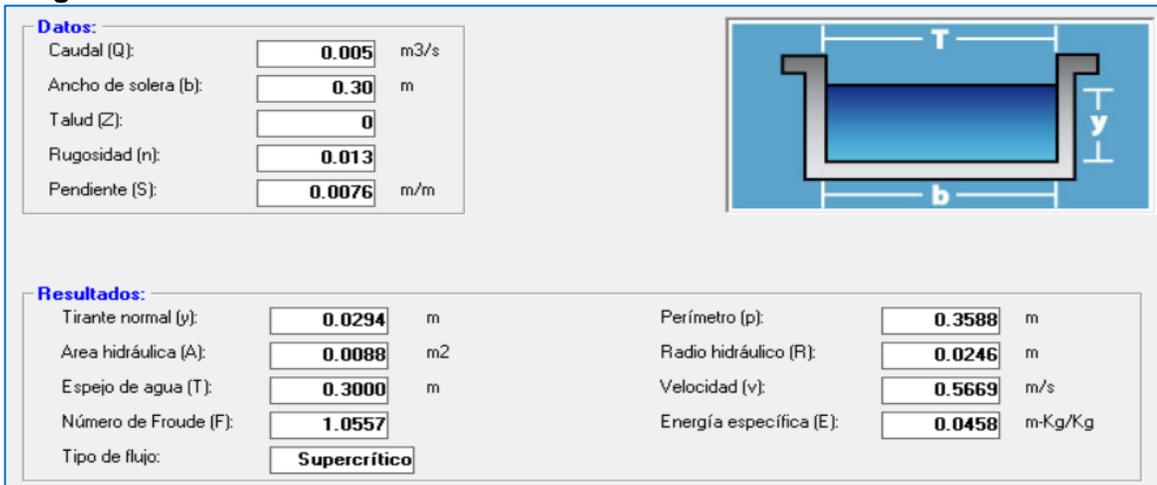
Fuente: Sustentantes.

Imagen- 51: Cuneta mc -5.



Fuente: Sustentantes.

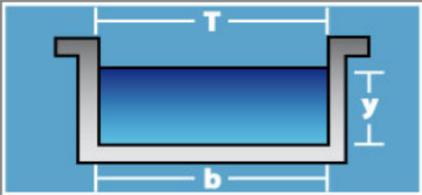
Imagen- 52: Cuneta mc -6.



Fuente: Sustentantes.

Imagen- 53: Cuneta mc -7.

Datos:	
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.032"/> m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.30"/> m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0090"/> m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.0967"/> m	Perímetro (p):	<input type="text" value="0.4934"/> m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0290"/> m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0588"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.3000"/> m	Velocidad (v):	<input type="text" value="1.1033"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.1329"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="0.1587"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>		

Fuente: Sustentantes.

Imagen- 54: Cuneta mc -8.

Datos:	
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.025"/> m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.30"/> m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0095"/> m/m

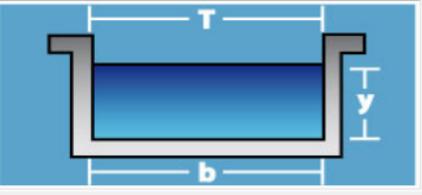


Resultados:			
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.0797"/> m	Perímetro (p):	<input type="text" value="0.4594"/> m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0239"/> m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0521"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.3000"/> m	Velocidad (v):	<input type="text" value="1.0453"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.1820"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="0.1354"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>		

Fuente: Sustentantes.

Imagen- 55: Cuneta mc -9.

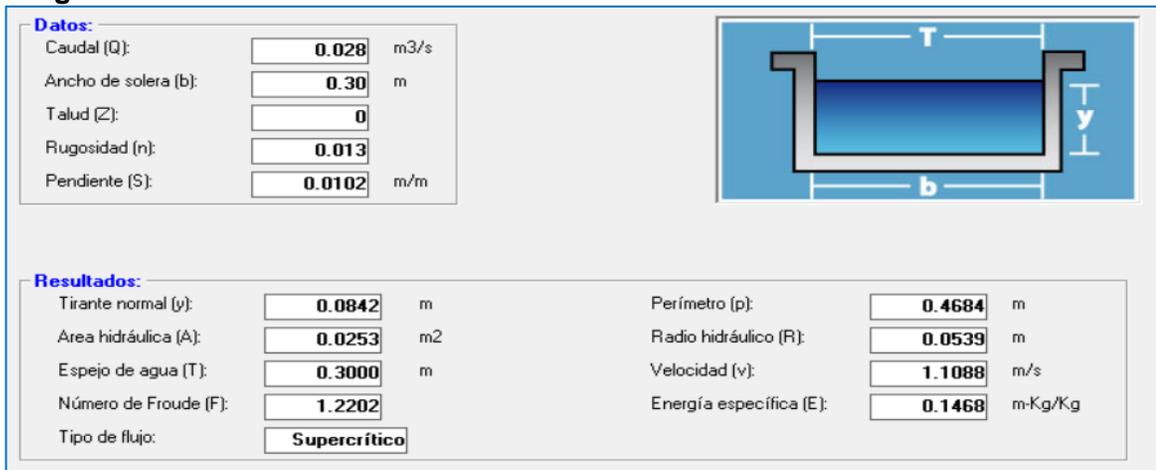
Datos:	
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.037"/> m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0.30"/> m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0108"/> m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.1005"/> m	Perímetro (p):	<input type="text" value="0.5009"/> m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0301"/> m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0602"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.3000"/> m	Velocidad (v):	<input type="text" value="1.2275"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.2364"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="0.1773"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>		

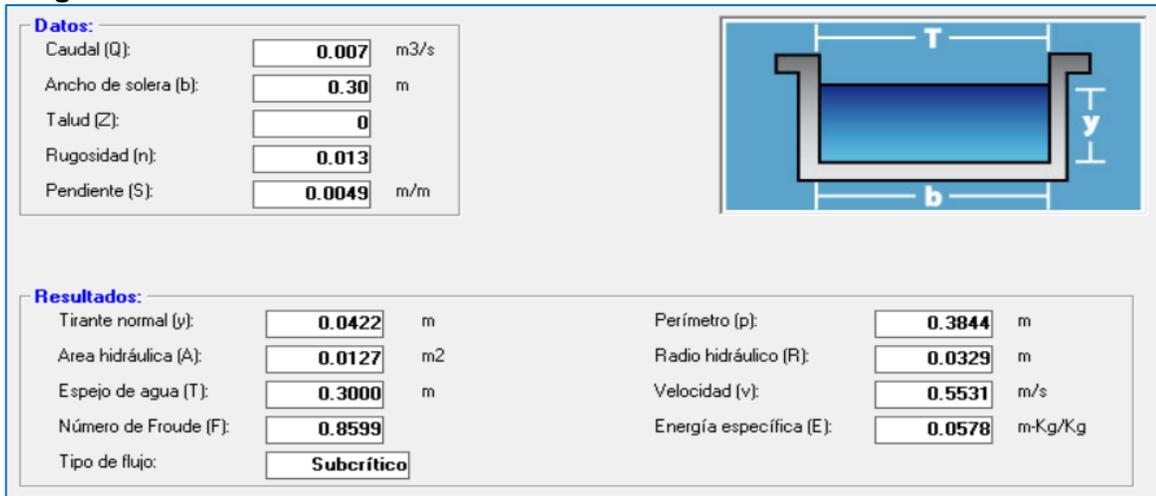
Fuente: Sustentantes.

Imagen- 56: Cuneta mc -10.



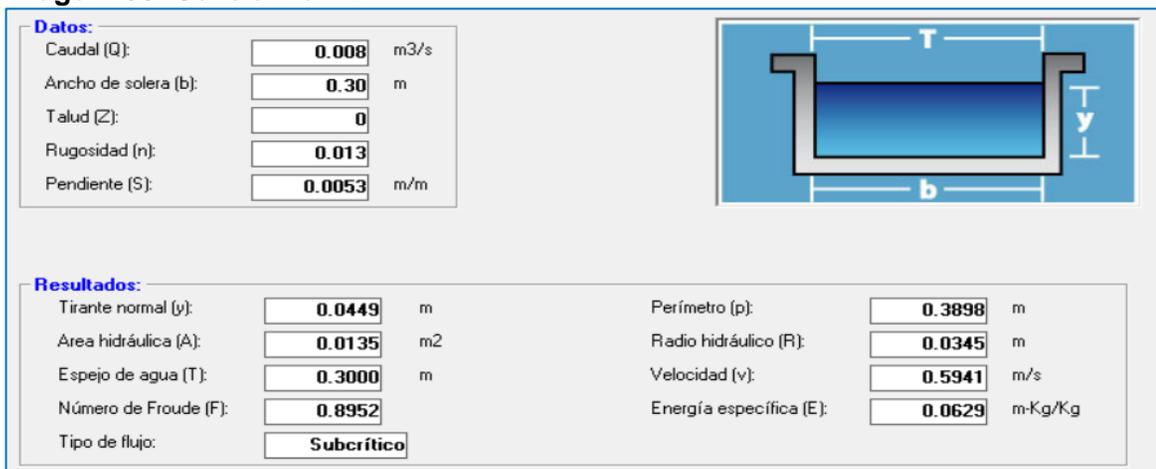
Fuente: Sustentantes.

Imagen- 57: Cuneta mc -11.



Fuente: Sustentantes.

Imagen- 58: Cuneta mc -12.



Fuente: Sustentantes.

Imagen- 59: Vados mc -13.

Tirante Normal

Datos:

Caudal (Q):	0.020	m ³ /s
Ancho de solera (b):	0	m
Talud (Z):	1	
Rugosidad (n):	0.013	
Pendiente (S):	0.010	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.1392	m	Perímetro (p):	0.3936	m
Área hidráulica (A):	0.0194	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0492	m
Espejo de agua (T):	0.2783	m	Velocidad (v):	1.0328	m/s
Número de Froude (F):	1.2501		Energía específica (E):	0.1935	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Tirante Crítico

Resultados:

Tirante crítico (y):	0.1841	m	Perímetro (p):	0.5207	m
Área hidráulica (A):	0.0339	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0651	m
Espejo de agua (T):	0.3682	m	Velocidad (v):	0.7081	m/s
Número de Froude (F):	1.0000		Energía específica (E):	0.2097	m-Kg/Kg

Fuente: Sustentantes-Hcanales (3.1).

Imagen- 60: Alcantarilla mc -16.

Tirante Normal

Datos:

Caudal (Q):	0.660	m ³ /s
Diámetro (d):	0.76	m
Rugosidad (n):	0.013	
Pendiente (S):	0.03	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.3007	m	Perímetro mojado (p):	1.0341	m
Área hidráulica (A):	0.1670	m ²	Radio hidráulico (R):	0.1615	m
Espejo de agua (T):	0.7433	m	Velocidad (v):	3.9515	m/s
Número de Froude (F):	2.6614		Energía específica (E):	1.0966	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Tirante Crítico

Resultados:

Tirante crítico (y):	0.5013	m	Perímetro mojado (p):	1.4407	m
Área hidráulica (A):	0.3174	m ²	Radio hidráulico (R):	0.2203	m
Espejo de agua (T):	0.7202	m	Velocidad (v):	2.0793	m/s
Número de Froude (F):	1.0000		Energía específica (E):	0.7217	m-Kg/Kg

Fuente: Sustentantes-Hcanales (3.1).

GLOSARIO.

Concreto Hidráulico: es un tipo de concreto utilizado ampliamente en la industria de la construcción, gracias a que aporta rendimiento a las obras en términos de resistencia, producción y duración. Está hecho de cemento, agua, arena, grava y otros componentes dependiendo del proyecto.

Pavimento Rígido: consiste básicamente en una losa de concreto simple o armado, apoyada directamente sobre una base o subbase. La losa, debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, absorbe gran parte de los esfuerzos que se ejercen sobre el pavimento lo que produce una buena distribución de las cargas de rueda, dando como resultado tensiones muy bajas en la subrasante.

Agregados: Un material granular duro de composición mineralógica como la arena, la grava, la escoria o la roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

Agregado fino: Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general pasa la malla N° 4 (4,75 mm) y contiene finos.

Agregado grueso: Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general es retenida en la malla N°4 (4,75 mm).

Bache: Depresión que se forma en la superficie de rodadura producto del desgaste originado por el tránsito vehicular y la desintegración localizada.

Bombeo: Inclinación transversal que se construye en las zonas en tangente a cada lado del eje de la plataforma de una carretera con la finalidad de facilitar el drenaje lateral de la vía.

Banco de Material: Lugar donde se extraerá material de préstamo para ser utilizado en una obra civil, en el cual es necesario conocer el tipo de suelos existentes en dicha zona, así como el volumen aproximado de material que pueda ser utilizable.

Base: Es la capa de espesor diseñado, constituyente de la estructura del pavimento destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito a las capas subyacentes y sobre la cual se coloca la carpeta de rodadura.

Calicata: Excavación superficial que se realiza en un terreno, con la finalidad de permitir la observación de los estratos del suelo a diferentes profundidades y eventualmente obtener muestras generalmente disturbadas.

Capa sub-rasante: Capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad en que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Capacidad de carga última del terreno: Es la presión requerida para producir la falla del terreno, sin considerar factores de seguridad.

Carretera, Calle o Camino: Términos genéricos que designan una vía terrestre para fines de circulación de vehículos y que incluye la extensión total comprendida dentro del derecho de vía.

Carretera no pavimentada: Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural.

Carretera pavimentada: Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por mezcla bituminosa (flexible), de concreto Pórtland (rígida) o de adoquín (articulado).

Carpeta: Debe proporcionar una superficie de rodamiento adecuada con textura y color conveniente que resista los efectos abrasivos del tránsito, desde el punto de vista del objetivo funcional del pavimento es el elemento más importante.

CBR. (Relación de Carga California): Relación entre la presión necesaria para penetrar los primeros 0.25 cm en un material de prueba y la presión necesaria para penetrar la misma profundidad en un material de características conocidas o patrón.

Cota de rasante: Valor numérico de un punto topográfico que representa el nivel terminado o rasante referido a un BENCH MARK (BM).

Cota de terreno: Valor numérico de un punto topográfico del terreno referido a un BENCH MARK (BM).

Cuneta: Canalillo lateral paralelo al eje de una carretera, camino o calle construida inmediatamente después del borde de los hombros, que permite el escurrimiento del agua, y a la vez, sirve de barrera entre la calzada y la acera.

Elementos viales: Conjunto de componentes físicos de la vía, tales como superficie de rodadura, bermas, cunetas, obras de drenaje, elementos de seguridad vial.

Estación: Lugar o punto específico donde se realizan conteos, para conocer las características del tránsito, la que será útil para el desarrollo de carreteras.

Estación de control: Tienen por objeto conocer las variaciones diarias, semanales y estacionales; se realizan en caminos de adoquinado y asfalto, en tramos donde el tránsito es menor que una estación permanente. Sin embargo, su principal función es de llevar un control de las estaciones Permanentes y en donde se les efectúan conteos una vez al año a diferencia que las estaciones sumarias.

Estación permanente EMC: Se definen como estaciones de conteos continuos en los 365 días al año con conteos clasificados de 24 horas por día, sin embargo, en los últimos años por razón de una mejor distribución en la logística se dividió el período en tres cuatrimestres, realizando conteos clasificados durante 3 veces al año, por 7 días consecutivos cada uno las 24 horas, lográndose obtener el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) que no es más que el promedio de los períodos.

Estación de corta duración ECD: Se aplica a un conjunto de estaciones donde los flujos reportados son mayores de 300 TPDA.

Estación sumaria ECS: Se caracterizan por estar en caminos que no han sido pavimentados, con un flujo vehicular menor a 300 TPDA.

En este tipo de estación se realiza como mínimo un aforo anual durante 12 horas diarias (de 6 am a 6 pm) en períodos de tres (Martes – Miércoles – Jueves) generalmente en todo el transcurso del año se efectúan en épocas de Verano y/o Invierno.

Intersección: Caso en que dos o más vías se interceptan a nivel o desnivel.

Índice de plasticidad: Contenido de agua de un suelo entre el estado plástico y el semisólido.

Levantamiento topográfico: Conjunto de operaciones de medidas efectuadas en el terreno para obtener los elementos necesarios y elaborar su representación gráfica.

Límite líquido: Contenido de agua del suelo entre el estado plástico y el líquido de un suelo.

Límite Plástico o LP: Es la frontera entre el estado plástico y el semisólido.

Índice Plástico o IP: es la diferencia entre LL y LP, que nos indica la plasticidad del material.

Niveles de servicio: Indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía, y que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales pueden evolucionar su condición superficial, funcional, estructural, y de seguridad.

Pavimento: Es una capa o conjunto de capas de materiales seleccionados, comprendidos entre la subrasante y la superficie de rodamiento o rasante.

Pendiente de la carretera: Inclinación del eje de la carretera, en el sentido de avance.

Proyecto: La sección específica de la carretera, camino, calle o puente, junto con todas las obras que serán construidas.

Sección transversal: Representación gráfica de una sección de la carretera en forma transversal al eje y a distancias específicas.

Sub- base: Se coloca para absorber deformaciones perjudiciales de la terracería, también actúa como drenaje para desalojar el agua que se infiltra al pavimento y para impedir la ascensión capilar del agua procedente de la terracería hacia la base.

Sub- rasante: Es el nivel del terreno sobre el cual se asientan las capas de sub-base, base y carpeta del pavimento. Corresponde al nivel de lo que se conoce como terracería.

Módulo de resiliencia (Mr): Es la variable que se usa para caracterizar las propiedades de los suelos, está en función de la subrasante para cuantificar la capacidad de soporte de los pavimentos flexibles.

Terraplén: Es aquella parte de la estructura de una obra vial construida con material producto de un corte o un préstamo, la cual queda comprendida entre el terreno de fundación y el pavimento.

Tránsito: Circulación de personas y vehículos por calles, carreteras

Confiabilidad: La Confiabilidad del Diseño (R), se refiere al grado de certidumbre (seguridad) de que una determinada alternativa de diseño alcance a durar, en la realidad, el tiempo establecido en el período seleccionado.

Serviciabilidad: Es la capacidad que tiene éste de servir al tipo y volumen de tránsito para el que fue diseñado. El índice de serviciabilidad se califica entre 0 (malas condiciones) y 5 (perfecto).

Desviación estándar (So): Factor que toma en cuenta la variación por errores en los materiales asociados al diseño así mismo la variabilidad y propiedades de los suelos, estimaciones de tráfico, condiciones de clima y calidad de construcción.