



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción.

Monografía.

“DISEÑO DE PAVIMENTO ARTICULADO, DRENAJE MENOR Y PRESUPUESTO DE 2.7 KM DEL TRAMO BARRIO EL ROSARIO–CARRETERA PANAMERICANA, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ESTELÍ”.

Para optar al título de ingeniero civil

Elaborado por

Br. Víctor Oniell Rivera Rayo.

Br. Álvaro Josué Dávila Artola.

Br. Osman Daniel Castro López.

Tutor

Msc.Ing. Jimmy Sierra Mercado.

Managua, diciembre 2018.

Managua, 14 diciembre 2018

Doctor

ING. OSCAR ISAAC GUTIÉRREZ SOMARRIBA

Decano

Facultad de Tecnología de la Construcción – UNI

Su Oficina.

Estimado Dr. Gutiérrez:

Por este medio tengo a bien informarle que la tesis que lleva por nombre: “**DISEÑO DE PAVIMENTO ARTICULADO, DRENAJE MENOR Y PRESUPUESTO DE 2.7 KM DEL TRAMO BARRIO EL ROSARIO – CARRETERA PANAMERICANA, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ESTELÍ**”. Está lista para entrar en el proceso de defensa, la cual fue realizada por los Bachilleres: **Br. Víctor Oniell Rivera Rayo** **Br. Álvaro Josué Dávila Artola**. **Br. Osman Daniel Castro López**, bajo mi tutoría.

Adjunto documento final de dicha tesis, para sus respectivas observaciones.

Sin más a que hacer referencia, le saludo.

Atentamente,

Ing. Jimmy Sierra Mercado.

CC: Archivo

Carta de aprobación.

DEDICATORIA.

Br. Víctor Oniell Rivera Rayo.
Br. Álvaro Josué Dávila Artola.
Br. Osman Daniel Castro López.

AGRADECIMIENTO.

Br. Víctor Oniell Rivera Rayo.
Br. Álvaro Josué Dávila Artola.
Br. Osman Daniel Castro López.

RESUMEN EJECUTIVO.

En el siguiente documento se presenta el diseño de la estructura de pavimento articulado (Adoquinado) de 2.7 km de longitud, el cual se encuentra situado en el Barrio El Rosario – hasta carretera Panamericana del Municipio de Estelí que inicia en las coordenadas geográficas 13°06'17.0" Norte 86°21'50.8" Oeste y finalizando en coordenadas geográficas 13°07'33.5" Norte 86°21'50.7" Oeste con una longitud total de 2.7 kilómetros.

De manera general los objetivos y resultados de esta Monografía se presentan en VI capítulos, que a continuación se detallan:

- I. Generalidades.
- II. Estudio de Tránsito.
- III. Estudio Geotécnico.
- IV. Diseño de Pavimento.
- V. Estudio Hidrológico e Hidráulico
- VI. Presupuesto del Proyecto.

Generalidades:

Corresponde a los aspectos generales del tema a desarrollar, como la descripción de las condiciones actuales de la vía, y todos aquellos trabajos de investigación que preceden al que se está realizando, también se aborda la importancia del porqué del tema, de acuerdo con los objetivos planteados y los diferentes aspectos esenciales.

Estudio de Tránsito:

Se realizó un conteo vehicular en la estación 0+000 (inicio del proyecto) donde se contó el 100% de los vehículos, luego se estimó TPDiS (tráfico promedio diario 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 diario anual) para el cual se utilizaron factores de ajustes de la estación de corta duración cercana al tramo (Estación ECD-110 Estelí-Condega), los factores utilizados fueron: FD (factor día) y FE (Factor expansión).

Luego se realizaron correlaciones de los datos de TPDA Vs PIB (producto interno bruto) y TPDA Vs POB (población) con la finalidad de estimar una tasa de crecimiento para proyectar el tráfico actual, esto en un periodo de diseño luego se obtuvo el número de repeticiones por eje equivalente (ESAL s) o W18.

Estudio Geotécnico:

Se analizaron los sondeos manuales sobre la vía a diseñar, con el objetivo de identificar las propiedades físico-mecánicas del suelo, para luego poder clasificar los diferentes estratos existentes, los sondeos fueron realizados hasta una profundidad máxima de 1.50 metros, dicho proceso inició en la estación **0+000** y finalizó en la estación **2+700**.

Los datos de laboratorio del tramo y de los bancos de materiales fueron facilitados por la alcaldía de Estelí y realizados por el laboratorio INSUMA (Instituto de Suelos y materiales S.A). Los suelos predominantes fueron evaluados según las especificaciones NIC 2000, (Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes).

Diseño de Estructura de pavimento:

El diseño de la estructura de pavimento se realizó utilizando el método que plantea la AASHTO-93, aplicando criterios de diseño para determinar los diferentes espesores con que estará conformada la estructura de pavimento.

Los principales valores de las variables para determinar los espesores de la estructura de pavimento articulado fueron: Grado de Confiabilidad, Desviación Estándar, Coeficiente de Drenaje, Capacidad de Servicio Inicial, Capacidad de Servicio Final, Número de Ejes Equivalentes, C.B.R. de Diseño y SN número estructural.

Conociendo las propiedades del suelo (CBR-Sub Rasante) y las proyecciones del tráfico (ESAL's de diseño), se procedió a calcular los espesores del paquete estructural utilizando los nomogramas de la guía AASHTO-93 y se finalizó haciendo uso del software WinPAS (1.0.4) para comprobar los resultados obtenidos manualmente.

Estudio Hidrológico y Diseño Hidráulico.

Se identificaron las Micro-cuencas a lo largo de los 2,700 metros de calles y se separaron en dependencia del tipo de obra de drenaje que se necesita. ya que a lo largo del tramo no existen Obras de drenaje Menor. En el estudio Hidrológico utilizando el Método Racional se calculó los caudales para cada una de las 13 Micro-cuecas, en el software Hcanales se evaluaron todas las obras de drenaje a proponer para luego ser dimensionadas para tener capacidad hidráulica para soportar el caudal de diseño.

Presupuesto del Proyecto:

Se presenta la estimación de los costos para cada una de las etapas que contempla el adoquinado de 2,700 metros lineales de calles, tanto los costos antes de impuestos, los costos indirectos como son el 1% de impuesto municipal, el 15% de IVA, el 12% de utilidades, y el 2% de IR, lo que al final nos permitió conocer el costo total de proyecto en córdobas y el equivalente en dólares, para ello se utilizó una tasa de cambio de **C\$32.06** que equivale a \$1(un dólar americano).

ÍNDICE

CAPÍTULO I GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	3
1.3 JUSTIFICACION.....	4
1.4 OBJETIVOS.....	5
1.4.1 Objetivos General.....	5
1.4.2 Objetivos Específicos.....	5

CAPÍTULO II ESTUDIO DE TRANSITO

2.1. Generalidades.....	6
2.2 Metodología.....	6
2. 2.1. Ubicación de la Estación de Aforo.....	7
2. 2. 2. Periodo de aforo de tránsito.....	7
2. 2. 3. Clasificación de vehículos.....	8
2. 2. 4. Clasificación del tipo de vehículo por la disposición de sus ejes.....	9
2. 2. 5. Digitalización y control de calidad.....	9
2. 2. 6. Resultados de los aforos de Tránsito.....	9
2. 2. 7. Determinación del Tránsito Promedio Diurno (TPDiS).....	10
2. 3. Cálculo del Transitó Promedio Diario Anual (TPDA).....	12
2. 4. Determinación de las Tasas de Crecimiento.....	15
2.4.1. Tasas de crecimiento.....	16
2.4.2. Análisis del Producto Interno Bruto (PIB).....	17
2.4.3. Análisis de Población (POB).....	18
2.4.4. Proyección de Tráfico.....	18
2.4.5. Cálculo de Proyección de Tráfico.....	23
2.6. Análisis de la Información Obtenida.....	24
2.6.1. Tasa de Crecimiento Seleccionada.....	24
2.7. Determinación del Tránsito de Diseño.....	24
2.7.1. Período de Diseño (PD).....	25
2.7.2. Factor de Crecimiento (FC).....	25
2.7.3. Factor Distribución Por Dirección (FD).....	26
2.7.4. Factor Distribución Por Carril (fc).....	26
2.7.5. El Índice de Serviciabilidad Inicial (Po).....	27
2.7.6. El Índice de Serviciabilidad Final (Pt).....	28

2.7.7. Pérdida de Serviciabilidad (Δ PSI).....	28
2.7.8. Número Estructural Asumido (SN).....	28
2.7.9. Factor de Equivalencia (FESAL).....	29
2.7.10. Ejes Equivalentes (ESAL o W18).	33

**CAPÍTULO III
ESTUDIO GEOTÉCNICO**

3.1. Generalidades.	35
3.2. Metodología.....	35
3.2.1. Resultado de los Ensayos sobre la Línea.....	36
3.2.2. Análisis de los Resultados.....	37
3.2.3. Estratigrafía del Terreno.....	42
3.2.4. Evaluación de la carpeta de rodamiento existente.....	44
3.2.5. Evaluación de la Subrasante.....	45
3.2.6. Ensayos de Bancos.....	46
3.2.7. Análisis de Bancos de préstamos.....	48
3.3. CBR de Diseño.....	50

**CAPÍTULO IV
DISEÑO DE PAVIMENTO**

4.1. Generalidades.	54
4. 2. Consideraciones del Diseño AASHTO– 93.....	54
4.2.1. Confiabilidad (R).....	54
4.2.2. Desviación Estándar (So).....	55
4.2.3. Coeficiente de Drenaje (m).....	55
4.2.4. Cálculo del CBR de diseño.....	56
4.2.5. Módulo de Resiliencia (MR).....	56
4.2.6. Coeficientes de capa.....	57
4.2.7. Números Estructurales.....	60
4.2.8. Cálculo del espesor de la Base (D_2) y Sub-base (D_3).	64
4.2.9. Resultados Finales.....	65
4.3. Uso del programa WinPAS.....	66

**CAPÍTULO V
ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DISEÑO HIDRÁULICO**

5.1. Metodología.....	71
5.1.1. Estudio Hidrológico.....	71
5.1.2. Método Racional.....	71
5.1.2.1. Delimitación de Subcuencas de drenaje.....	72
5.1.2.2. Intensidad Duración Frecuencia (IDF).	74

5.1.2.3. Período de Retorno.	75
5.1.2.4. Caudal (Q).	77
5.1.2.5. Coeficiente de Escorrentía.	77
5.1.2.6. Pendiente (Sc).	79
5.1.2.7. Tiempo de Concentración (tc).	80
5.1.2.8. Intensidad de Lluvia y Cálculo de Caudales (Q).	81
5.1.2.9. Hidrograma Triangular Sintético.	84
5.2. Diseño Hidráulico.	88
5.2.1. Coeficiente de Rugosidad (n).	89
5.2.2. Cálculos Hidráulicos para Cunetas en H canales.	89
5.2.3. Cálculos Hidráulicos para Badenes en H canales.	93
5.2.4. Cálculos Hidráulicos para Alcantarillas en H canales.	95

CAPÍTULO VI

PRESUPUESTO

6.1. Descripción General del Proyecto.	99
6.2. Presupuesto del Proyecto.	100
6.2.1. Costos Directos.	101
6.2.2. Costos indirectos.	101
6.3. Determinación de los Costos Directos por Etapas.	101
6.3.1. Etapa 1 (Preliminares).	104
6.3.2. Etapa 2 y 3 (movimiento de tierra, excavación y terraplenado).	106
6.3.3. Etapa 4 (Sección de Calles).	110
6.3.4. Etapa 5 (Drenaje Vial).	114
6.3.5. Etapa 6 (Señalamiento Vial).	117
6.3.6. Etapa 7 (Limpieza Final).	118
6.4. Take Off de Costos Directos e Indirectos por Etapas del Proyecto.	119
CONCLUSIONES.	122
RECOMENDACIONES.	124
BIBLIOGRAFIA.	126

ANEXOS

Anexo 1 (Imagen 34): Macro Localización.....	I
Anexo 2 (Imagen 35): Micro Localización.....	II
Anexo 3 (Fotos): Situación actual del tramo.....	III
Anexo 5 (Cuadro – 115): Formato de Conteo Vehicular.....	VI
Anexo 6: Conteo Vehicular de 7 días.....	VII
Anexo 7: Volumen Horario por Hora.....	X
Anexo 8 (Cuadro – 129): Listados Históricos estación N°142.....	XIV
Anexo 9 (Cuadro – 130): Indicadores Macro-Económicos de PIB y POB.....	XV
Anexo 10 (Cuadro – 131): Tipología y Descripción Vehicular.....	XVI
Anexo 11 (Fotos): Tipos de Vehículos que transitan sobre el tramo.....	XVII
Anexo 12 (Cuadro – 132): Diagrama de cargas permisibles para Veh. Livianos.....	XXI
Anexo 13 (Cuadro –133): Diagrama de cargas permisibles para Veh. Pesados.	XXI
Anexo 14 (Cuadro –134): Factores de Carga para Pavimentos, ejes sencillos.....	XXIII
Anexo 15 (Cuadro –135): Factores de Carga para Pavimentos, ejes Tándem.	XXIII
Anexo 16 (Cuadro – 136): Clasificación de suelos, según AASHTO.	XXIV
Anexo 17: Requerimiento mínimo NIC– 2000 (Banco N°1).....	XXV
Anexo 18: Requerimiento mínimo NIC– 2000 (Banco N°2).....	XXVI

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN.

Este documento considerará la teoría y metodología para luego realizar el diseño de 2.7 kilómetros de adoquinado del tramo ubicado en el Municipio de Estelí, el cual está a 144 kilómetros de la capital Managua, localizado en las coordenadas geográficas 13°05'00"Norte y 86°21'00"Oeste. **(Ver Anexo 1, Imagen 34, pág. I)**

El tramo se ubica en la salida noroeste de Estelí, inicia en el barrio El Rosario (Estación 0+000), hasta la carretera Panamericana (Estación 2+700). **(Ver Anexo 2, Imagen 35, pág. II)**. Es una red vial de significativa importancia por encontrarse cerca de una serie de fábricas tabacaleras altamente productivas por lo que es necesario una vía en buen estado en todo tiempo para transportar la producción. El tramo de carretera a abordar está clasificado como una vía colectora Sub-urbana.

En este sentido, la mejora de la accesibilidad aporta al crecimiento de los sectores productivos y del empleador lo cual provoca un futuro económico positivo para el Municipio.

La metodología que se empleará es el método AASHTO 93, ya que éste considera las cargas a las que está expuesta la estructura de pavimento debido al tráfico que circula por ella, cabe mencionar que dicho diseño deberá cumplir con los criterios y especificaciones a utilizar en este trabajo, se basará en la recopilación de datos de campo para los estudios de suelos.

Cabe mencionar que dicho diseño cumple con los criterios y especificaciones del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos (SIECA-2004 y la guía para el diseño de pavimentos AASHTO-93).

El diseño deberá cumplir con los criterios y especificaciones de la NIC-2000, el cual aporta elementos técnicos que se debe de tomar en cuenta para realizar proyectos de construcción con mayor durabilidad especialmente con superficies de rodadura de carreteras, para una mejor seguridad y comodidad de los usuarios.

Se realizará un estudio Hidrológico utilizando el Método Racional, para las microcuencas que se identifiquen a lo largo del tramo con la finalidad de calcular el caudal de diseño. Finalmente se presentará una estimación de los costos para cada una de las etapas y subetapas que contempla el proyecto de adoquinado.

1.2 ANTECEDENTES.

El deterioro de las vías de comunicación se produce por diversas causas, principalmente por las lluvias intensas, la falta de mantenimiento, inexistencia de obras de drenaje y otros eventos que son provocados por la acción del hombre o por alteraciones ambientales.

Actualmente la vía no cuenta con una buena carpeta de rodamiento y no cuenta con un drenaje funcional que permita el manejo adecuado de las corrientes el cual es indispensable para los procesos de captación, conducción, y evacuación de los mismos, lo que ocasionan el deterioro prematuro de la infraestructura vial lo cual eleva los costos de operación vehicular, tanto para el transporte privado como el transporte público, y además aumenta los tiempos de viaje.

El aumento del número de fallas, como cárcavas, baches y zanjas en la vía a causa de las lluvias ha ocasionado que no exista un buen flujo vehicular poniendo en riesgo la calidad y comodidad del mismo, y a su vez el riesgo de incremento de enfermedades tipo epidemiológicas para los pobladores debido a la poca salubridad de la vía.

En los últimos 10 años no se le ha dado el mantenimiento apropiado al tramo de carretera, pese a la solicitud de la población por lo cual no conserva un nivel de servicio adecuado ya que el último mantenimiento se efectuó en el año 2007, que consistió únicamente en la mejora de pequeños baches. **(Ver Anexo 3, Fotos 1-4, págs. III-V).**

En el año 2009, ENACAL realizó trabajos de excavación en todas las calles de este barrio, para instalar tuberías de aguas negras y agua potable, lo que provocó que la carpeta de rodamiento actualmente compuesta de material selecto no brinde las condiciones mínimas para transitar.

1.3 JUSTIFICACION.

El Barrio Rosario es una zona donde se encuentran concentradas varias fábricas tabacaleras importantes de la ciudad de Estelí, donde la mayor parte de sus trabajadores son de este barrio, y éstos a la vez utilizan el tramo de estudio como principal vía de acceso por lo que, en el aspecto económico, los costos productivos se ven notablemente alterados, por la dificultad que se les presenta de trasladar materia prima, trabajadores y maquinaria. En temporada de invierno el acceso del transporte privado y colectivo en las calles se da con gran dificultad.

Las empresas tabacaleras y los pobladores que son alrededor de 355 familias ubicadas a lo largo del barrio se beneficiarán de manera directa, ya que habrá una reducción de los costos de operación para que el transporte público y privado que antes no tenía acceso pueda transitar con mayor facilidad, y de manera indirecta se contribuirá positivamente a los barrios colindantes de la zona norte de la ciudad.

La alcaldía se beneficiará directamente, ya que, al brindarles un diseño de la estructura de pavimento articulado, les servirá como punto de partida para que se gestionen fondos para la formulación de este proyecto y de esta manera se pueda dar una solución positiva y temprana a los pobladores de la zona.

Este trabajo surge por la iniciativa de realizar un diseño apropiado del pavimento articulado como lo es el método AASHTO 93 ya que es uno de los métodos confiables y utilizados. Así mismo este trabajo servirá para afianzar los conocimientos teóricos que se adquirieron a lo largo de la carrera y así optar al título de Ingeniero Civil.

1. 4 OBJETIVOS.

1.4.1 Objetivos General.

- Diseñar la estructura de pavimento articulado, drenaje menor y presupuesto de 2.7 km del tramo Barrio El Rosario – carretera Panamericana, ubicado en el municipio de Estelí.

1.4.2 Objetivos Específicos.

- Analizar el comportamiento del tránsito en el área de influencia mediante un conteo vehicular, con la finalidad de calcular el TPDA y cuantificar las cargas que circulan sobre el carril de diseño.
- Analizar los estudios de suelo a lo largo del tramo y de los posibles bancos de materiales para determinar las propiedades físico-mecánicas de los suelos.
- Determinar los espesores de la estructura de pavimento articulado considerando el uso de adoquín, aplicando el método de la AASHTO-93 empleando los nomogramas y Software WinPAS (1.0.4)
- Realizar un estudio hidrológico de las Subcuencas del sitio para la evaluación y diseño hidráulico de obras de drenaje menor.
- Calcular el presupuesto de cada una de las actividades del proyecto, para estimar el costo total de la inversión.

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE TRANSITO

2.1. Generalidades.

En todo estudio de tránsito se deben de llegar a obtener el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA), como variable principal para diseño y proyecciones a futuro, a partir de censos o conteos de tránsito en el lugar de la futura construcción (si existe la ruta o va a ser pavimentada o repavimentada) o si es totalmente nueva mediante censos de tránsito en lugares próximos. También es necesario conocer las tasas de crecimiento de tránsito, así como la distribución por dirección y si se trata de un camino de varios carriles, la distribución por carril.

Para llegar a obtener el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), como variable principal para diseño y proyecciones a futuro, a partir de censos o conteos de tránsito en el lugar de la futura construcción (si existe la ruta o va ser pavimentada o repavimentada) o si es totalmente nueva mediante censos de tránsito en lugares próximos. También es necesario conocer las tasas de crecimiento de tránsito, así como la distribución por dirección y si se trata de un camino de varios carriles, la distribución por carril.

2.2 Metodología.

Los datos de Tránsito Promedio Diario Anual, así como los factores de ajuste estacional, el número promedio de ejes y otros parámetros, serán obtenidos de los datos de campo y de los cálculos de gabinete.

La estación de Conteo Vehicular será ubicada en una zona con adecuada visibilidad y con amplitud en los hombros, para lograr captar el tráfico en ambos sentidos de la vía. Para obtener resultados adecuados, se contará y clasificará el cien por ciento de los vehículos que circularán en ambas direcciones de la estación de conteo y clasificación vehicular.

2. 2.1. Ubicación de la Estación de Aforo.

Se decidió escoger una sola estación de aforo vehicular, la cual estará ubicada al final del tramo en la estación **2+700**. A continuación, se muestra la ubicación siguiente imagen:

Imagen-1: Ubicación del punto de conteo vehicular.



Fuente: Google Earth.

2. 2. 2. Periodo de aforo de Tránsito.

El conteo volumétrico se realizó de forma manual, ubicando dos aforadores en la estación **2+700**, la campaña de levantamiento de datos tuvo un periodo de 7 días de 12 horas diurnas. Los conteos volumétricos de tráfico se realizaron por conteo manual de los vehículos en ambas direcciones, clasificados por tipo de vehículos (motocicletas, automóviles, jeep, camionetas, autobuses, camiones, vehículos agrícolas y de carga). **(Ver Anexo 6, Cuadros 116-122, págs. VII-X)**

Cuadro-1: Campaña de Aforo Vehicular.

Estación 2+700	
Aforador 1	Víctor Oniell Rivera Rayo.
Aforador 2	Álvaro Josué Dávila Artola
Aforador 3	Osman Daniel Castro López.
Duración	12 horas (6:00 am – 6:00 pm)
Sentido	Ambos Sentidos
Día 1	Miércoles 3 de Enero de 2018
Día 2	Jueves 4 de Enero de 2018
Día 3	Viernes 5 de Enero de 2018
Día 4	Sábado 6 de Enero de 2018
Día 5	Domingo 7 de Enero de 2018
Día 6	Lunes 8 de Enero de 2018
Día 7	Martes 9 de Enero de 2018

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

2. 2. 3. Clasificación de vehículos.

Para la clasificación de los vehículos, el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) ha designado la siguiente terminología para los vehículos que circulan a través de la infraestructura vial en el país (**Ver Anexo 10, Cuadro-132, pág. XVI**)

Motocicletas: se incluyen todas las categorías de dos, tres y cuatro ruedas de vehículos motorizados, con o sin transportes esta categoría incluye scooter, motonetas, motocarros, cuadra ciclos y otros triciclos a motor.

Vehículos Livianos: son vehículos automotores de cuatro ruedas, que incluyen automóviles, jeep, camionetas, y micro buses de uso personal.

Vehículos de pasajeros: Son destinados al transporte público de pasajeros de dos, cuatro, seis y más ruedas, incluyen microbuses pequeños, microbuses medianos, buses medianos y grandes.

Vehículos de carga: Son aquellos vehículos que se utilizan para transporte de cargas mayores o iguales a tres toneladas y que tienen 6 o más ruedas en 2, 3, 4, y 5 ejes estos incluyen los camiones de 2 ejes (c2) camiones c3, c2r2 y los vehículos articulados de cinco o seis ejes de los tipos (T3S2) y (T3S3) y otros tipos de vehículos para la clasificación de vehículos especiales tales como agrícolas y de construcción.

2. 2. 4. Clasificación del tipo de vehículo por la disposición de sus ejes.

La diversidad en las características de los vehículos que circulan sobre un pavimento durante su vida de diseño, traen como consecuencia un amplio espectro de ejes de cargas, con diferentes espacios entre llantas y distintas presiones de inflado, 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 en este caso vigente. **(Ver Anexo 12-13, Cuadros 133-134, pág. XXI)**

2. 2. 5. Digitalización y control de calidad.

Una vez concluidas las labores de campo se procedió a revisar cada hoja de apuntes, para realizar los totales de cada casilla, controlar que cada hoja estuviese debidamente identificada. Una vez revisada se pasa al proceso de digitalización de las boletas. La digitalización se realiza en una hoja de Microsoft Excel que se utiliza como base de datos primaria, esta hoja electrónica posteriormente será utilizada en el proceso del cálculo del TPDA.

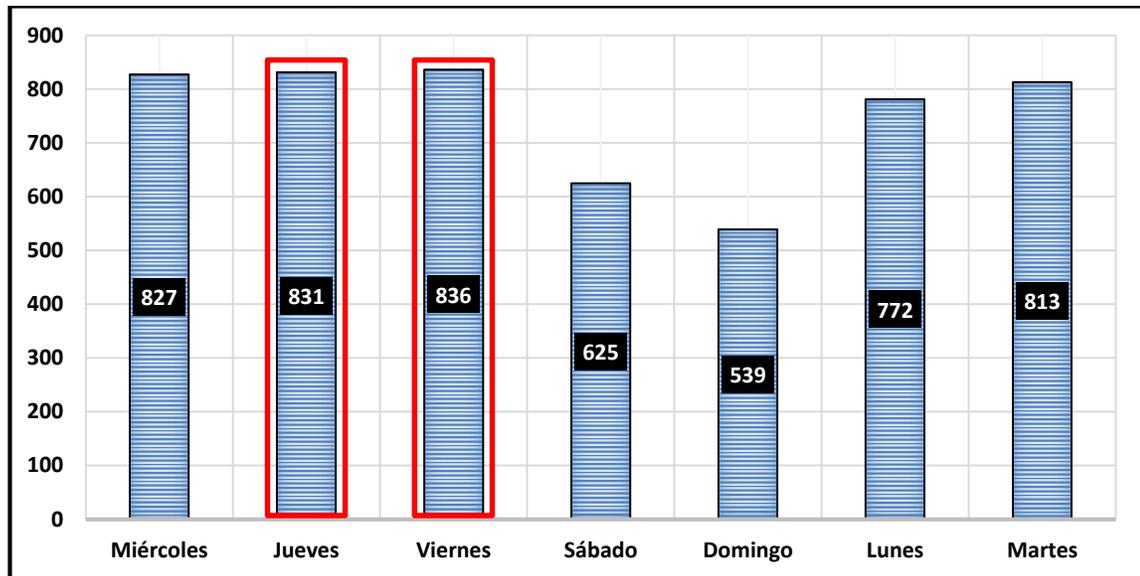
2. 2. 6. Resultados de los aforos de Tránsito.

De la información recogida de los conteos, se elaboró un consolidado del volumen de tráfico que tránsito en el tramo de estudio por día, localizado desde el Barrio Rosario hasta carretera Panamericana.

En el **Anexo 7, Cuadros 123-129, pág. X-XIII**, se muestran los Conteos de Tráfico de los 7 Días, así como el promedio Volumen Horario de Máxima Demanda por día, para ambos sentidos del tramo de influencia.

Después de terminar los aforos de tráfico durante los 7 días contemplados, se puede apreciar las características del tramo Barrio El Rosario – hasta Carretera Panamericana su volumen es de un alto tráfico, ya que predominan los flujos de tránsito diurno de más de 500 vehículos por día. Como se aprecia en el Gráfico siguiente, el día que registró un flujo vehicular más alto fue el viernes y jueves:

Gráfico-1: Comportamiento de Tránsito Diurno Semanal de 12 Horas.



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

2. 2. 7. Determinación del Tránsito Promedio Diurno (TPDiS).

Para la cuantificación del tránsito promedio diurno semanal, se realizó un aforo vehicular, con un período de 12 horas continuas por día. Para obtener el Tráfico Promedio Diurno fue necesario aplicar la **ecuación – 1**:

$$TPDiS = \frac{\text{Total Diurno}}{N} \quad (\text{Ec. 1})$$

Dónde:

TPDiS: Tránsito Promedio Diurno Semanal (12 horas).

N: es el total de días del aforo (7 días).

Los resultados del tránsito en ambos sentidos se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro-2: Tráfico Promedio Diurno Semanal por Tipo de Vehículos.

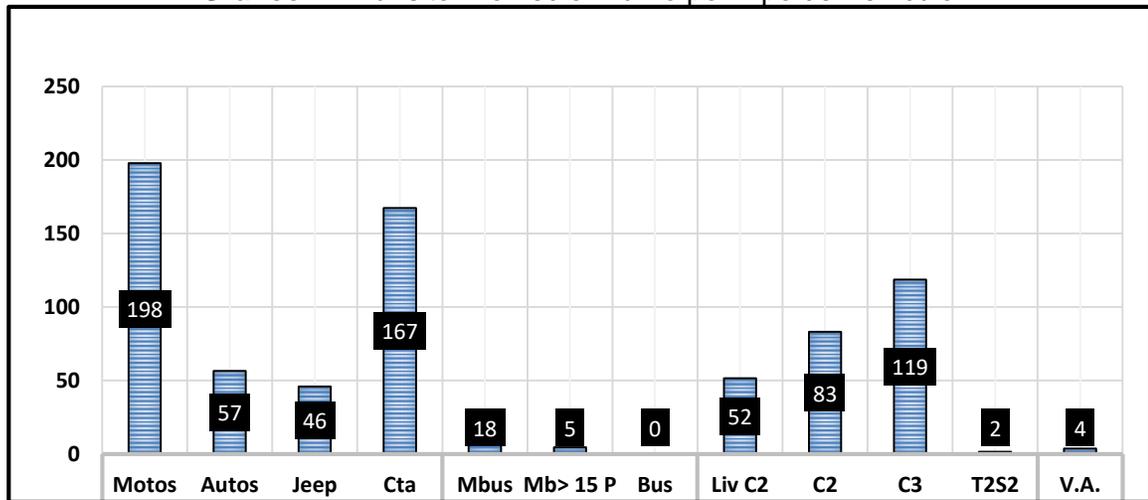
Estación 2+700/AMBOS SENTIDOS													
<i>Tipo de Veh.</i>	Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de Carga					
<i>Día</i>	Moto	Auto	Jeep	Cta	Mb< 15 P	Mb> 15 P	Bus	Liv C2	C2	C3	T3S2	V.A	TOTAL
<i>Miércoles</i>	197	62	54	186	19	4	0	60	96	143	2	4	827
<i>Jueves</i>	215	50	52	174	27	6	0	57	88	155	2	5	831
<i>viernes</i>	204	86	34	173	34	3	0	43	94	157	2	6	836
<i>Sábado</i>	195	53	53	156	12	2	0	27	52	71	2	2	625
<i>Domingo</i>	184	65	43	162	10	9	0	24	37	5	0	0	539
<i>Lunes</i>	189	46	41	162	13	3	0	69	100	144	2	3	772
<i>Martes</i>	201	34	45	159	8	5	0	81	115	156	2	7	813
Total Diurno	1385	396	322	1172	123	32	0	361	582	831	12	27	5243
TPDiS (VERANO) (12 horas)	198	57	46	167	18	5	0	52	83	119	2	4	749

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Al realizar el consolidado en Microsoft Excel podemos tener una perspectiva bastante clara de cómo se comporta el tránsito a lo largo de los días en el tramo de estudio, para luego poder así, calcular el tránsito Promedio Diurno Semanal (TPDiS_{12hrs}) en base a la ecuación 1, dándonos un valor de total de **749** vehículos por 12 horas, tal como se muestra en el **cuadro-2**.

En el **Gráfico-2** se muestra el comportamiento del Tránsito Promedio Diurno Semanal (12 horas), para el tramo Barrio El Rosario Carretera Panamericana, donde se puede notar la prevalencia de vehículos Livianos entre ellos las motos, en segundo orden las camionetas y en tercer orden los camiones de carga (C3). **(Ver Anexo 11, Fotos, pág. XVII-XX)**

Gráfico-2: Tránsito Promedio Diurno por Tipo de Vehículo.



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

2. 3. Cálculo del Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).

Es la unidad de medida habitual para indicar el uso o importancia de una carretera y se expresa en número de vehículos. Debido a que los conteos se realizaron en horas diurnas (de 06:00 am a 06:00 pm), es necesario expandir los resultados utilizando el factor día (Expansión de 12 horas a 24 horas), al hacer esto se obtiene un tránsito promedio diario semanal, ya que se hizo un conteo de una semana, a la vez este se expande a TPDA utilizando el factor expansión.

Para calcular el tráfico promedio diario anual, se determina con la siguiente expresión matemática:

$$TPDA = TDPiS_{12H} * FD * FE \quad (\text{Ec. 2})$$

Dónde:

TPDiS_{12 horas} = Tráfico promedio Diurno Semanal.

FD= Factor Día (Expansión de 12 horas a 24 horas).

FE= Factor Expansión (Expansión a TPDA).

Se consultó la revista del anuario de aforos del MTI año 2016, encontrando que existe una estación de corta duración de conteos de tránsito ubicada cerca del tramo en estudio, la Estación **N°142 ECD** (Empalme San Nicolás–Estelí) esta tiene bastante similitud con las características del tramo en estudio, también se identificó su dependencia que es la Estación **N°107 EMC** (Sébaco- Empalme San Isidro), según los vectores de correspondencia la ECD-142 depende de ella, por lo cual se trabajará con los factores de ajustes de la EMC-107, estos factores son para (ECD-ECS) los factores a utilizar son los del primer cuatrimestre ya que nuestro conteo corresponde a esa época del año. En el **cuadro -4** se muestra los factores a utilizar:

Cuadro- 3: Dependencia de Estaciones (Estación Sébaco –Epm. San Isidro).

DEPENDENCIA DE ESTACIONES 2016					
ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	Pkm	NOMBRE DEL TRAMO
107 Sébaco - Emp. San Isidro	NIC-1	108	ECD	119.5	Emp. San Isidro - La Trinidad
	NIC-1	109	ECD	129.1	La Trinidad - Emp. San Nicolás
	NIC-1	142	ECD	140.0	Emp. San Nicolás - Estelí
	NIC-1	110	ECD	152.1	Estelí - Condega
	NIC-1	111	ECD	187.3	Condega - Shell Palacagüina
	NIC-1	114	ECD	199.5	Shell Palacagüina - Emp. Yalagüina
	NIC-4	405	ECD	65.0	Emp. Guanacaste - Emp. Nandaime
	NIC-4B	434	ECD		Rtda Tisma - Rtda. Las Flores (circunvalación)
	NIC-4B	433	ECD		Rtda. Coyotepe - Rtda. Tisma (circunvalación)
	NIC-7	708	ECD	251.5	Muelle de los Bueyes - Ciudad Rama

Fuente: Revista Anuario de Aforo 2016,MTI– DAV, pág.44.

Cuadro-4:Factores del Primer Cuatrimestre del Año Enero-Abril (Sébaco San Isidro107).

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	
Factor Día	1.26	1.30	1.26	1.30	1.22	1.22	1.20	1.32	1.46	1.50	1.00	1.58	1.00	1.00	1.00	
Factor Semana	1.01	1.05	1.01	0.95	0.94	1.49	0.98	0.87	0.88	0.84	1.00	0.91	1.00	1.00	0.89	
Factor Fin de Semana	0.99	0.90	0.98	1.14	1.18	0.55	1.05	1.61	1.52	1.85	1.00	1.33	1.00	1.00	1.48	
Factor Expansión a TPDA	1.09	1.04	0.94	1.01	1.06	1.00	1.00	1.07	1.03	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.56	

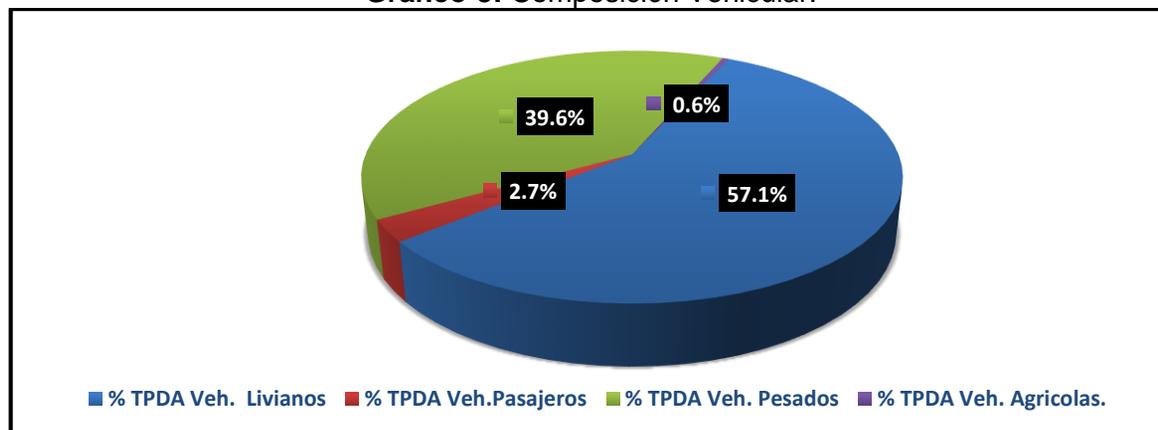
Fuente: Revista Anuario de Aforo 2016,MTI– DAV, pág.251.

Cuadro-5: Tráfico Promedio Diario.

<i>Tipo de Veh.</i>	<i>Vehículos Livianos</i>				<i>Vehículos Pesados de Pasajeros</i>			<i>Vehículos de Carga</i>					<i>TOTAL</i>
<i>Factor</i>	Moto	Auto	Jeep	Cta	Mb< 15 P	Mb> 15 P	Bus	Liv C2	C2	C3	T3S2	V.A	
<i>TPDiS</i>	198	57	46	167	18	5	0	52	83	119	2	4	749
<i>FD</i>	1.26	1.30	1.26	1.30	1.22	1.22	1.20	1.32	1.46	1.50	1.00	1.00	
<i>FE</i>	1.09	1.04	0.94	1.01	1.06	1.00	1.00	1.07	1.03	1.30	1.00	1.56	
<i>TPDA</i>	272	77	55	220	23	6	0	73	126	232	2	7	1093
<i>% TPDA</i>	24.9 %	7.0 %	5.03 %	20.1 %	2.1 %	0.5%	0.0%	6.67%	11.5 %	21.2 %	0.2 %	0.6 %	100 %
	57.1%				2.7%			39.6%					0.6%

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Gráfico-3: Composición Vehicular.



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Al analizar el **Gráfico-3** que muestra la composición vehicular del tramo Barrio El Rosario– Hasta la Carretera Panamericana, este indica que el **57.1 %** del tráfico corresponde a vehículos livianos, el **39.6 %** corresponde a vehículos de carga, el **2.7%** a vehículos de pasajeros y el **0.6%** a vehículos agrícolas.

2. 4. Determinación de las Tasas de Crecimiento.

Para determinar las tasas de crecimiento para el tráfico vehicular futuro para el tramo de “Barrio El Rosario- hasta Carretera Panamericana”, se realizaron correlaciones entre los registros históricos del tránsito promedio diario anual “TPDA- ECD.142” y el producto interno bruto “PIB”, así como con la población, a fin de estimar una tasa diferenciada de crecimiento basado en datos históricos. **(Ver Anexo 9, Cuadro 131, pág. XV)**

Partiendo de la información del Banco Central de Nicaragua, se elaboró una tabla con los datos históricos existentes del producto interno bruto (PIB) de los últimos 16 años. **(Ver Cuadro -6 a continuación).**

Cuadro-6: Registros Históricos del TPDA ECD-142, PIB, y POB.

AÑO	TPDA ECD 142	Producto Interno bruto (Miles \$)	Población (Miles de habitantes)
2001	2329	4102	5174
2002		4026	5245
2003	1893	4101	5313
2004		4465	5381
2005	3182	4872	5450
2006		6764	5638
2007		7423	5708
2008	3884	8497	5779
2009		8299	5850
2010	3633	8759	5923
2011		9774	5997
2012	4196	10533	6071
2013		10983	6134
2014		11880	6198
2015	4337	12611	6263
2016	4582	13184	6328

Fuente: Banco Central de Nicaragua (Informe Anual 2016).

2.4.1. Tasas de Crecimiento.

La tasa de crecimiento vehicular varía dependiendo del tipo de vehículo, la determinación de las mismas se realiza a partir de series históricas de tráfico, en base a estudios anteriores del tramo u otras vías de naturaleza similar o que están cercanas al tramo en estudio. Para el presente tramo en análisis se utilizaron los datos históricos del tránsito promedio diario anual “TPDA” de la Estación N°142 de corta duración (ECD Empalme San Nicolás), por tener características similares con el tramo en análisis. **(Ver Anexo 8, Cuadro 130, pág. XIV)**

Cuadro-7: Evolución TPDA de la Estación N°142 (Empalme San Nicolás Estelí).

AÑO	TPDA ECD-142	TCA
2001	2329	
2002	-	
2003	1893	-18.72%
2004	-	
2005	3182	
2006	-	
2007	-	
2008	3884	22.06%
2009	-	
2010	3633	
2011	-	
2012	4196	15.50%
2013	-	
2014	-	
2015	4337	
2016	4582	5.65%
Promedio	3,505	6.12%

Fuente: Revista Anuario de Aforo 2016,MTI- DAV).

En los registros de la estación N°142 ECD (Empalme San Nicolás), podemos observar crecimientos moderados en relación a los siguientes años, hasta llegar al 2016 que se encuentra con una TPDA mucho mayor a los anteriores, con una tasa de crecimiento en un 5.65% con relación al año (2015-2016), también se muestra que algunos años no poseen registros de conteos, obteniendo un

promedio de 3,505 vehículos.

Las tasas de crecimiento interanual se calcularon usando la **ecuación 3**:

$$TC = \left[\left(\frac{Año_n}{Año_{n-1}} \right) - 1 \right] * 100 \quad \text{Ec.3.}$$

Dónde:

TC: Tasa de crecimiento.

Año n: Año actual.

Año n- 1: Año anterior.

2.4.2. Análisis del Producto Interno Bruto (PIB).

Partiendo de la información del Banco Central de Nicaragua, se elaboró una tabla con los datos históricos existentes del PIB de los últimos 16 años, donde se aprecia el comportamiento histórico, desde el año 2001 al año 2016. El PIB promedio de 8,142 Millones de dólares, con una tasa de crecimiento promedio de 8.45%. **(Ver Cuadro – 8 a continuación)**

Cuadro-8: Datos Históricos del Producto Interno Bruto (PIB).

AÑO	PIB/Millones	T.C
2001	4102	-1.86%
2002	4026	1.87%
2003	4101	8.86%
2004	4465	9.12%
2005	4872	38.83%
2006	6764	9.75%
2007	7423	14.46%
2008	8497	-2.33%
2009	8299	5.54%
2010	8759	11.60%
2011	9774	7.76%
2012	10533	4.28%
2013	10983	8.17%
2014	11880	6.15%
2015	12611	4.55%
2016	13184	-1.86%
Promedio	8,142 Millones	8.45%

Fuente: Banco Central –Indicadores Económicos 2016.

2.4.3. Análisis de Población (POB).

Partiendo de la información del Banco Central de Nicaragua, se elaboró una tabla con los datos históricos existentes del POB de los últimos 16 años, donde se aprecia el comportamiento histórico, desde el año 2001 al año 2016, la POB promedio es de 5,778.0 Miles de habitantes, con una tasa de crecimiento promedio de 1.35%. A continuación, ver **Cuadro- 9**:

Cuadro-9: Datos Históricos de Población (POB).

AÑO	POB/Miles de Hab	T.C
2001	5,174	
2002	5,245	1.37%
2003	5,313	1.30%
2004	5,381	1.28%
2005	5,450	1.30%
2006	5,638	3.44%
2007	5,708	1.24%
2008	5,779	1.24%
2009	5,850	1.24%
2010	5,923	1.24%
2011	5,997	1.24%
2012	6,071	1.24%
2013	6,134	1.04%
2014	6,198	1.04%
2015	6,263	1.04%
2016	6,328	1.04%
Promedio	5,778 Miles	1.35%

Fuente: Banco Central –Indicadores Económicos 2016.

2.4.4. Proyección de Tráfico.

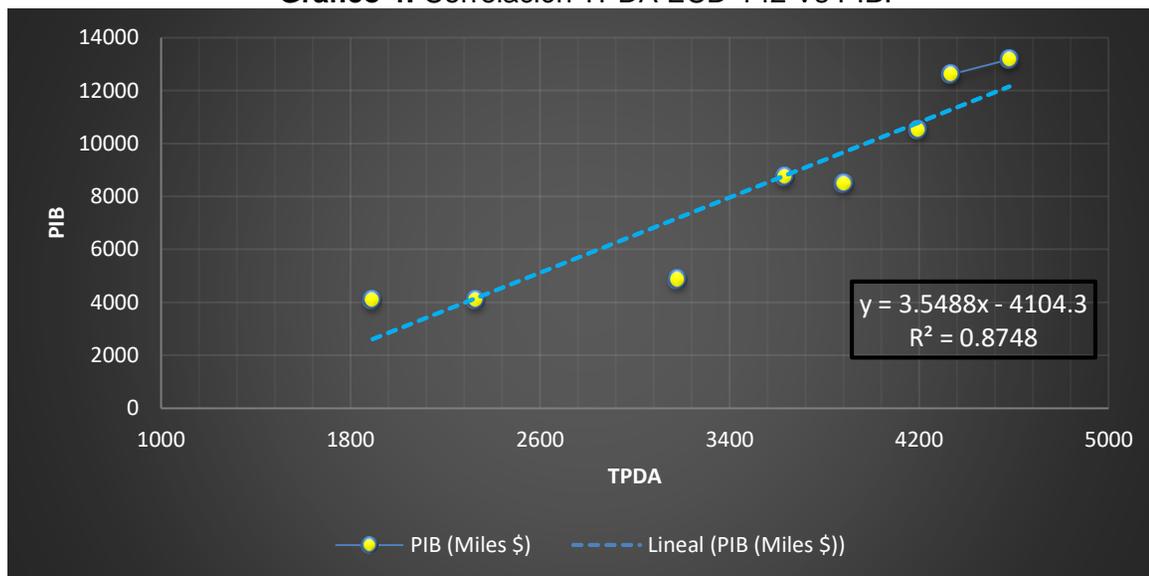
El **cuadro – 10** presenta el comportamiento del producto interno bruto (PIB), de los últimos 16 años (período 2001–2016), y posterior se muestra la representación gráfica con la ecuación de correlación del TPDA de la Estación de corta duración Empalme San Nicolás- Estelí (ECD-142), contra el producto interno bruto, una vez que se realizó la correlación se procede a realizar una segunda aplicando logaritmo natural.

Cuadro- 10: Correlación TPDA ECD-142 Vs PIB.

AÑO	TPDA vs PIB		LN TPDA vs LN PIB	
	TPDA	PIB (millón \$)	LN TPDA	LN PIB
2001	2329	4102	7.75	8.32
2002		4026		8.30
2003	1893	4101	7.55	8.32
2004		4465		8.40
2005	3182	4872	8.07	8.49
2006		6764		8.82
2007		7423		8.91
2008	3884	8497	8.26	9.05
2009		8299		9.02
2010	3633	8759	8.20	9.08
2011		9774		9.19
2012	4196	10533	8.34	9.26
2013		10983		9.30
2014		11880		9.38
2015	4337	12611	8.37	9.44
2016	4582	13184	8.43	9.49

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

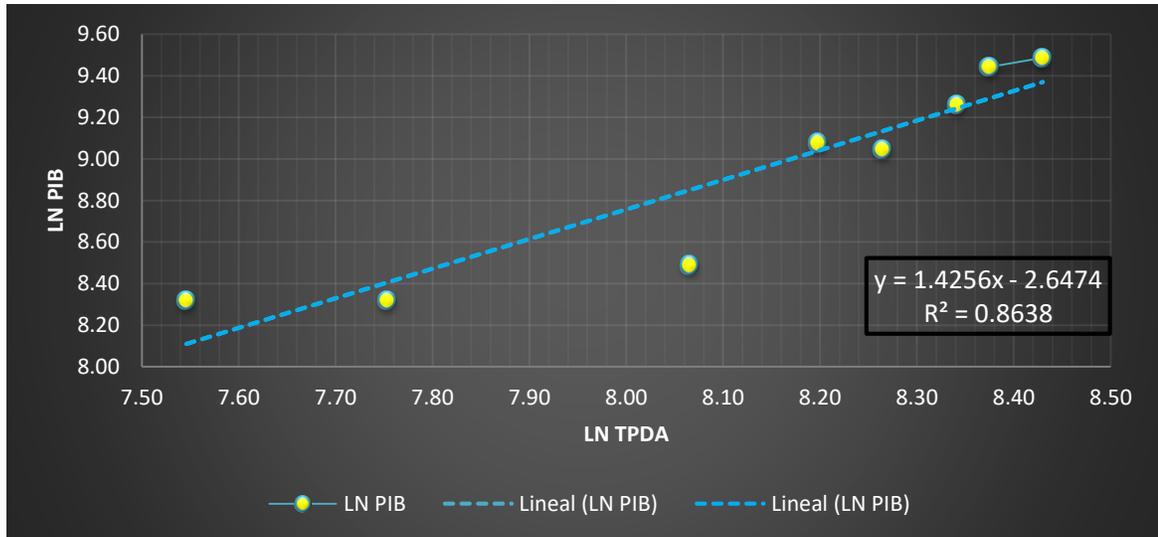
Gráfico 4: Correlación TPDA ECD-142 Vs PIB.



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

La correlación de variables de TPDA Vs PIB genera un coeficiente de determinación **$R^2:0.8748$** , a continuación, se presenta la correlación de LNTPDA Vs LNPIB para ver si mejora el coeficiente de determinación R^2 .

Gráfico 5: Correlación LN TPDA Vs LN PIB.



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

La correlación de las variables TPDA Vs PIB genera un coeficiente de determinación (R^2) igual a **0.8748** y la correlación de las variables LN TPDA Vs LN PIB genera un coeficiente de determinación (R^2) igual a **0.8638**. Se decidió utilizar el primer R^2 de (**0.8748**) por tener un valor más alto y confiable, para determinar las tasas de crecimiento del tráfico de carga, que son los vehículos de transportes que mueven la producción hacia los mercados nacionales e internacionales, lo mismo que los insumos para la producción.

Se consideran que las elasticidades son los coeficientes constantes de la ecuación, en la comparativa de gráficos se escoge la elasticidad del gráfico con el R^2 (coeficiente de determinación) más alto. De la correlación de las variables **TPDA Vs PIB** y **LN TPDA Vs LN PIB** se obtiene lo siguiente:

Cuadro- 11: Resultados de Correlación TPDA (ECD-142) y PIB (Millones \$).

Gráfico	Coefficiente R2	Elasticidad	Elasticidad Escogida
Gráfico -4: TPDA Vs PIB	0.8748	3.5488	ELASTICIDAD ESCOGIDA
Gráfico -5: LN TPDA Vs LN PIB	0.8638	1.4256	
			3.5488

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

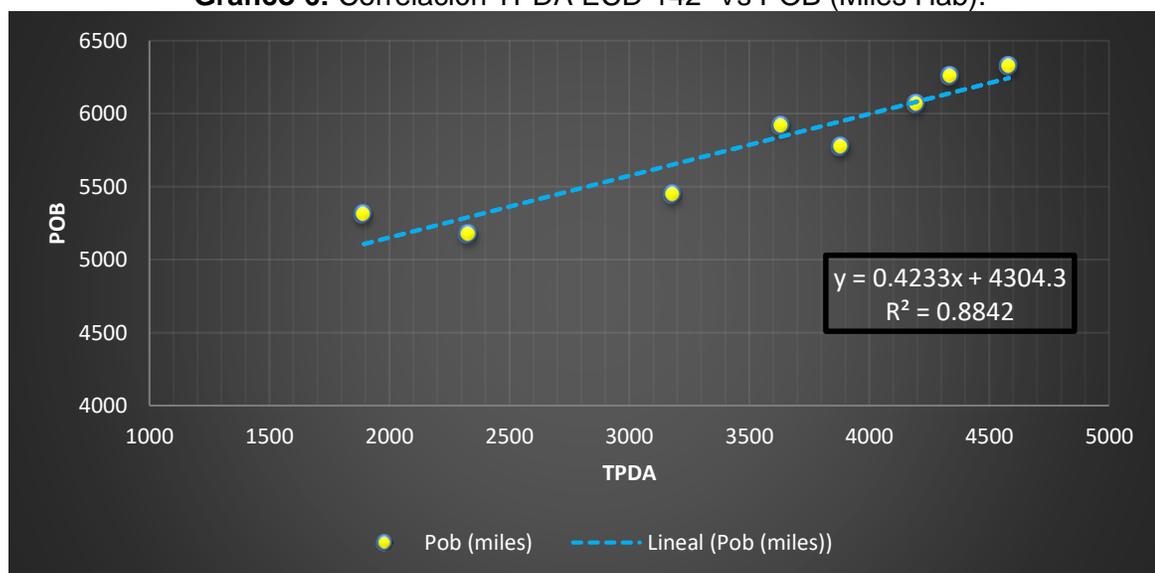
El cuadro siguiente, presenta el comportamiento del TPDA – Población, en el período 2001 – 2016 y la representación gráfica con la ecuación de correlación del TPDA vs POB de la Estación N° 142 ECD (Empalme San Nicolás -Estelí). Ver el siguiente Cuadro:

Cuadro- 12: Correlación TPDA (ECD-142) Vs POB.

AÑO	TPDA vs POB		LN TPDA vs LN POB	
	TPDA	POB (miles)	LN TPDA	LN POB
2001	2329	5174	7.75	8.55
2002		5245		8.56
2003	1893	5313	7.55	8.58
2004		5381		8.59
2005	3182	5450	8.07	8.60
2006		5638		8.64
2007		5708		8.65
2008	3884	5779	8.26	8.66
2009		5850		8.67
2010	3633	5923	8.20	8.69
2011		5997		8.70
2012	4196	6071	8.34	8.71
2013		6134		8.72
2014		6198		8.73
2015	4337	6263	8.37	8.74
2016	4582	6328	7.75	8.55

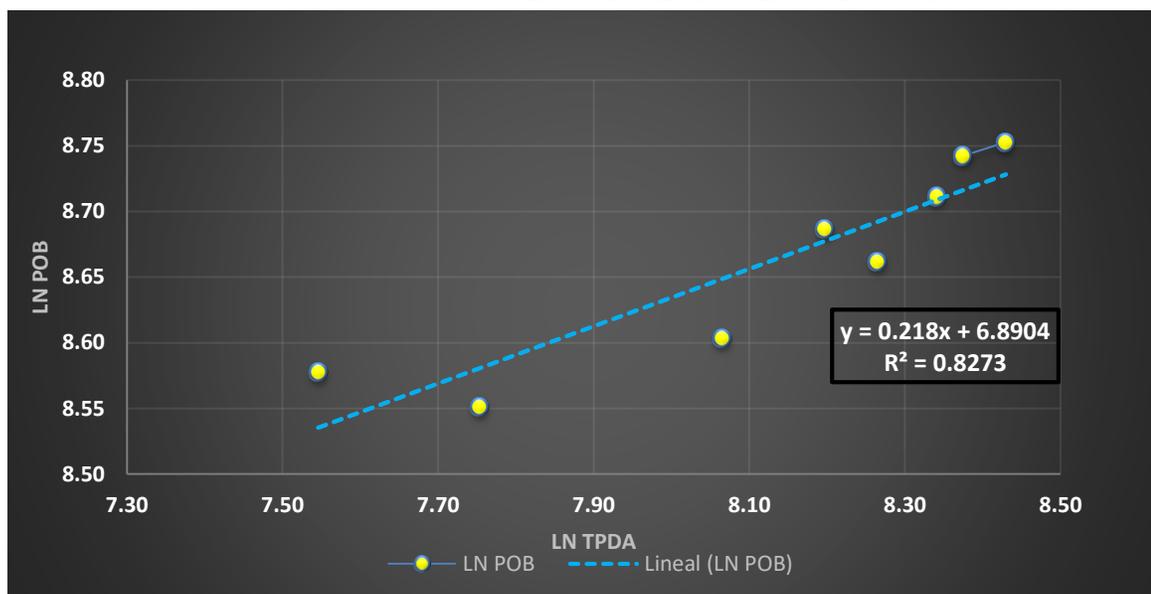
Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Gráfico 6: Correlación TPDA ECD-142 Vs POB (Miles Hab).



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Gráfico 7: Correlación LN TPDA ECD-142 Vs LN POB.



Fuente: Elaborado por Sustentante.

La correlación de las variables TPDA Vs POB genera un coeficiente de determinación (R^2) igual a **0.8842** y la correlación de las variables con logaritmo Natural TPDA Vs logaritmo Natural POB genera un coeficiente de determinación (R^2) igual a **0.8273**. En este caso utilizaremos el valor (R^2) igual a **0.8842** el cual no fue mejorado con (LN), ya que poseen un coeficiente (R^2), mayor a **0.8273**.

La correlación de las variables **LN TPDA Vs LN POB** genera un coeficiente de determinación (R^2) igual a **0.8273**, se consideran que las elasticidades son los coeficientes constantes de la ecuación, en la comparativa de gráficos se escoge la elasticidad del gráfico con el R^2 , más alto de la correlación de las variables **TPDA Vs Población** y **LNTPDA LN POB** se obtiene lo siguiente:

Cuadro-13: Resultados de Correlación TPDA (ECD-142) y POB (Miles/ Hab).

Gráfico	Coefficiente R^2	Elasticidad	Elasticidad Escogida
Gráfico -6: TPDA Vs POB	0.8842	0.4233	ELASTICIDAD ESCOGIDA
Gráfico -7: LN TPDA Vs LN POB	0.8273	0.2180	

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

2.4.5. Cálculo de Proyección de Tráfico.

Las tasas de crecimiento para producto interno bruto (PIB) y población (POB) serán afectados por las elasticidades que se escogieron de las correlaciones realizadas anteriormente, elasticidades que se tomaron en base a los (R²), de mayor confiabilidad. Procedemos a calcular las tasas de crecimiento utilizando los datos históricos de TPDA, PIB, POB, para cada uno de ellos. **(Ver Cuadro:14)**

Cuadro- 14: Datos Históricos (TPDA, PIB, POB).

AÑO	TPDA	PIB (Miles \$)	POB (miles)
2001	2329	4102	5174
2002		4026	5245
2003	1893	4101	5313
2004		4465	5381
2005	3182	4872	5450
2006		6764	5638
2007		7423	5708
2008	3884	8497	5779
2009		8299	5850
2010	3633	8759	5923
2011		9774	5997
2012	4196	10533	6071
2013		10983	6134
2014		11880	6198
2015	4337	12611	6263
2016	4582	13184	6328

Fuente: Elaborado por Sustentante.

A partir de estas series históricas, se procede a calcular la tasa de crecimiento para cada variable aplicando la siguiente expresión matemática:

$$TC_{TPDA} = \left[\left(\frac{TPDA_i}{TPDA_0} \right)^{1/n} - 1 \right] * 10 \quad \text{Ec4.}$$

Donde:

TPDA_i: Tráfico Promedio Diario Actual.

TPDA₀: Tráfico Promedio Diario Actual del año base.

N: La diferencia de años.

Las tasas de crecimiento calculadas son:

$$TC_{TPDA} = \left[\left(\frac{4,582}{2,329} \right)^{1/16} - 1 \right] * 100 = \mathbf{4.32\%}$$

$$TC_{PIB} = \left[\left(\frac{13,184}{4,102} \right)^{1/16} - 1 \right] * 100 = \mathbf{7.57\%}$$

$$TC_{POB} = \left[\left(\frac{6,328}{5,174} \right)^{1/13} - 1 \right] * 100 = \mathbf{1.27\%}$$

2.6. Análisis de la Información Obtenida.

Producto Interno Bruto: para conocer el valor de tasa de crecimiento promedio para el producto interno bruto se obtiene mediante la **ecuación 4**, luego se multiplico por su elasticidad resultando una tasa de **26.86%**.

$$TC_{PIB} = 7.57\% \times 3.5488 \text{ (Elasticidad)} = 26.86\%.$$

Para la población: aplicando la **ecuación 4**, luego se multiplico por su elasticidad quedando con una tasa de **0.54%** para el crecimiento poblacional.

$$TC_{POB} = 1.27\% \times 0.4233 \text{ (Elasticidad)} = 0.54\%.$$

2.6.1. Tasa de Crecimiento Seleccionada.

Se decidió utilizar la tasa de crecimiento vehicular de **4.32 %** para todo el tráfico, a consecuencia de que las tasas de crecimiento para **PIB** resulto muy alta de **26.86%** y para pasajeros de **0.54%** lo cual resulta muy baja, en cambio la tasa del TPDA (Tráfico Promedio Diario Anual) resulta aceptable en relación al crecimiento económico que tuvo el país en el año 2016.

2.7. Determinación del Tránsito de Diseño.

Para convertir el volumen de tráfico obtenido de los conteos se usará un tránsito de Diseño (TD) que es un factor fundamental para el diseño estructural de pavimentos. Este se obtiene a partir de la información básica suministrada por el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA), el Factor de Crecimiento (FC), Factor de Distribución (FD) y Factor Carril (fc).

Se calcula mediante la siguiente **Ecuación N°5**:

$$TD = TPDA * FC * FD * fc * 365 \quad (\text{Ec. 5})$$

2.7.1. Período de Diseño (PD).

Es la cantidad de años para la cual será diseñada la estructura de pavimento, por lo general varía dependiendo del tipo de carretera. De acuerdo a la ubicación geográfica del tramo y al volumen actual de tránsito que circula por ella, elegimos 15 años para el período de diseño, ya que el tramo tiene una clasificación funcional colectora -Suburbana.

Cuadro-15: Período de diseño (n).

<i>Tipo de carretera</i>	<i>Período de diseño (años)</i>
<i>Autopista Regional</i>	20 – 40
<i>Troncales Sub-Urbanas</i>	15 – 30
<i>Troncales Rurales</i>	15 – 30
<i>Colectoras Sub-Urbanas</i>	10 – 20
<i>Colectoras Rurales</i>	10 – 20

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2004.

Para efecto de diseño el período a utilizar en el presente proyecto es de **n=15 años**.

2.7.2. Factor de Crecimiento (FC).

Este se obtiene a partir del periodo de diseño y está en dependencia del grado de importancia de la vía, y la tasa anual de crecimiento del tránsito. Se determina mediante la siguiente **Ecuación N°6**:

$$FC = \frac{(1+i)^n - 1}{i} \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde:

FC: Factor de Crecimiento.

i: Tasa anual de Crecimiento.

n: Periodo de Diseño.

$$FC = \frac{(1 + 0.0432)^{15} - 1}{0.0432} = 20.51$$

2.7.3. 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.

Cuadro-16: Factor de Distribución por Dirección (FD).

<i>Número de carriles en ambas direcciones</i>	<i>FD %</i>
2	50
4	45
6 o más	40

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para Diseño de Carreteras Regionales, SIECA 2004.

Considerando la condición ideal para vías de dos carriles en ambas direcciones; asignamos el valor de **0.5** para el tramo en estudio.

2.7.4. Factor Distribución Por Carril (fc).

El carril de diseño es por el que circulan el mayor número de ejes equivalentes (ESAL'S). En el **Cuadro-17** que se presenta a continuación podemos observar el factor carril.

Cuadro-17: Factor de distribución por carril (fc).

<i>Número de carriles en una sola dirección</i>	<i>Fc'</i>
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 2004.

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), para cada eje y tipo de vehículos aplicando la siguiente **Ecuación N°5 de la pág. 25**, tal como se muestra en el **Cuadro-18 a continuación:**

Cuadro-18 Tránsito de Diseño

<i>Tipo de vehículos</i>	<i>TPDA 2018</i>	<i>F.C.</i>	<i>Días del año</i>	<i>Factor por carril(Fc)</i>	<i>Factor de Dirección (Fs)</i>	<i>Tránsito para el carril de diseño</i>
<i>Autos</i>	77.00	20.51	365	0.50	1.00	288,217
<i>Jeep</i>	55.00	20.51	365	0.50	1.00	205,870
<i>Camionetas</i>	220.00	20.51	365	0.50	1.00	823,477
<i>Micro Bus<15 pas</i>	23.00	20.51	365	0.50	1.00	86,091
<i>Mini Bus >15 pas</i>	6.00	20.51	365	0.50	1.00	22,459
<i>C2 liv</i>	73.00	20.51	365	0.50	1.00	273,245
<i>C2 5 +ton</i>	126.00	20.51	365	0.50	1.00	471,628
<i>C3</i>	232.00	20.51	365	0.50	1.00	868,394
<i>T3S2</i>	2.00	20.51	365	0.50	1.00	7,487
<i>V.A.</i>	7.00	20.51	365	0.50	1.00	26,202
TRÁNSITO DE DISEÑO TOTAL						3,073,070

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

De acuerdo con los resultados del **Cuadro-18** para el tramo El Rosario- hasta Carretera Panamericana, utilizando un factor de crecimiento de **20.51**, se calculó el Tránsito de Diseño obteniendo un valor de **3,073,070 Vehículos/días** proyectados durante un periodo de diseño de **15 años**.

2.7.5. El Índice de Serviciabilidad Inicial (Po).

Es función del diseño de pavimentos y del grado de calidad durante la construcción. El valor establecido en el Experimento Vial de la AASHTO para los pavimentos articulado fue de 4.2 según el manual SIECA Capitulo 3 Pág. 4.

En el Diseño de la Estructura de Pavimento articulado del tramo de carretera El Barrio el Rosario-Carretera Panamericana se trabajó con un valor de **Po=4.2**.

2.7.6. El Índice de Serviciabilidad Final (Pt).

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 cuyo pavimento se diseña, y son normalmente los siguientes:

Para vías locales y suburbanas se toma un valor de $pt = 1.8 - 2.0$ según el manual SIECA Capítulo 3 Pág. 4.

En este caso se decidió tomar el valor de **Pt=2.0**.

2.7.7. Pérdida de Serviciabilidad (ΔPSI).

Es la diferencia que existe entre la serviciabilidad inicial y la serviciabilidad final. Entre mayor sea el ΔPSI mayor será la capacidad de carga del pavimento antes de fallar, calculado con la siguiente **Ecuación N°7**:

$$\Delta PSI = P_o - P_t \quad (\text{Ec. 7})$$

En el Diseño de la Estructura de Pavimento articulado del tramo el Rosario-Carretera Panamericana se trabajó con un valor de:

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

2.7.8. Número Estructural Asumido (SN).

Es un número abstracto que expresa la resistencia estructural de un pavimento requerido. Para calcular el ESAL o W18 (cantidad de repeticiones esperadas de un eje de carga equivalente de 18 mil libras), se debe de asumir un valor inicial de SN. Para este Diseño seleccionamos el valor **SN=5**.

2.7.9. Factor de Equivalencia (FESAL).

Se obtiene las tablas de la AASHTO– 93 apéndice D, para ejes Sencillos y Dobles respectivamente. Conociendo la serviciabilidad final (Pt=2.0), el número estructural asumido (SN=5) y los pesos (las cargas se encuentran en Kips), se obtienen los factores de equivalencia (**Ver Anexos 14-15, Cuadros – 135 y 136, págs. XXII - XXIII**). Si los factores de equivalencia de cargas en los ejes no se encuentran en estas tablas se deben de Interpolar dichos valores.

Cuadro-19: Factores de ejes Kips a Interpolar (vehículos Livianos).

<i>Tipo de vehículo</i>	<i>Especificación</i>	
<p>Autos</p>  <p><i>Peso X eje(Kips)</i> <i>Tipo de Eje</i></p>	<p>2.2 Simple</p>	<p>2.2 Simple</p>
<p>Jeep</p>  <p><i>Peso X eje(Kips)</i> <i>Tipo de Eje</i></p>	<p>2.2 Simple</p>	<p>2.2 Simple</p>
<p>Camionetas</p>  <p><i>Peso X eje(Kips)</i> <i>Tipo de Eje</i></p>	<p>2.2 Simple</p>	<p>4.4 Simple</p>

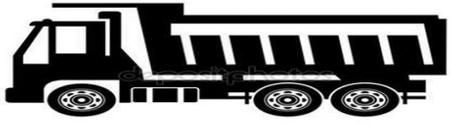
Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Cuadro-20: Factores de ejes Kips a Interpolar (vehículos Pasajeros).

Tipo de vehículo	Especificación	
<p>McBus <15 pas</p>  <p>Peso X eje (Kips) Tipo de Eje</p>	<p>4.4 Simple</p>	<p>8.8 Simple</p>
<p>MnBus >15 pas</p>  <p>Peso X eje (Kips) Tipo de Eje</p>	<p>8.8 Simple</p>	<p>17.6 Simple</p>
<p>Bus</p>  <p>Peso X eje (Kips) Tipo de Eje</p>	<p>11.0 Simple</p>	<p>22.0 Simple</p>

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Cuadro-21: Factores de ejes Kips a Interpolar (vehículos de Carga).

Tipo de vehículo	Especificación	
<p>C2 Liv</p>  <p>Peso X eje (Kips) Tipo de Eje</p>	<p>8.8 Simple</p>	<p>17.6 Simple</p>
<p>C2 5 +ton</p>  <p>Peso X eje (Kips) Tipo de Eje</p>	<p>11.0 Simple</p>	<p>22.0 Simple</p>
<p>C3</p>  <p>Peso X eje (Kips) Tipo de Eje</p>	<p>11.0 Simple</p>	<p>36.30 Doble</p>

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Cuadro -22: Factores de ejes Kips a Interpolar (vehículos Pesados).

Tipo de vehículo	Especificación	
Vehículo Agrícola		
Peso X eje(Kips)	9.9	14.30
Tipo de Eje	Simple	Simple

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Se procede a interpolar los valores de FESAL dados en Kips reflejados en los cuadros-23, -24 y -25:

Cuadro -23: Interpolación Lineal (2.2, 4.4, 8.8).

EJE SIMPLE= 2.2 kips		EJE SIMPLE= 4.4 kips		EJE SIMPLE= 8.8 kips	
(kips)	SN=5	(kips)	SN=5	(kips)	SN=5
Paso 1		Paso 1		Paso 1	
$\begin{bmatrix} 2.0 \\ \mathbf{2.2} \\ 4.0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0.0002 \\ \mathbf{X} \\ 0.002 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 4.0 \\ \mathbf{4.4} \\ 6.0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0.002 \\ \mathbf{X} \\ 0.009 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 8.0 \\ \mathbf{8.8} \\ 10.0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0.031 \\ \mathbf{X} \\ 0.079 \end{bmatrix}$
Paso 2		Paso 2		Paso 2	
$4.0 - 2.0$	$0.0002 - 0.002$	$6.00 - 4.00$	$0.002 - 0.009$	$10.0 - 8.0$	$0.079 - 0.031$
$\mathbf{2.2} - 2.0$	$X - 0.0002$	$4.4 - 4.0$	$X - 0.002$	$\mathbf{8.8} - 8.0$	$X - 0.031$
Resultados del Paso 2		Resultados del Paso 2		Resultados del Paso 2	
2.0	0.0018	2.0	0.007	2.0	0.048
0.2	$X - 0.0002$	0.4	$X - 0.002$	0.8	$X - 0.031$
Multiplicación Cruzada		Multiplicación Cruzada		Multiplicación Cruzada	
$2.0(X - 0.0002) = (0.2) (0.0018)$		$2.0(X - 0.002) = (0.4) (0.007)$		$2.0(X - 0.031) = (0.8) (0.048)$	
Despejando X		Despejando X		Despejando X	
$2.0(X - 0.0002) = 0.00036$		$2.0(X - 0.002) = 0.0028$		$2.0(X - 0.002) = 0.0384$	
$X - 0.0002 = \frac{0.00036}{2.0}$		$X - 0.002 = \frac{0.0028}{2.0}$		$X - 0.002 = \frac{0.0384}{2.0}$	
$X = 0.00018 + 0.0002$		$X = 0.0014 + 0.002$		$X = 0.0192 + 0.002$	
X = 0.00038		X = 0.0034		X = 0.0502	

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Cuadro -24: Interpolación Lineal (9.9, 11, 14.30).

EJE SIMPLE= 9.9 kips		EJE SIMPLE= 11 kips		EJE SIMPLE= 14.30 kips	
(kips)	SN=5	(kips)	SN=5	(kips)	SN=5
Paso 1		Paso 1		Paso 1	
$\begin{bmatrix} 8.0 \\ 9.9 \\ 10.0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0.031 \\ X \\ 0.079 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 10.0 \\ 11.0 \\ 12.0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0.079 \\ X \\ 0.174 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 14.0 \\ 14.30 \\ 16.0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0.338 \\ X \\ 0.603 \end{bmatrix}$
Paso 2		Paso 2		Paso 2	
$10.0 - 8.0$	$0.079 - 0.031$	$12.0 - 10.0$	$0.174 - 0.079$	$16.0 - 14.0$	$0.603 - 0.338$
$9.9 - 8.0$	$X - 0.031$	$11.0 - 10.0$	$X - 0.079$	$14.3 - 14.0$	$X - 0.338$
Resultados del Paso 2		Resultados del Paso 2		Resultados del Paso 2	
2.0	0.048	2.0	0.095	2.0	0.265
1.9	$X - 0.031$	1.0	$X - 0.079$	0.3	$X - 0.338$
Multiplicación Cruzada		Multiplicación Cruzada		Multiplicación Cruzada	
$2.0(X - 0.031) = (1.9)(0.048)$		$2.0(X - 0.079) = (1.0)(0.095)$		$2.0(X - 0.338) = (0.3)(0.265)$	
Despejando X		Despejando X		Despejando X	
$2.0(X - 0.031) = 0.0912$		$2.0(X - 0.079) = 0.095$		$2.0(X - 0.338) = 0.0795$	
$X - 0.031 = \frac{0.0912}{2.0}$		$X - 0.079 = \frac{0.095}{2.0}$		$X - 0.338 = \frac{0.0795}{2.0}$	
$X = 0.00456 + 0.031$		$X = 0.0475 + 0.079$		$X = 0.03975 + 0.338$	
X = 0.077		X = 0.1265		X = 0.378	

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Cuadro-25: Interpolación Lineal (17.60 ,35.20 y 36.30).

EJE SIMPLE= 17.60 kips		EJE DOBLE= 36.30 kips		EJE DOBLE= 35.20 kips	
(kips)	SN=5	SN=5	SN=5	SN=5	SN=5
Paso 1		Paso 1		Paso 1	
$\begin{bmatrix} 16.0 \\ 17.60 \\ 18.0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0.603 \\ X \\ 1.00 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 36.0 \\ 36.30 \\ 38.0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1.38 \\ X \\ 1.73 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 34.0 \\ 35.20 \\ 36.0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1.08 \\ X \\ 1.38 \end{bmatrix}$
Paso 2		Paso 2		Paso 2	
$18.0 - 16.0$	$1.00 - 0.603$	$38.0 - 36.0$	$1.73 - 1.38$	$36.0 - 34.0$	$1.38 - 1.08$
$17.60 - 16.0$	$X - 0.603$	$36.30 - 36.0$	$X - 1.38$	$35.20 - 34.0$	$X - 1.08$
Resultados del Paso 2		Resultados del Paso 2		Resultados del Paso 2	
2.0	0.397	2.0	0.35	2.0	0.3
1.60	$X - 0.603$	0.30	$X - 1.38$	1.2	$X - 1.08$
Despejando X		Despejando X		Despejando X	
$2.0(X - 0.603) = 0.6352$		$2.0(X - 1.38) = 0.105$		$2.0(X - 1.08) = 0.36$	
$X - 0.603 = \frac{0.6352}{2.0}$		$X - 1.38 = \frac{0.105}{2.0}$		$X - 1.08 = \frac{0.35}{2.0}$	
$X = 0.3176 + 0.603$		$X = 0.0525 + 1.38$		$X = 0.175 + 1.08$	
X = 0.9206		X = 1.43		X = 1.26	

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

2.7.10. Ejes Equivalentes (ESAL o W18).

En el Método AASHTO-93 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:

$$\text{ESAL o W18} = \text{TD} * \text{FESAL} \quad (\text{Ec. 8})$$

Donde:

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 el **cuadro-18** de la pág. 27. 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.

Los valores de los factores de Equivalencia (FESAL), los cuales se tuvieron de interpolar 7 valores de FESAL para ejes Simples (2.2, 4.4, 8.8, 9.9, 11, 14.30 y 17.60). y un 1 valor de FESAL para ejes Dobles (35.20 y 36.30). Solo el peso de 22 kips no se interpoló ya que el FESAL (2.35), sí se muestra en el cuadro AASHTO– 93 apéndice D, para ejes Sencillos.

El cálculo del **ESAL o W18** se muestra a continuación, en el **cuadro-26**:

Cuadro-26: Cálculo del ESAL'S del Carril de Diseño.

<i>Tipo de vehículos</i>	<i>Peso X eje(Ton.met)</i>	<i>Peso X eje (Kips)</i>	<i>Tipo de eje</i>	<i>TPDA 2018</i>	<i>TD</i>	<i>Factor ESAL</i>	<i>ESAL de diseño</i>
Autos	1.00	2.20	Simple	77	288,217.00	0.00038	110
	1.00	2.20	Simple			0.00038	110
Jeep	1.00	2.20	Simple	55	205,870.00	0.00038	78
	1.00	2.20	Simple			0.00038	78
Camionetas	1.00	2.20	Simple	220	823,477.00	0.00038	313
	2.00	4.40	Simple			0.0034	2800
Mc Bus<15 pas	2.00	4.40	Simple	23	86,091.00	0.0034	293
	4.00	8.80	Simple			0.0502	4322
Mn Bus > 15 pas	4.00	8.80	Simple	6	22,459.00	0.0502	1127
	8.00	17.60	Simple			0.9206	20676
C2 Liv	4.00	8.80	Simple	73	273,245.00	0.0502	13717
	8.00	17.60	Simple			0.9206	251549
C2 5 +ton	5.00	11.00	Simple	126	471,628.00	0.1265	59661
	10.00	22.00	Simple			2.35	1108326
C3	5.00	11.00	Simple	232	868,394.00	0.1265	109852
	16.50	36.30	Doble			1.433	1243974
T2S2	5.00	11.00	Simple	2	7,487	0.1265	947.1055
	16.00	35.20	Doble			1.260	9433.62
	16.00	35.20	Doble			1.260	9433.62
V.A.	4.50	9.90	simple	7	26,202.00	0.0770	2018
	6.50	14.30	simple			0.378	9899
Totales				821	3,073,070		2,848,718.00

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Para el tramo en estudio se obtuvo un valor de **2,848,718.00** o **2.849E+06** repeticiones equivalentes a 18 Kips el cual tiene un peso de 8.2 ton. o (18,000 lbs), utilizando una serviciabilidad inicial $P_o=4.2$, serviciabilidad final de $P_t=2.0$, una pérdida de serviciabilidad $\Delta psi=2.2$, en un periodo de diseño de 15 años.

CAPÍTULO III

ESTUDIO GEOTÉCNICO

3.1. Generalidades.

En este capítulo se presenta el análisis de los ensayos de suelos y bancos de materiales obtenidos de laboratorio INSUMA, (Instituto de Suelo y Materiales S.A) y proporcionado por la Alcaldía Municipal de Estelí, con el objetivo de conocer las propiedades físico mecánicas del suelo del tramo de camino Barrio El Rosario hasta Carretera Panamericana, tomando en cuenta los métodos de clasificación, para diferenciar los tipos de suelo y donde se requiere realizar mejoramientos por su deficiencia en su calidad, por lo tanto también establecer el dimensionamiento del pavimento apoyándonos en los parámetros encontrados en dicho análisis.

3.2. Metodología.

La metodología implementada para la ejecución del estudio de suelos comprende básicamente una investigación de campo a lo largo del tramo de 2.7 kilómetros definido por la carretera del proyecto; mediante la ejecución de prospecciones de exploración se observaron las características del terreno de fundación, para luego obtener muestras representativas y en cantidades suficientes para ser sometidas a ensayos de laboratorio. En este capítulo se detallarán los procedimientos llevados a cabo para la ejecución de este estudio, así como los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio practicados sobre las muestras de suelo.

Se realizó un análisis del suelo, con el objetivo de conocer sus características físicas, mecánicas condiciones de soporte, y de esta manera se establecerán los parámetros básicos necesarios para el diseño de la estructura. Seguidamente estas muestras fueron analizadas en laboratorio para determinar sus propiedades, entre ellas:

- ❖ Humedad.
- ❖ Valor de Soporte (CBR).
- ❖ Granulométrica.
- ❖ Límites de Atterberg (Límite e índice plástico).
- ❖ Densidad (Próctor).

3.2.1. Resultado de los Ensayos sobre la Línea.

Los suelos existentes a lo largo del tramo, de acuerdo con los sondeos suministrados por la Alcaldía de Estelí y a los ensayos de laboratorio efectuados se presentan de manera general las características siguientes:

Superficialmente existe una capa de rodamiento de 12 a 40 cm de espesor, compuesta de grava limosa con arena arcillosa tipo A- 2- 6, en general de estos suelos superficiales varía de 37 a 40% de Límite Líquido, de 12 a 14% de Índice de Plasticidad. Las partículas de los suelos gravosos pasan el 100% el tamiz de 2", entre 30 y 37 % el tamiz No.4, y entre 10 y 16% el tamiz No.200.

El CBR obtenido del grupo de muestras gravo arcillo limosos con arena de baja compresibilidad tipo A- 2- 6 (0), compactadas al 95% Proctor Modificado, fue entre 13 y 15%.

Debajo de los suelos descritos anteriormente, que fueron encontrados superficialmente, subyacen suelos gravo arcillosos con arena, arena arcillosos con grava, así como suelos arcillosos y limo arcillosos con grava de media a baja compresibilidad tipo **A- 7- 5, A- 7- 6, A-5, Y A - 6.**

Los suelos del tipo **A- 7- 5** tienen de 50 a 73% de Límite Líquido, de 20 a 38% de Índice de Plasticidad, y sus partículas pasan el 100% el tamiz de 2", pasan de 93 a 100% el tamiz No.4 y el tamiz No.200 pasan de 82 a 98%.

Los suelos del tipo **A- 7- 6** tienen de 41 a 59% de Límite Líquido, de 13 a 30% de Índice de Plasticidad, y sus partículas pasan de 76 a 100% el tamiz de 2", pasan el 100% el tamiz **No.4** pasan de 65a 100% y el tamiz No.200 pasan de 40 a 86%.

Los suelos del tipo **A-5** tienen de 42 a 45% de Límite Líquido, de 8 a 9% de Índice de Plasticidad, y sus partículas pasan 100%, el tamiz de 2", pasan de 83 a 99% el tamiz No.4 Y pasan de 45 a 64% el tamiz **No.200.**

Los suelos del tipo **A-2-4** tienen de 28 a 36% de Límite Líquido, de 8 a 9% de Índice de Plasticidad, y sus partículas pasan el 100% el tamiz de **2"**, pasan de 30 a 72% el tamiz **No.4** y el tamiz **No.200** pasan de 13 a 30%.

El CBR obtenido de grupos de muestras de suelos gravo arcillosos, compactadas al 95% Próctor Modificado, fue entre 7 y 8% para los suelos del tipo A-7-5, para los suelos del tipo A-7-6 fue entre 5 y 6% para los suelos del tipo A-5 fue entre 10 y 12%.

Finalmente se realizó un perfil estratigráfico para detallar los tipos de suelos y su profundidad, en base al trabajo de campo y los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio.

3.2.2. Análisis de los Resultados.

En base a lo descrito anteriormente, podemos concluir que predominan los suelos, **A-7-5, A-7-6, A-5, Y A-2-4**. Son suelos de baja resistencia con límites líquidos e índices de plasticidad altos, según su clasificación y características físico-mecánicas.

Cuadro-27: Resumen de Sondeos realizados a lo largo del Tramo (0+100, 0+200, 0+300, 0+500, 0+600).

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 CENTRAL	0 - 1.50	1	100	99	88	77	67	53	40	32	22	15	28	10	A-2-4(0)	17
2	0+100 LADO DERECHO	0 - 35	2	100	98	87	70	65	48	37	29	20	13	30	10	A-2-4(0)	18
2		35 - 1.05	3	100	100	100	100	100	98	98	96	93	88	50	20	A-7-5(14)	7
2		1.05 - 1.50	4	100	100	100	100	99	98	97	96	92	86	44	19	A-7-6(13)	6
3	0+200 LADO IZQUIERDO	0 - 37	5	100	95	87	73	63	43	30	22	13	8	28	10	A-2-4(0)	15
3		37 - 76	6	100	100	99	98	97	96	93	92	88	82	58	22	A-7-5(16)	8
3		76 - 1.50	7	100	100	100	100	100	100	100	100	99	98	73	38	A-7-5(20)	7
4	0+300 LADO CENTRAL	0 - 40	8	100	93	82	73	62	54	38	30	20	15	34	11	A-2-6(0)	15
4		40 - 62	9	100	100	100	100	100	100	100	100	99	98	73	38	A-7-5(0)	7
4		62 - 1.04	10	100	100	100	99	98	95	90	88	79	79	59	30	A-7-6(20)	6
4		1.04 - 1.50	11	100	96	89	86	81	77	65	61	51	40	43	19	A-7-6(3)	6
5	0+400 LADO DERECHO	0 - 40	12	100	93	82	73	62	54	38	30	20	15	34	11	A-2-6(0)	15
5		40 - 65	13	100	100	99	98	97	96	93	92	88	82	58	22	A-7-5(16)	8
5		65 - 91	14	100	100	100	100	100	99	98	96	93	88	50	20	A-7-5(14)	7
5		91 - 1.50	15	100	99	98	96	92	89	83	79	69	59	41	13	A-7-6(6)	6
6	0+500 LADO IZQUIERDO	0 - 35	16	100	93	82	73	62	54	38	30	20	15	34	11	A-2-6(0)	13
6		35 - 72	17	100	100	100	100	100	99	98	96	93	88	50	20	A-7-5(14)	7
6		72 - 1.50	18	100	100	100	100	99	98	97	96	92	86	44	19	A-7-6(13)	6
7	0+600 LINEA CENTRAL	0 - 28	19	100	93	82	73	62	52	38	30	20	15	34	11	A-2-6(0)	15
7		28 - 82	20	100	100	99	98	97	96	93	92	88	82	58	22	A-7-5(16)	8
7		82 - 1.50	21	100	99	98	96	92	89	83	79	69	59	41	13	A-7-6(6)	6

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí/ INSUMA (Instituto de Suelos y materiales S.A).

Cuadro-28: Resumen de Sondeos realizados a lo largo del Tramo (0+700, 0+800, 0+900, 0+1000, 1+100, 1+200, 1+300, 1+400).

SONDEO No.	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				
8	0+700 LADO DERECHO	0-45	22	98	85	72	67	60	54	44	39	26	15	34	8	A-2-4(0)	28
8		45-1.50	23	100	99	98	97	95	92	83	77	66	56	47	16	A-7-6(7)	6
9	0+800 LADO IZQUIERDO	0-43	24	97	84	73	69	62	55	45	41	27	16	35	8	A-2-4(0)	30
9		43-88	25	100	100	99	98	97	96	93	92	88	82	58	22	A-7-5(16)	8
9		88-1.50	26	100	100	100	100	99	98	97	96	92	86	44	19	A-7-6(13)	5
10	0+900 LINEA CENTRAL	0-40	27	100	98	88	74	67	59	47	43	22	12	32	9	A-2-4(0)	28
10		40+	MANTO ROCOSO NO PENETRABLE CON BARRA														
11	1+000 LADO DERECHO	0-32	28	100	98	87	70	65	48	37	29	20	13	30	10	A-2-4(0)	10
11		32-1.40	29	100	100	100	100	100	100	100	99	92	85	52	20	A-7-6(14)	6
11		1.40-1.50	30	100	100	100	100	99	98	97	96	92	86	44	19	A-7-6(13)	5
12	1+100 LADO IZQUIERDO	0-60	31	100	100	100	100	100	100	99	98	82	64	45	9	A-5(7)	12
12		60-95	32	100	100	100	100	100	100	99	95	75	56	43	8	A-5(5)	10
12		95-1.50	33	100	100	100	100	100	100	99	98	82	64	45	9	A-5(7)	11
13	1+200 LINEA CENTRAL	0-34	34	100	99	97	96	94	91	83	75	58	45	42	9	A-5(2)	12
13		34-95	35	100	100	100	100	100	100	99	92	85	52	20	A-7-6(14)	5	
13		95-1.50	36	100	100	100	100	99	98	94	87	69	51	39	12	A-6(1)	12.3
14	1+300 LADO DERECHO	0-78	37	100	100	99	98	97	96	93	92	88	82	58	22	A-7-5(16)	7
14		78-1.50	38	100	97	96	93	87	85	72	63	44	30	36	9	A-2-4(0)	30
15	1+400 LADO IZQUIERDO	0-31	39	100	92	87	85	84	83	80	79	75	67	58	17	A-7-5(11)	7
15		31-1.50	40	100	92	81	76	70	68	62	55	47	42	49	19	A-7-6(4)	6

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí/ INSUMA (Instituto de Suelos y materiales S.A).

Cuadro-29: Resumen de Sondeos realizados a lo largo del Tramo (1+500, 1+600, 1+700, 1+800, 1+900, 2+000, 2+100, 2+200).

SONDEO No.	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					
16	1+500 LADO IZQUIERDO	0-35	41	100	92	68	61	55	50	44	38	26	14	34	9	A-2-4(0)	30	
16		35-88	42	100	99	98	97	92	88	83	78	77	68	57	24	A-7-5(15)	7	
17	1+600 LADO DERECHO	0-22	43	100	90	74	64	51	40	23	18	12	8	45	9	A-2-5(0)	18	
17		22-40	44	100	100	99	98	97	96	93	92	80	82	58	22	A-7-5-(16)	8	
17		40-1.50	45	100	100	100	100	100	99	98	97	96	92	86	44	19	A-7-6(13)	6
18	1+700 LADO IZQUIERDO	0-37	46	100	93	82	73	62	54	38	30	20	15	34	11	A-2-6(0)	15	
18		37-76	47	100	100	99	98	97	96	93	92	88	82	58	22	A-7-5(16)	7	
18		76-1.50	48	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	98	73	38	A-7-5(20)	8
19	1+800 LINEA CENTRAL	0-80	49	100	99	97	96	94	91	83	75	58	45	42	9	A-5(2)	10	
19		80+	MANTO ROCOSO NO PENETRABLE CON BARRA															
20	1+900 LADO DERECHO	0-30	50	100	90	74	64	51	40	23	18	12	8	45	9	A-2-5(0)	18	
20		30-68	51	100	100	99	98	97	96	93	92	80	82	58	22	A-7-5-(16)	8	
20		68-1.05	52	100	100	100	100	100	100	98	98	96	93	88	50	20	A-7-5(14)	7
20		1.05-1.50	53	100	100	100	100	100	99	98	97	96	92	86	44	19	A-7-6(13)	6
21	2+000 LADO IZQUIERDO	0-27	54	100	93	82	73	62	54	38	30	20	15	34	11	A-2-6(0)	15	
21		27-46	55	100	100	99	98	97	96	93	92	88	82	58	22	A-7-5(16)	7	
21		46-1.50	56	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	98	73	38	A-7-5(20)	7
22	2+100 LADO CENTRAL	0-20	57	100	93	82	73	62	54	38	30	20	15	34	11	A-2-6(0)	15	
22		20-52	58	100	100	100	100	100	100	100	100	99	98	73	38	A-7-5(0)	8	
22		52-1.04	59	100	100	100	99	98	95	90	88	79	79	59	30	A-7-6(20)	6	
22		1.04-1.50	60	100	96	89	86	81	77	65	61	51	40	43	19	A-7-6(3)	6	
23	2+200 LADO IZQUIERDO	0-60	61	100	100	100	100	100	100	99	98	82	64	45	9	A-5(7)	12	
23		60-95	62	100	100	100	100	100	100	99	95	75	56	43	8	A-5(5)	10	
23		95-1.50	63	100	100	100	100	100	100	99	98	82	64	45	9	A-5(7)	11	

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí/ INSUMA (Instituto de Suelos y materiales S.A).

Cuadro-30: Resumen de Sondeos realizados a lo largo del Tramo **(2+300, 2+400, 2+500, 2+600, 2+700)**.

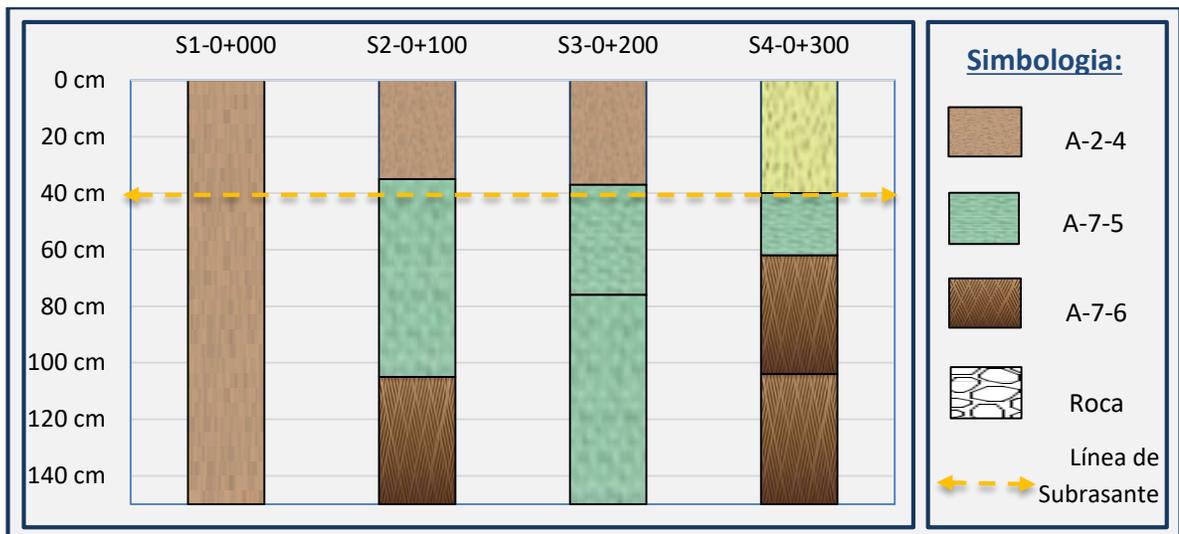
SONDEO No.	ESTACION UBICACIÓN	PROFUNDIDAD EN CENTIMETROS	MUESTRA	% QUE PASA POR TAMIZ										LL	IP	CLASIFICACION	CBR AL 95%
				2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200				
24	2+300 LINEA CENTRAL	0-24	64	100	99	97	96	94	91	83	75	58	45	42	9	A-5(2)	12
24		24-95	65	100	100	100	100	100	100	100	99	92	85	52	20	A-7-6(14)	6
24		95-1.50	66	100	100	100	100	99	98	94	87	69	51	39	12	A-6(1)	12.3
25	2+400 LADO DERECHO	0-55	67	100	100	97	96	95	94	83	80	74	65	58	28	A-7-6(16)	6
25		55-1.50	68	100	99	98	97	95	92	83	77	66	56	47	16	A-7-6(7)	5
26	2+500 LADO IZQUIERDO	0-35	69	97	84	73	69	62	55	45	41	27	16	35	8	A-2-4(0)	30
26		35-88	70	100	100	99	98	97	96	93	92	88	82	58	22	A-7-5(16)	7
26		88-1.50	71	100	100	100	100	99	98	97	96	92	86	44	19	A-7-6(13)	5
27	2+600 LADO DERECHO	0-38	72	100	97	96	93	87	85	72	63	44	30	36	9	A-2-4(0)	32
27		38-1.50	73	100	100	99	98	97	96	93	92	88	82	58	22	A-7-5(16)	8
28	2+700 LADO IZQUIERDO	0-31	74	100	92	87	85	84	83	80	79	75	67	58	17	A-7-5(11)	8
28		31-1.50	75	100	92	81	76	70	68	62	55	47	42	49	19	A-7-6(4)	5

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí/ INSUMA (Instituto de Suelos y materiales S.A).

3.2.3. Estratigrafía del Terreno.

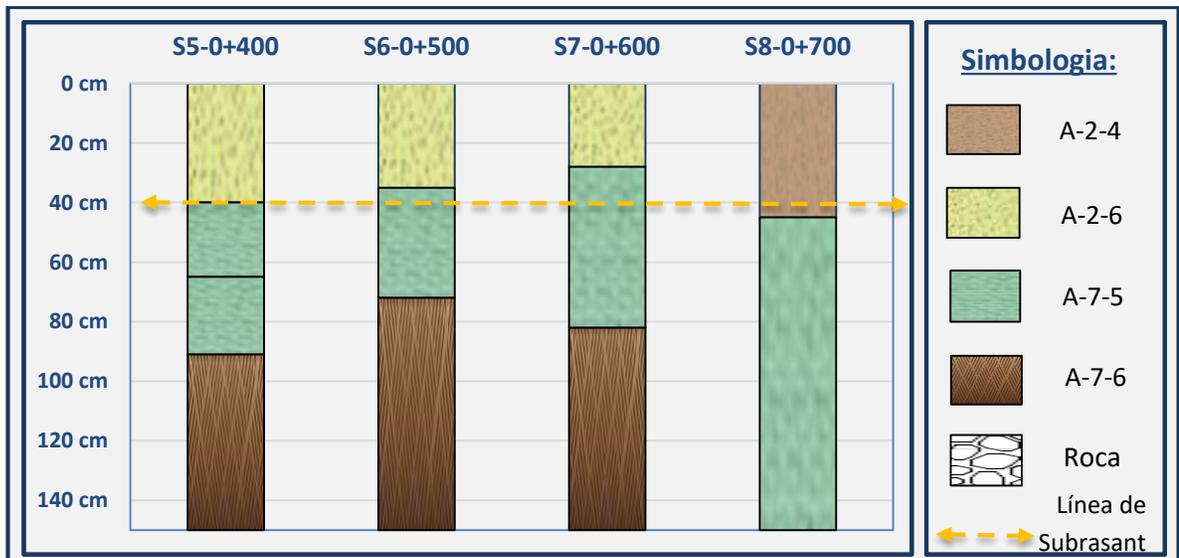
Finalmente se realizó un perfil estratigráfico para detallar los tipos de suelos y su profundidad, en base al trabajo de campo y los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio suministrados por la Alcaldía de Estelí. Se consideró que la Subrasante se encontrara por debajo de los 40 centímetros.

Gráfico-8: Perfiles Estratigráficos (Est. 0+000 a 0+350).



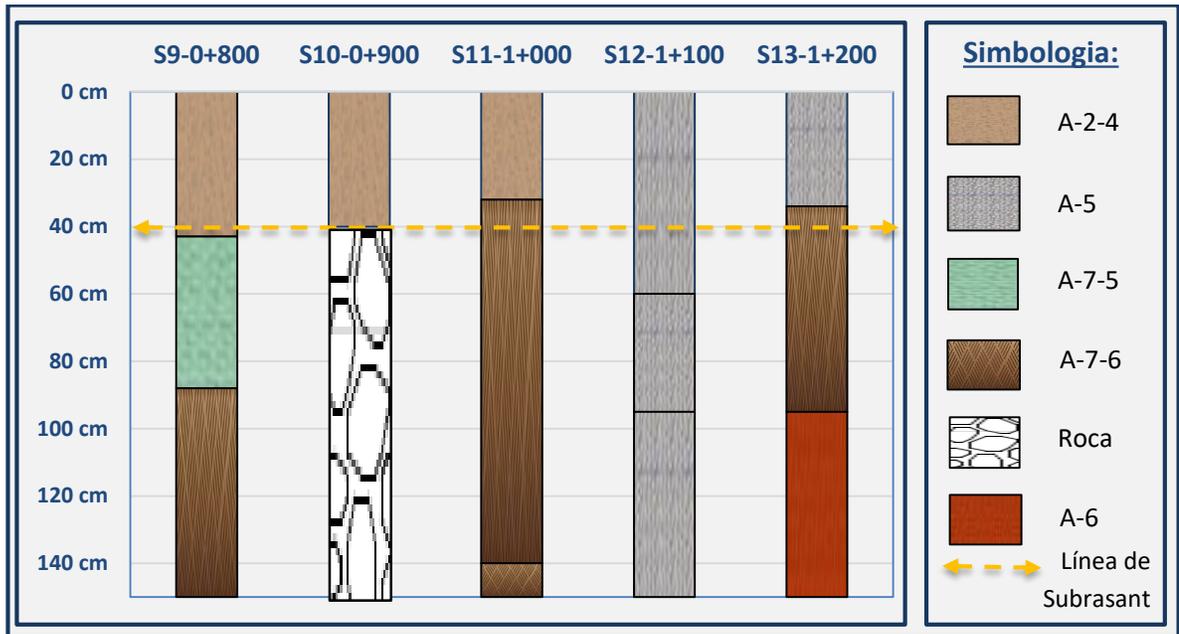
Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Gráfico-9: Perfiles Estratigráficos (Est. 0+400 a 0+700).



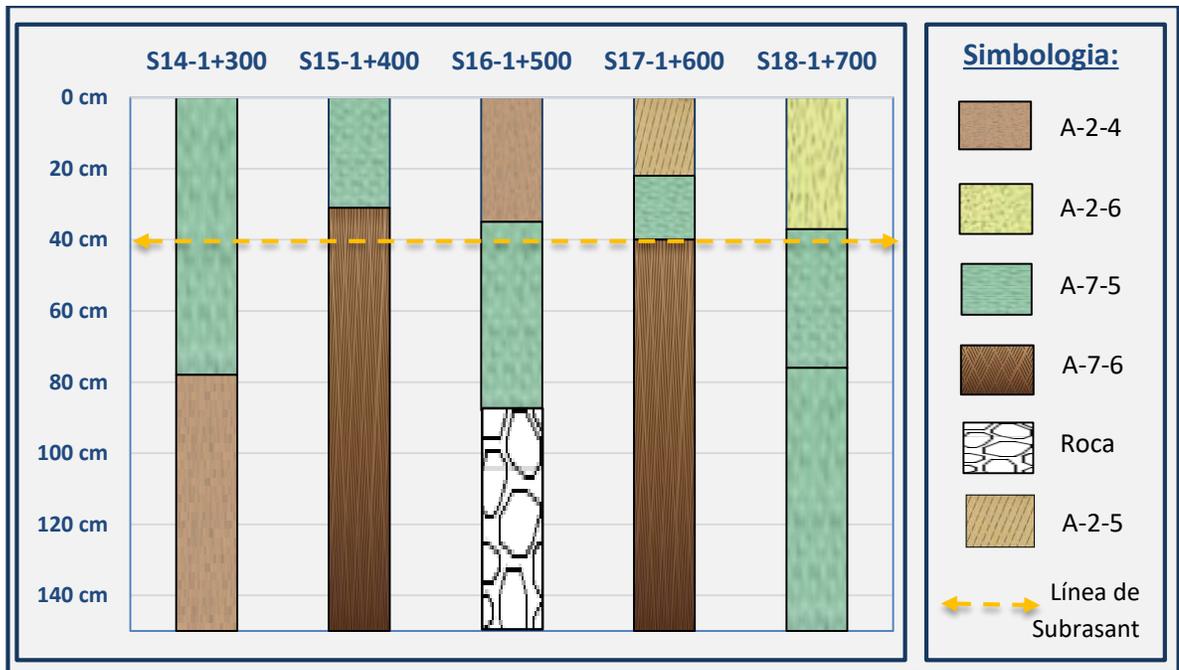
Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Gráfico-10: Perfiles Estratigráficos (Est. 0+800 a 1+200).



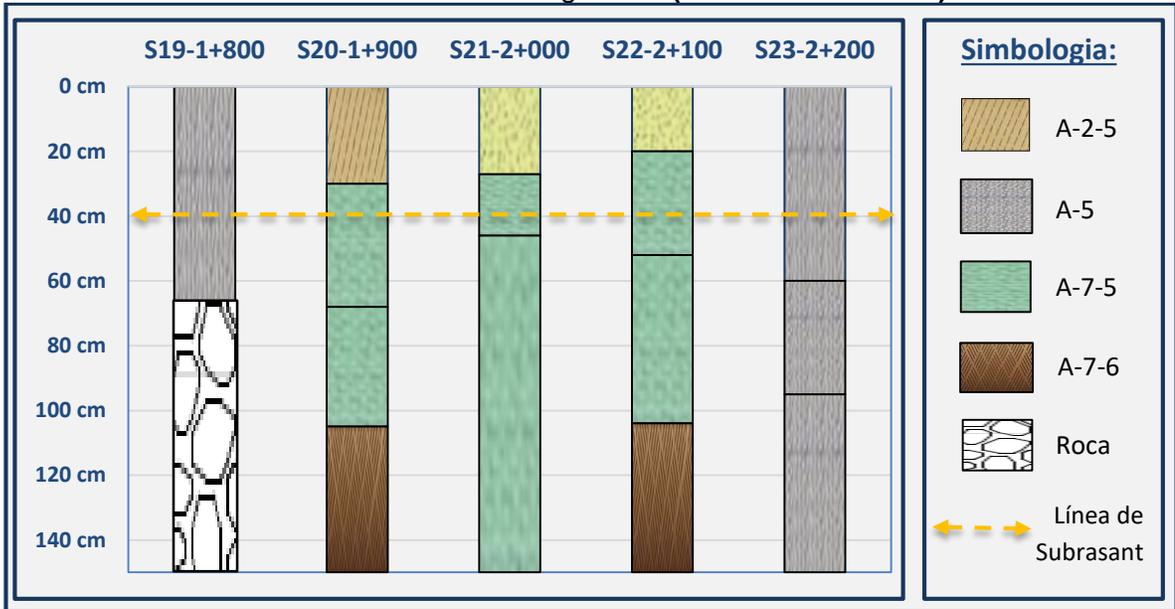
Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Gráfico-11: Perfiles Estratigráficos (Est. 1+300 a 1+700).



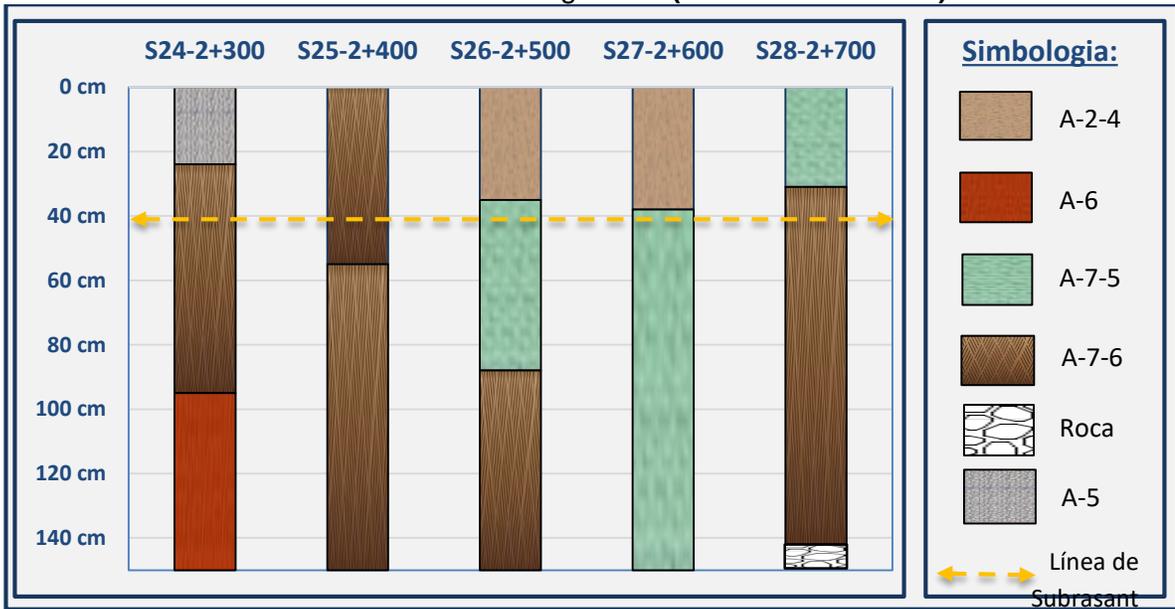
Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Gráfico-12: Perfiles Estratigráficos (Est. 1+800 a 2+200).



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Gráfico-13: Perfiles Estratigráficos (Est. 2+300 a 2+700).



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

3.2.4. Evaluación de la carpeta de rodamiento existente.

A lo largo del tramo se identificó que la carpeta de rodamiento cuenta con espesores de 15 cm mínimo y máximo de 40 cm de espesor, donde los suelos que predominan son los A-2-6 (0) en mayor parte del tramo y A-2-4 (0) en la parte final del tramo.

3.2.5. Evaluación de la Subrasante.

La obtención del Módulo de Resiliencia se obtiene con base en pruebas de laboratorio, realizadas en materiales a utilizar en la carpeta de subrasante (Ensayo AASHTO T 274), con muestras representativas esfuerzo. El tramo actualmente cuenta con una carpeta de rodamiento promedio de 40 centímetros de espesor, por tanto, se consideró que la Subrasante se encontrara por debajo de los 40 centímetros de la carpeta de rodamiento, ya que es donde se encuentran los suelos más estables.

A continuación, se presentan los suelos que cumplen con la profundidad de (0.40 metros) para ser utilizados en el cálculo del CBR de la subrasante, tomando los suelos más próximos a la línea de subrasante y con valores de CBR al 95%.

Cuadro-31: Subrasante Existente (Est. 0+000 - Est. 0+700).

Sondeo No.	Profundidad		Clasificación AASHTO de suelos.	% DE C.B.R. ASTM D 1883-07		
	Desde, cm	Hasta, cm		90%	95%	100%
S1-0+000	0.00	1.50	A-2-4	12	17	23
S2-0+100	35	1.05	A-7-5	3	7	11
S3-0+200	37	76	A-7-5	3	8	12
S4-0+300	40	62	A-7-5	4	7	13
	62	1.04	A-7-6	4	6	9
S5-0+400	40	65	A-7-5	3	8	11
	65	91	A-7-5	3	7	13
S6-0+500	35	72	A-7-5	3	7	13
S7-0+600	28	82	A-7-5	3	8	14
S8-0+700	0	45	A-2-4	11	28	33
	45	1.50	A-7-6	4	6	9

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Cuadro-32: Subrasante Existente (Est. 0+800 - Est. 2+700).

Sondeo No.	Profundidad		Clasificación AASHTO de suelos.	% DE C.B.R. ASTM D 1883-07		
S9-0+800	0	43	A-2-4	16	30	36
	43	88	A-7-5	4	8	14
S10-1+000	32	1.40	A-7-6	3	6	9
S11-1+100	0	60	A-5	6	12	17
	60	95	A-5	6	10	14
S12-1+200	34	95	A-7-6	2	5	8
S13-1+300	0	78	A-7-5	3	7	11
S14-1+400	31	1.50	A-7-6	2	6	9
S15-1+500	35	88	A-7-5	2	7	11
S16-1+600	40	1.50	A-7-6	2	6	9
S17-1+700	37	76	A-7-5	2	7	11
S18-1+800	0	80	A-5	6	10	15
S19-1+900	30	68	A-7-5	2	8	14
	68	1.05	A-7-5	2	7	11
S20-2+000	27	46	A-7-5	2	7	11
	46	1.50	A-7-5	2	7	11
S21-2+100	20	52	A-7-5	2	8	14
	52	1.04	A-7-6	1	6	9
S22-2+200	0	60	A-5	6	12	18
	60	95	A-5	6	10	18
S23-2+300	24	95	A-7-6	1	6	9
S24-2+400	0	55	A-7-6	1	6	9
	55	1.50	A-7-6	1	5	8
S25-2+500	35	88	A-7-5	2	7	11
S26-2+600	38	1.50	A-7-5	2	8	14
S27-2+700	31	1.50	A-7-6	1	5	8

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

3.2.6. Ensayos de Bancos.

Se tomaron 2 de los bancos de material más cercano a la zona, bancos de préstamo material selecto. Los Bancos son de uso conocido en la zona y se encuentran en explotación, por lo que presentan cortes. En la siguiente tabla se plasma nombre y ubicación.

Cuadro-33: Resultados de Laboratorio de Bancos de Materiales.

PROYECTO ESTELI- BARRIO EL ROSARIO - LA THOMPSON													
No. Del Banco	% que pasa por tamiz									L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIF. AASHTO	CBR al 95%
	2"	1½"	1"	¾"	3/8"	#4	#10	#40	#200				
Nº 1	100	99	91	84	77	71	62	43	31	37	9	A-2-4 (o)	61
Nº 2			100	84	70	48	14	7	2	..	NP	A-1-a (o)	86
Observaciones: L.L= Limite Liquido, I.P= Índice de Plasticidad													

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí/ INSUMA (Instituto de Suelos y materiales S.A).

Cuadro-34: Características de los Banco de materiales.

RESULTADOS DE PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DE LOS BANCOS DE MATERIALES									
BANCO No	P.V.S.S. (kg/m3)	P.V.S.C. (kg/m3)	P.V.S. Max. (Kg/m3)	Humedad Óptima (%)	VOLUMEN EXPLOTABLE (m³)	CBR			USO POSIBLE (Nic-2000)
						90%	95%	100%	
1.3 kilómetros al noreste.									
Nº1	1,013	1,141	1,637	16.3%	36,000	40	61.0	86	Sub-base
Est: 1+700 (800 metros ala Izquierda).									
Nº2	1,233	1,348	1,977	8.8%	135,000	47.8	86.0	100	Base, Sub-base
Observaciones: PVSS= Peso Volumétrico Seco Suelto, PVSC= Peso Volumétrico Seco Compacto									

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí/ INSUMA (Instituto de Suelos y materiales S.A).

En el banco de préstamo **Nº1 San Pedro**, el material se describe como una grava pobremente graduada con arcilla y arena, Según la AASHTO su clasificación general es un material regular a pobre este se encuentra entre los suelos con fragmentos grava y arena arcillosa A-2-4 (0) con índice de grupo cero, se encuentre dentro del grupo de suelo A-2, este posee una humedad optima de 16.3%, su densidad seca es de 1, 637 Kg/m3 y posee un CBR de 61%, al 95% próctor modificado sus partículas pasan 71% el tamiz N°4, 62% el tamiz N°10, 43% el tamiz N°4 y 31% el tamiz N°200.

En el banco de préstamo **N#2 La Thompson**, el material se describe como una Grava bien graduada con fragmentos de piedra y arena. Según la AASHTO su clasificación general es un material de excelente calidad se encuentra dentro del grupo de suelos granulares grupo A-1, el material está clasificado dentro del subgrupo como un suelo A-1-a (0) con índice de grupo cero, una humedad optima de 8.8%, su densidad seca es de 1,977 Kg/m³, y posee un CBR de 86%, al 95% próctor modificado, sus partículas pasan 48% el tamiz N°4, 14% el tamiz N°10, 7% el tamiz N°4y 2% el tamiz N°200.

Cuadro-35: Banco de Préstamos Identificados.

BANCO DE PRESTAMOS IDENTIFICADOS			
No. del Banco	Ubicación	Volumen Aproximado (m³)	Uso Probable
Nº 1	De la pelota el Centenario 1.3 kilómetros al noreste.	36,000	Material Selecto
Nº 2	Est: 1+700 (800 metros ala Izquierda).	135,000	Material Selecto

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí/ INSUMA (Instituto de Suelos y materiales S.A).

Cuadro-36: Dimensionamiento de los Bancos de Prestamos.

DIMENSIONES DE LOS BANCOS DE PRESTAMOS		
No. del Banco	Nombre	Dimensiones en metros (largo x alto x ancho)
Banco Nº 1	San Pedro	75x12x40
Banco Nº 2	La Thompson	100x15x90

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí/ INSUMA (Instituto de Suelos y materiales S.A).

3.2.7. Análisis de Bancos de préstamos.

El material de la **base** debe de cumplir con los requisitos propuestos por las normas NIC 2000:

Cuadro-37: Especificaciones de Materiales para Base Granular.

<i>Propiedad</i>	<i>Especificación</i>	<i>Metodología</i>
<i>Límite Líquido</i>	25% máx.	AASHTO-89
<i>Índice Plástico</i>	10% máx.	AASHTO-90
CBR	80% min.	AASHTO-193
<i>Desgaste de los Ángeles</i>	50% máx.	AASHTO-96
<i>Intemperismo Acelerado</i>	12% máx.	AASHTO-104
<i>Compactación</i>	95% min del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba próctor modificado (AASHTO-180)	AASHTO-191 Y/O T-238 (In Situ)

Fuente: Especificaciones NIC-2000 Sección 1003. 09 (a y b), 1003. 23. II (b).

De acuerdo con la **cuadro-37** el banco de préstamo **La Thompson** se puede utilizar como fuente de material para la capa base, debido a que su CBR es mayor al mínimo recomendado 80%, permitido por la Nic 2000, este banco no posee límite líquido ni índice de plasticidad ya que es un tipo de suelo A-1-a(0) con índice de grupo cero, catalogado según las clasificaciones de las AASHTO es un suelo de excelente calidad, el cual se encuentra dentro del grupo A-1, el ensayo desgaste de los ángeles realizado resultó de 48% y el ensayo de Intemperismo acelerado tuvo un resultado de 11%.

De acuerdo con el banco de préstamo San Pedro se puede utilizar como fuente de material para la capa subbase, debido a que su CBR es mayor a 40%, que es el mínimo permitido por la Nic 2000, este banco posee un límite líquido de 37% y un índice de plasticidad de 9%, según la clasificación de la AASHTO es un suelo de regular calidad, se encuentra dentro del grupo de suelo A-2, el ensayo desgaste de los ángeles realizado en los fragmentos rocosos resultó de 39% y el ensayo de Intemperismo acelerado tuvo un resultado de 8%.

El material de **subbase** deberá ser seleccionado y tener mayor valor de soporte (C.B.R) que el material de subrasante y su espesor serán variable según las condiciones y debe de cumplir con los requisitos propuestos por las normas NIC. 2000:

Cuadro-38: Especificaciones de Materiales para Sub-base Granular.

Propiedad	Especificación	Metodología
Límite Líquido	25% máx.	AASHTO-89
Índice Plástico	10% máx.	AASHTO-90
CBR	40% min.	AASHTO-193
Desgaste de los Ángeles	50% máx.	AASHTO-96
Intemperismo Acelerado	12% máx.	AASHTO-104
Compactación	95% min del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba próctor modificado (AASHTO-180)	AASHTO-191 Y/O T-238 (In Situ)

Fuente: Especificaciones NIC-2000 Sección 1003. 09 (a y b), 1003. 23. II (b).

De acuerdo con el **cuadro-38** los dos bancos de préstamos se pueden utilizar como fuente de material para la capa subbase, debido a que su CBR es mayor a 40%, que es el mínimo permitido por la Nic 2000.

Es necesario ver si los bancos se ajustan a las condiciones mínimas granulometría y resistencia (CBR), establecidas en la sección II del Artículo– 1003.23 de la NIC– 2000, en donde se plantean los requisitos que debe cumplir un material utilizado como base granular, después de colocado y compactado. **(Ver Anexo 17-18, Cuadros 138-141, Pág. XXV-XXVI)**

3.3. CBR de Diseño.

Es necesario recordar que el Ensayo CBR (California Bearing Ratio): mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante) en suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, además se utiliza para establecer una relación entre el

comportamiento de los suelos principalmente utilizados como bases y subrasante bajo el pavimento de carreteras.

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.

La Sub- rasante es la capa de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no sea afectada por las cargas de diseño que corresponde al tránsito previsto. En nuestro caso se tomó una profundidad subrasante de 0.40 metros para el diseño del CBR.

Cuadro-39: Especificaciones para terraplenes y materiales para sub- rasante.

<i>Propiedad</i>	<i>Terraplenes</i>	<i>Capa Sub-rasante</i>	<i>Metodología</i>
<i>% de malla Nº 200</i>	40 % Max	30 % Max	AASHTO-11
<i>Limite Liquido</i>	40 % Max	30 % Max	AASHTO-89
<i>Índice Plástico</i>	15 % Max	10 % Max	AASHTO-90
CBR	10 % Min	20 % Max	AASHTO-193
Compactación	95 %Min Del peso volumétrico seco Max obtenido por medio de la prueba Próctor modificado (AASHTO-99)	95 %Min Del peso volumétrico seco Max obtenido por medio de la prueba Próctor modificado (AASHTO-T-180)	AASHTO T-191 y/O T238 (in situ)

Fuente: Especificaciones generales NIC– 2000.

Aplicando 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%**, de los valores individuales obtenidos sean iguales o mayores de acuerdo con el tránsito que se espera que circule por el pavimento, como se muestra en la **cuadro-40**:

Cuadro-40: Criterio del Instituto de Asfalto para determinar CBR de Diseño.

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

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

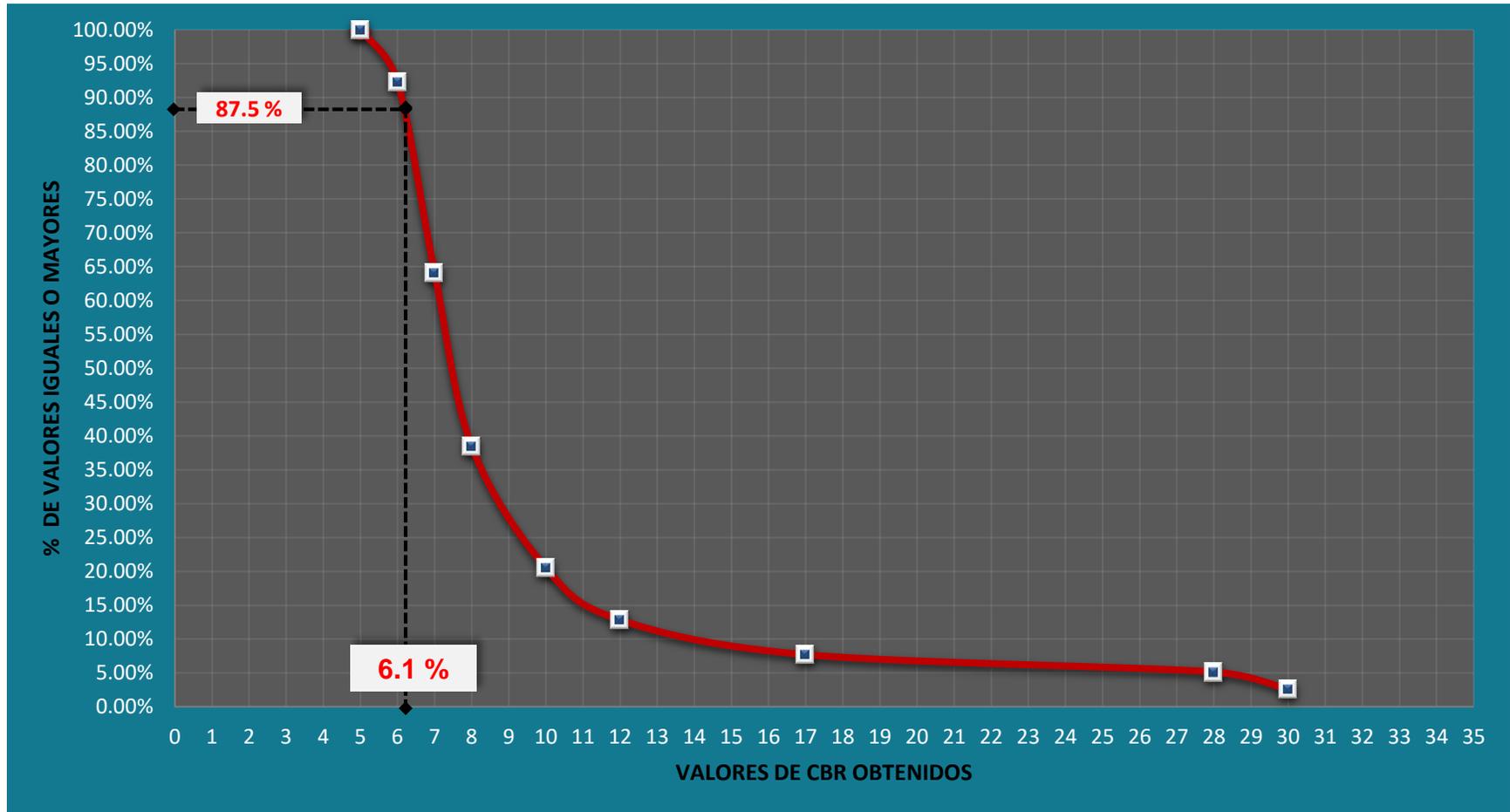
Se eligió el percentil de Diseño **87.5%** ya que el **ESAL's** es de **2,848,718.00**, como se presenta el capítulo de tránsito.

Cuadro-41: Valores para determinar CBR de Diseño.

CLASIFICACION	CBR	Frecuencia	CANTIDAD DE VALORES IGUALES O MAYORES	%
ASSHTO	95%			
A-7-6	5	3	37	100%
A-7-6	6	9	34	92%
A-7-5	7	10	25	68%
A-7-5	8	7	15	41%
A-5	10	3	8	22%
A-5	12	2	5	14%
A-2-4	17	1	3	8%
A-2-4	28	1	2	5%
A-2-4	30	1	1	3%
Total de Valores utilizados=		37		
Total de Muestras			75	
Muestras más próximas a la línea de Subrasante			37	
muestras no utilizados			38	
Profundidad de Subrasante			0.40 metros	
NOTA:				
El valor 37 se refiere al número total de muestras utilizadas, y su frecuencia cumpliendo con su total equivalente.				

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Gráfico-14: CBR de Diseño.



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Se puede demostrar en el gráfico el resultado del CBR de diseño para la sub-rasante fue de **6.1%**. Se asume que este porcentaje se establece como una muestra representativa de los valores de CBR encontrados en los sondeos de línea.

CAPÍTULO IV

DISEÑO DE PAVIMENTO

4.1. Generalidades.

En este capítulo se presenta el diseño de una estructura de pavimento articulado (adoquinado) por el método de la AASHTO 93 que es uno de los métodos que más se emplea en Centroamérica para el diseño de estructuras de pavimento; este método también es aplicable en el diseño de carreteras cuya superficie de rodadura está constituida por pavimento asfáltico.

4. 2. Consideraciones del Diseño AASHTO– 93.

Para el Diseño de la Estructura de Pavimento articulado se deben de tener en cuenta las siguientes variables:

4.2.1. Confiabilidad (R).

Función de la Confiabilidad del diseño o grado confianza en que las cargas de diseño no serán superadas por las cargas reales aplicadas sobre el pavimento.

Es un factor de seguridad que se emplea en el diseño de un pavimento, depende de diversos factores, entre ellos la calidad del estudio de tránsito realizado, la calidad de los materiales, calidad de los estudios de muestreos de suelos y calidad del trabajo de construcción, lo que nos guiará a clasificar de manera funcional la carretera y a la vez el nivel de confiabilidad que presentará esta vía.

Cuadro-42: Niveles de Confiabilidad.

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

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

Al tener una clasificación funcional de **Colectora Suburbana** se Tomó un valor de confiabilidad de **R=80%**.

4.2.2. Desviación Estándar (So).

Desviación estándar del sistema, función de posibles variaciones en las estimaciones de tránsito (cargas y volúmenes) y comportamiento del pavimento a lo largo de su vida de servicio.

Cuadro-43: Desviación Estándar (So) según la condición y tipo de pavimento.

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

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

Se Tomó un valor de Desviación Estándar de **So=0.45**

4.2.3. Coeficiente de Drenaje (m).

El drenaje, es un factor determinante en el comportamiento de la estructura del pavimento a lo largo de su vida útil, y por lo tanto lo es también en el diseño del mismo los coeficientes se muestran en la tabla.

Cuadro-44: Coeficientes de Drenaje.

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

Fuente: Manual AASHTO– 93 Design Requirements.

En este caso se considera un **m=1.00**, dado que se asume una buena capacidad para drenar el agua de la vía en cada una de las capas que conforman el pavimento.

4.2.4. Cálculo del CBR de Diseño.

El ensayo de CBR mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante) de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, además se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente utilizados como bases y sub- rasantes bajo el pavimento de carreteras, 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.

En el capítulo III se realizó el cálculo del CBR de diseño, en el **gráfico-14, pág. 53**, donde el CBR la sub- rasante es de **6.1%** utilizando un percentil de **87.5%**.

4.2.5. Módulo de Resiliencia (MR).

La base para la caracterización de los materiales de sub- rasante 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, por lo tanto, se han establecido correlaciones para calcularlo a partir de otros ensayos, como el CBR. Tomando en cuenta el valor del CBR, utilizaremos la siguiente ecuación para calcular el Módulo de Resiliencia de la Sub- rasante:

Cuadro-45: Correlaciones para cálculo de Modulo de Resiliencia.

Valor de CBR	Consideración
CBR < 10 %	MR= 1500 x CBR Ec-11.
CBR > 10%	MR= 4,236 x ln(CBR)+ 241 Ec-12.

Fuente: Manual de diseño de Pavimentos AASHTO 1993.

En este caso como se obtuvo un CBR de diseño para la subrasante de **6.1%**, utilizaremos el primer criterio para calcular el módulo resiliente de la subrasante, por tanto:

$$\begin{aligned} \mathbf{MR} &= 1,500 * \mathbf{CBR} \\ \mathbf{MR} &= 1,500 * \mathbf{6.1 \%} \\ \mathbf{MR} &= \mathbf{9,150 \text{ Psi}} \end{aligned}$$

4.2.6. Coeficientes de Capa.

El método asigna a cada capa del pavimento un coeficiente (a_n), los cuales son requeridos para el diseño estructural normal de los pavimentos. Estos coeficientes permiten convertir los espesores reales a números estructurales SN. Estos están representados con la siguiente simbología:

a_1 : Para la carpeta de rodamiento (Adoquín).

a_2 : Para la base granular

a_3 : Para la sub-base.

4.2.6.1. Coeficiente Estructural (a_1).

Se considera el coeficiente de $a_1 = 0.45$ cuando se utiliza adoquín como carpeta de rodamiento, valor tomado del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, Capítulo 7, Diseño de espesores con adoquín, Método AASHTO, página 107.

4.2.6.2. Coeficientes Estructurales para base (a_2) y para Sub-base (a_3).

La determinación del coeficiente estructural a_2 y a_3 se realizó en base a la aplicación del nomograma para base y subbase granular no tratada proporcionado por la Guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993). El valor utilizado para el cálculo a_2 es el del Banco de Préstamo N#2 que corresponde a un CBR de 86%, de acuerdo al gráfico-15, pág. 58 en la línea trazada del nomograma se obtuvo en la escala izquierda un coeficiente estructural de $a_2 = 0.137$ y en la escala derecha un módulo resiliente para base granular de $M_r = 28,600$ PSI.

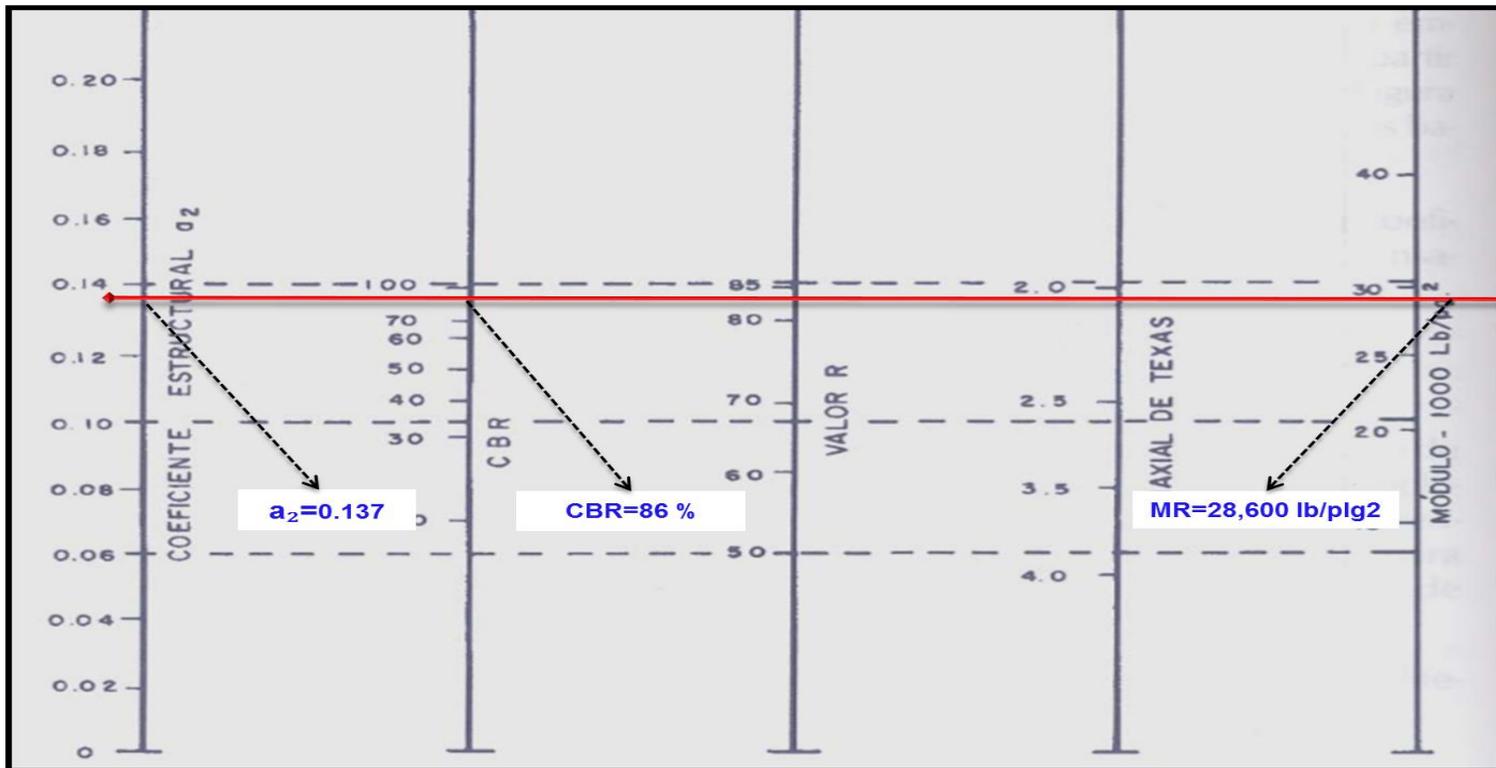
Para el coeficiente estructural a_3 se utilizó el CBR del Banco de Préstamo N#1 que es de 61% de acuerdo con el gráfico-16, pág. 59 en la línea trazada del nomograma se obtuvo en la escala izquierda un coeficiente estructural de $a_3 = 0.129$ y en la escala derecha un módulo resiliente para base granular de $M_r = 18,100$ PSI.

Cuadro-46: Datos para determinar a_2 .

Banco	Ubicación	Tipo de Suelo	CBR (95%)
Banco N° 2	Est. 1+700	A-1-a (0)	86.0%

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí/ INSUMA (Instituto de Suelos y materiales S.A).

Gráfico-15: Valores del coeficiente estructural (a_b) para bases granulares no-tratadas.



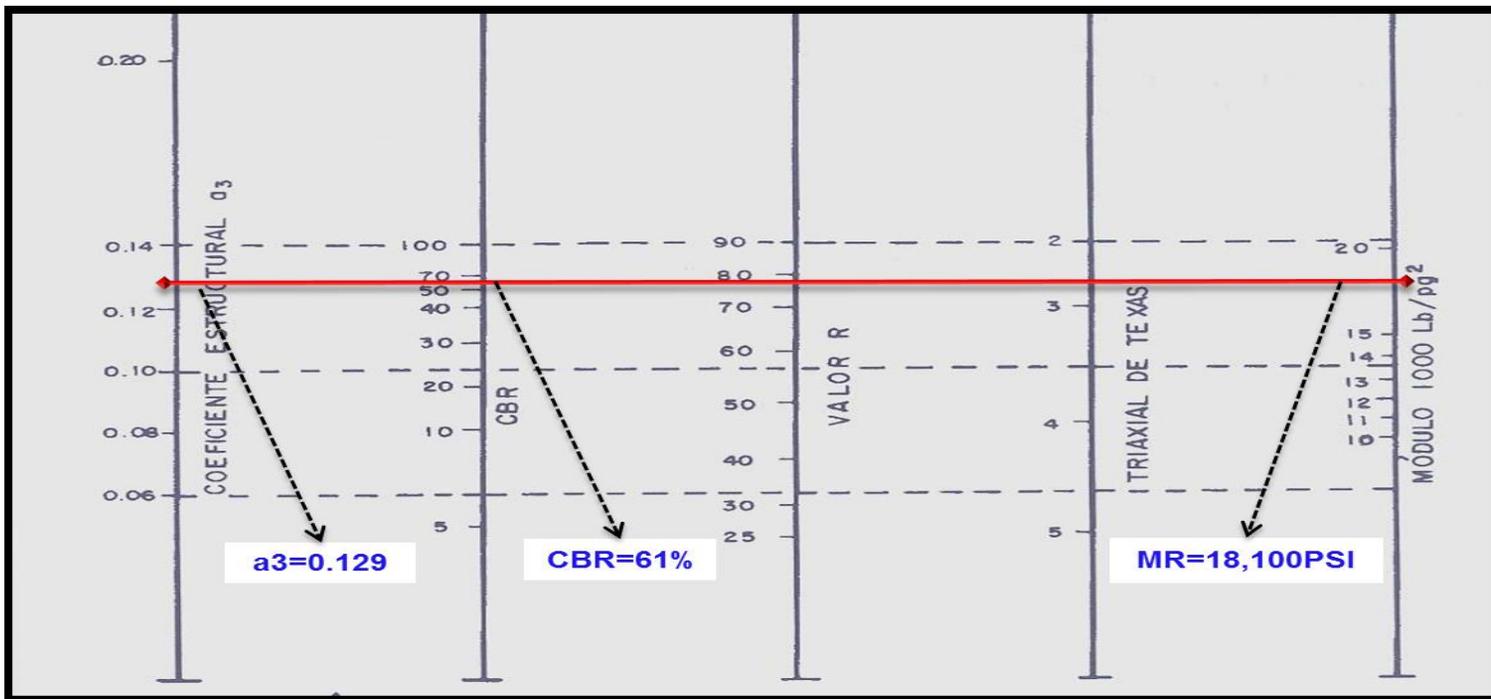
Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93.

Cuadro-47: Datos para determinar a_3 .

Banco	Ubicación	Tipo de Suelo	CBR (95%)
Banco Nº 1	Est. 1.3 km noreste	A-2-4	61.0%

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí/ INSUMA (Instituto de Suelos y materiales S.A).

Gráfico-16: Valores del coeficiente estructural (a_1) para subbases granulares no-tratadas.



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

4.2.7. Números Estructurales.

También conocido como valor de soporte de suelo, es un número asignado para poder representar la Números Estructurales capacidad de soporte de un pavimento. Este número indica la cantidad de espesores o capas que requiere un pavimento para soportar las cargas a las que será sometido durante su vida útil.

El número estructural (SN) se puede expresar por medio de la siguiente ecuación:

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3 \quad (\text{Ec.13})$$

Dónde:

D₁= espesores del Adoquín (pulgadas).

D₂ = espesores de la capa base en (pulgadas).

D₃= espesores de la capa sub– base (pulgadas).

a₁= coeficiente estructural de capa Adoquín, dependiente de su módulo

a₂ = coeficiente estructural de capa Base, dependiente de su módulo

a₃= coeficiente estructural de capa Sub-base, dependiente de su módulo

m₁, m₂, m₃= coeficientes de drenaje para capas no estabilizadas, dependiente del tiempo requerido para drenar y del tiempo en que la humedad se encuentre en niveles cercanos a la saturación.

4.2.7.1. Número Estructural (SN₁).

El Número Estructural (**SN₁**) para la carpeta de rodamiento, debido que utilizará adoquín el espesor será de D₁= 4 pulgadas y Coeficiente de capa (a₁) para adoquín ya está dado, es de 0.45.

Para el cálculo se utilizó la siguiente ecuación:

$$SN_1^* = a_1 * D_1 \quad (\text{Ec.14})$$

$$SN_1^* = (0.45) * (4.00)$$

$$SN_1^* = 1.8$$

Dónde:

a₁= coeficiente estructural del adoquín.

D₁ = espesor del Adoquín (pulgadas).

4.2.7.2. Números Estructurales (SN₂) y (SN₃).

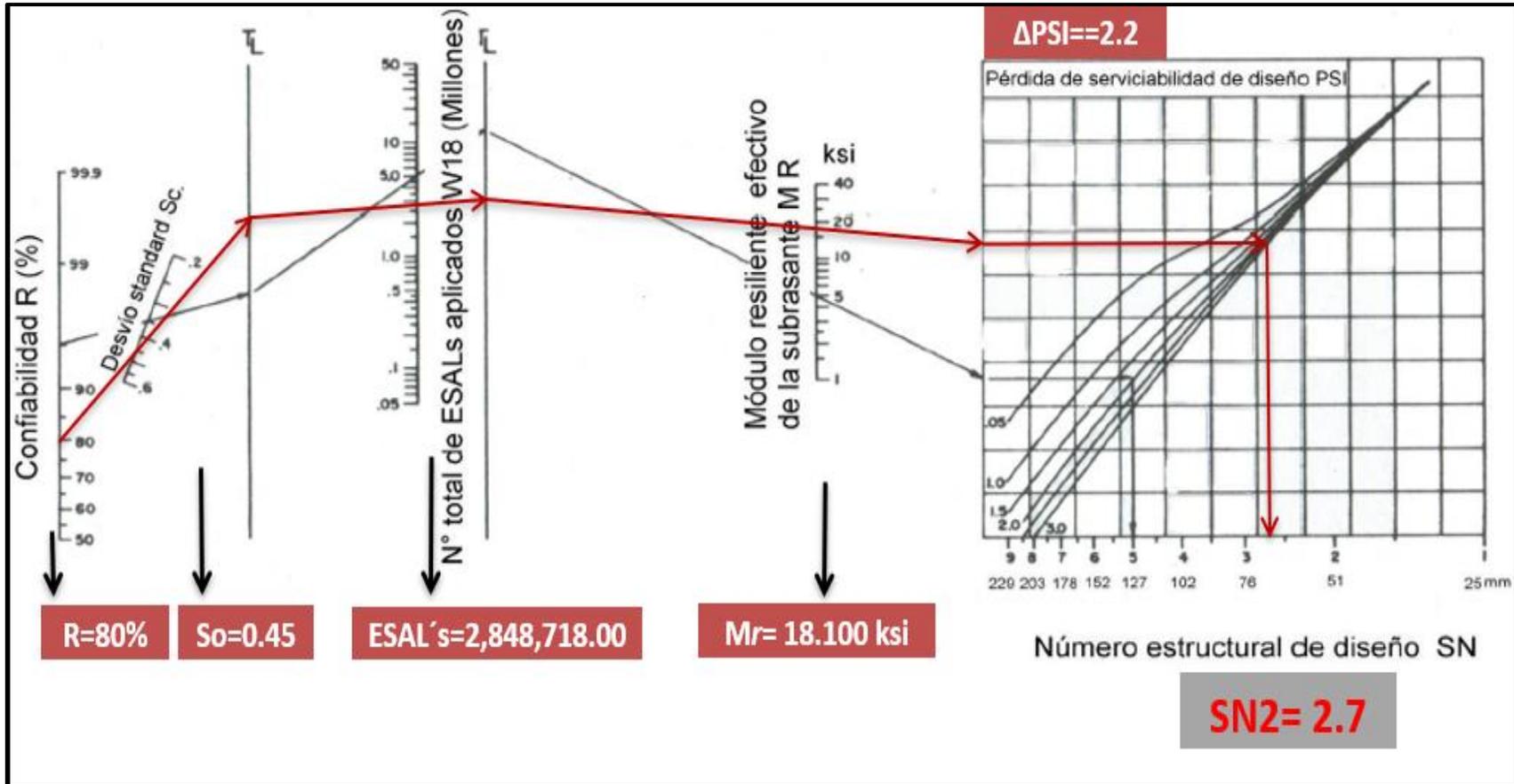
Para el cálculo del Numero Estructural (**SN₂**), eso se utilizó el Ábaco establecido por la Guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993 Pág. 3-40), obteniendo un **SN₂=2.7**. El resultado se muestra en el **Gráfico–17, Pág. 62**.

Para el cálculo del Numero Estructural (**SN₃**) es necesario, para eso se utilizó el Ábaco establecido por la Guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993 Pág. 3-40), obteniendo un **SN₃=3.40**. El resultado se muestra en el **Gráfico–18, Pág. 63**.

En el Ábaco de Diseño los factores de diseño que participan (variables independientes) son los siguientes:

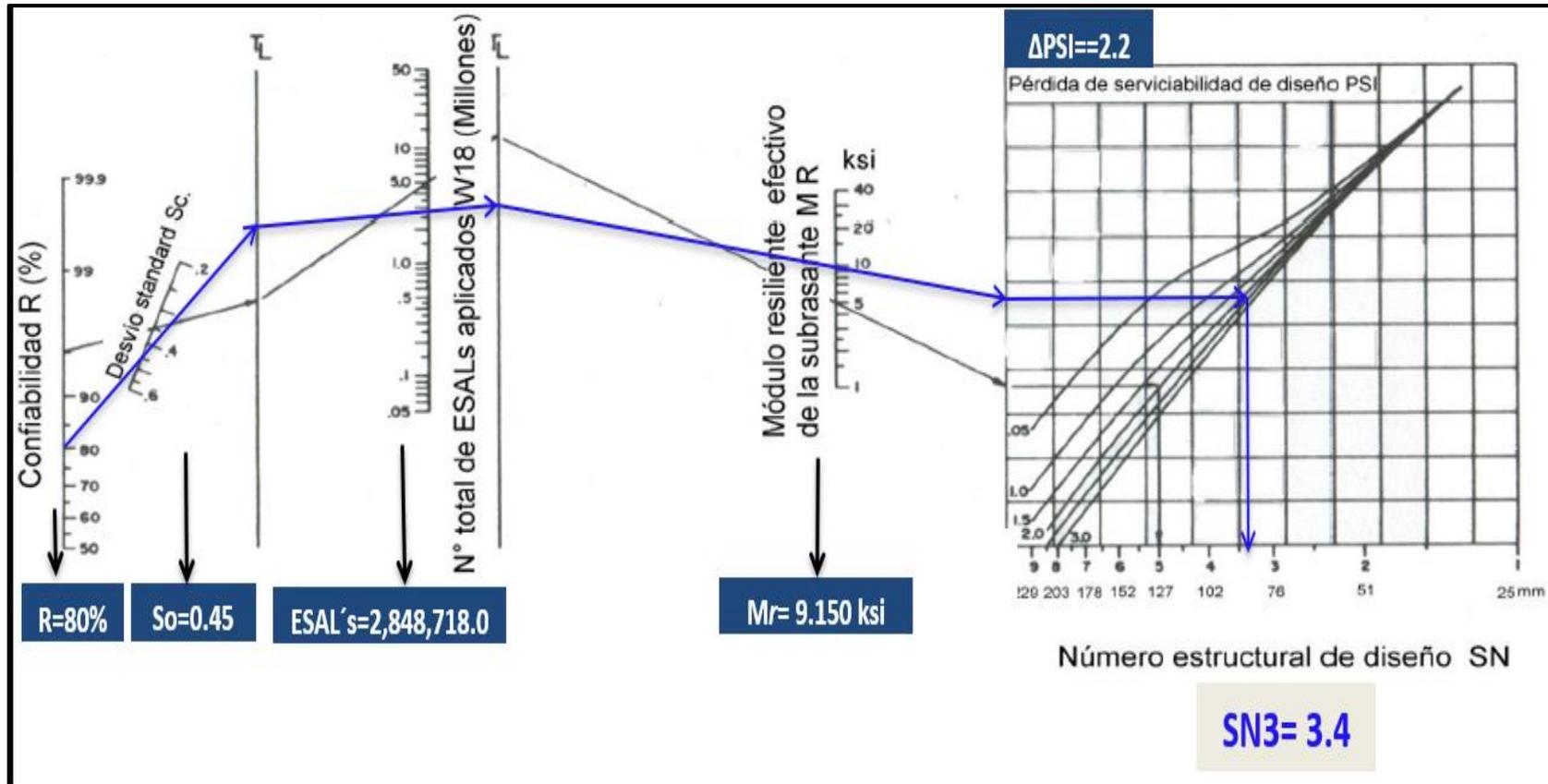
1. La confiabilidad en el diseño (**R= 80%**).
2. La desviación estándar del sistema (**So=0.45**).
3. Cargas equivalentes en el período de diseño (**Wt18= 2,848,718.00**).
4. El valor del Módulo Resiliente del material de Subrasante (**MR=9,150 Ksi**).
5. El valor del Módulo Resiliente del material de Sub-base (**MR=18.100 Ksi**).
6. La pérdida de serviciabilidad en el período de diseño (**ΔPSI=2.2**).
7. Coeficiente de drenaje, (**m=1.00**).

Gráfico -17: Ábaco de Diseño AASHTO, para el Cálculo de SN₂.



Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93 Pág. 3-40.

Gráfico -18: Ábaco de Diseño AASHTO, para el Cálculo de SN_3



Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93 Pág. 3-40.

4.2.8. Cálculo del Espesor de la Base (D₂) y Sub-base (D₃).

Teniendo en cuenta que ya se conoce el valor de SN₁ y SN₂, entonces el valor del espesor de la base se obtiene de la siguiente manera:

$$D_2 = \frac{(SN_2 - SN_1)}{a_2 * m_2} \quad (\text{Ec-15})$$

$$D_2 = \frac{(2.7 - 1.8)}{0.137 * 1.00}$$

$$D_2 = 6.57'' \text{ pulgadas} \quad \text{adoptar } 7.00'' \text{ pulgadas}$$

Cuadro-48: Espesores mínimos sugeridos por capa.

Numero de ESAL's	Espesor mínimo (pulgadas)	
	Concreto Asfáltico	Base Granular y Sub-base Granular
Menos de 50,000	1	4
50,000 - 150,000	2	4
150,000 - 500,000	2.6	4
500,000 - 2,000,000	3	6
2,000,000 - 7,000,000	3.6	6
Más de 7,000,000	4	6

Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993, pág. 3-46.

Se corrige el número estructural (SN₂):

$$SN_2^* = a_2 * D_2 * m_2 \quad (\text{Ec-16})$$

$$SN_2^* = (0.137) * (7.00) * (1.00)$$

$$SN_2^* = 0.959$$

Teniendo en cuenta que el valor de SN₃ resultante fue de **3.40**, entonces el valor del espesor de la Sub-base se obtiene de la siguiente manera:

$$D_3 = \frac{SN_3 - (SN_2^* + SN_1^*)}{a_3 * m_3} \quad (\text{Ec-17})$$

$$D_3 = \frac{3.40 - (0.959 + 1.8)}{0.129 * 1.00}$$

$$D_3 = 4.969 \text{ pulgadas} \quad \text{adoptar } 6.00'' \text{ pulgadas}$$

Los criterios del **cuadro-48, pág. 64**, indican que el resultado del espesor para la Sub-base debe ser el mínimo permitido (6.00 pulgadas).

Se corrige el número estructural (SN₃), utilizando D₃=6.00 pulgadas.

$$SN_3^* = a_3 \times D_3 \times m_3 \quad (\text{Ec-18})$$

$$SN_3^* = 0.129 \times 6.00 \times 1.00$$

$$SN_3^* = \mathbf{0.774}$$

Comprobación.

$$SN_1^* + SN_2^* + SN_3^* \geq \text{SN Requerido} \quad (\text{Ec-19})$$

$$1.8 + 0.959 + 0.774 \geq 3.40$$

$$3.53 \geq 3.40 \quad \mathbf{\text{Cumple ok!}}$$

4.2.9. Resultados Finales.

En base al análisis y a los resultados obtenidos, la estructura de pavimento del tramo Barrio El Rosario- Carretera panamericana, se deberá utilizar adoquín como carpeta de rodamiento, para todo el tramo en estudio, los espesores son los siguientes:

Cuadro-54: Espesores de Diseño.

Capa	Espesor
<i>carpeta de rodamiento (Adoquín)</i>	4 pulgadas
<i>Arena</i>	2 pulgadas
<i>Base granular (banco N° 1)</i>	7 pulgadas
<i>Sub-base granular (banco N° 2)</i>	6 pulgadas
ESPESOR TOTAL	17 pulgadas

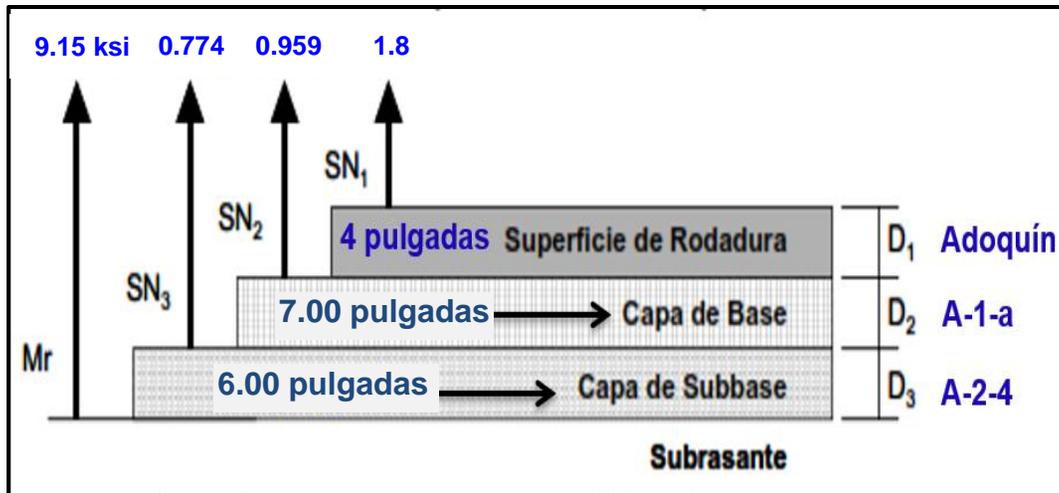
Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Nota:

La arena no es tomada en cuenta en la suma total del espesor requerido, ya que solo cumple la función de servir de cama donde descansara el adoquín y sirve de junta entre los adoquines.

A continuación, se presenta los resultados del paquete estructural diseñado:

Imagen-2: Espesores de Diseño.



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

4.3. Uso del programa WinPAS.

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

Cuadro-49: Espesores de Diseño.

Datos Para Utilizar en WinPAS.	
Confiabilidad (R)	80%
Desviación Estándar (So)	0.45
Capacidad de Servicio Inicial (Po)	4.2
Capacidad de Servicio Final (Pt)	2.0
Número de Ejes Equivalentes (ESAL's)	2,848,718.00
C.B.R. de Diseño	6.1%
Módulo Resiliente Subrasante (MR)	9,150 PSI
Coefficientes Estructurales (a₁, a₂, a₃)	0.45, 0.137, 0.129
Espesores de Diseño en pulgadas (D₁, D₂, D₃)	4.00, 7.00, 6.00
Coefficientes de Drenaje (m₁, m₂, m₃)	1.00

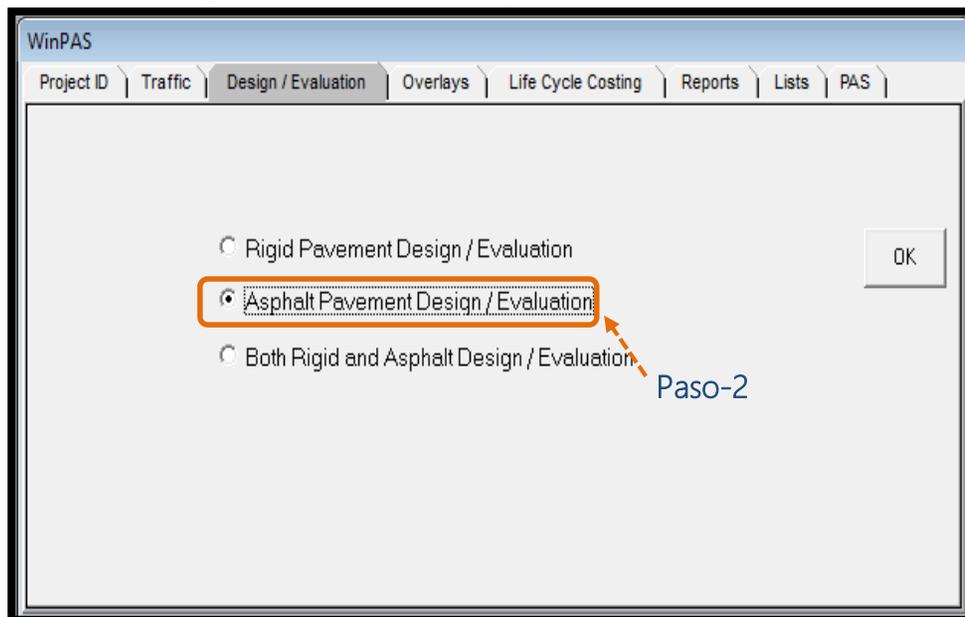
Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Imagen-3: Interfaz del programa (Paso-1).



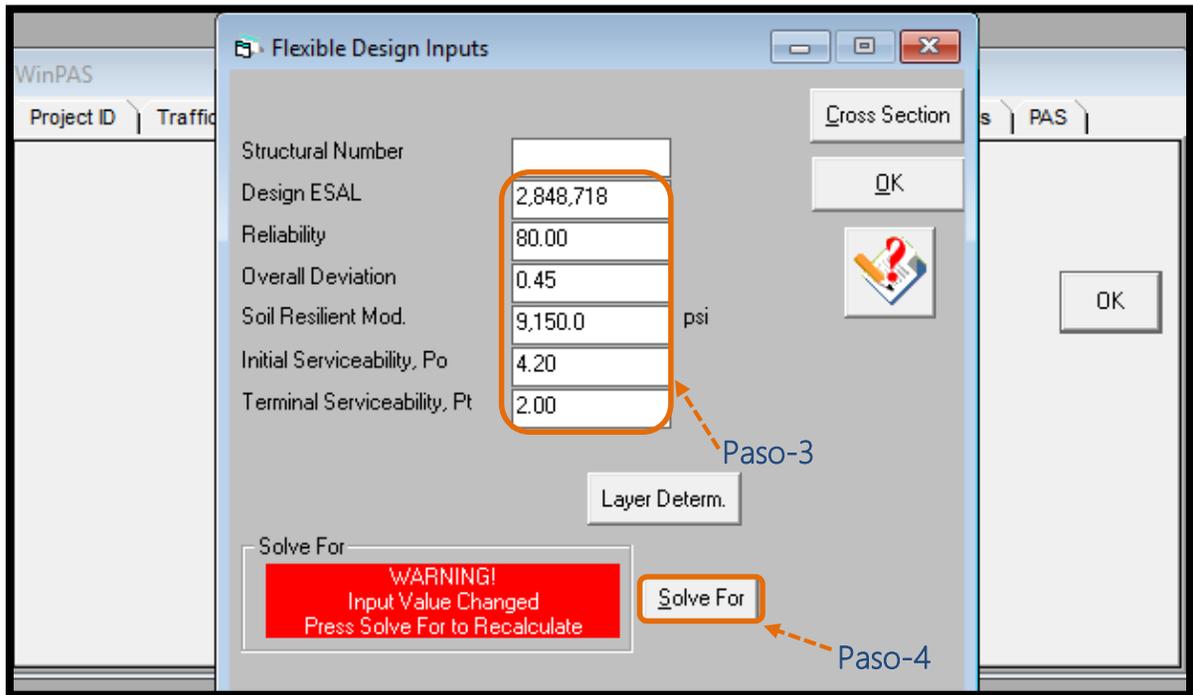
Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Imagen-4: Selección de Tipo de Pavimento (Paso 2).



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

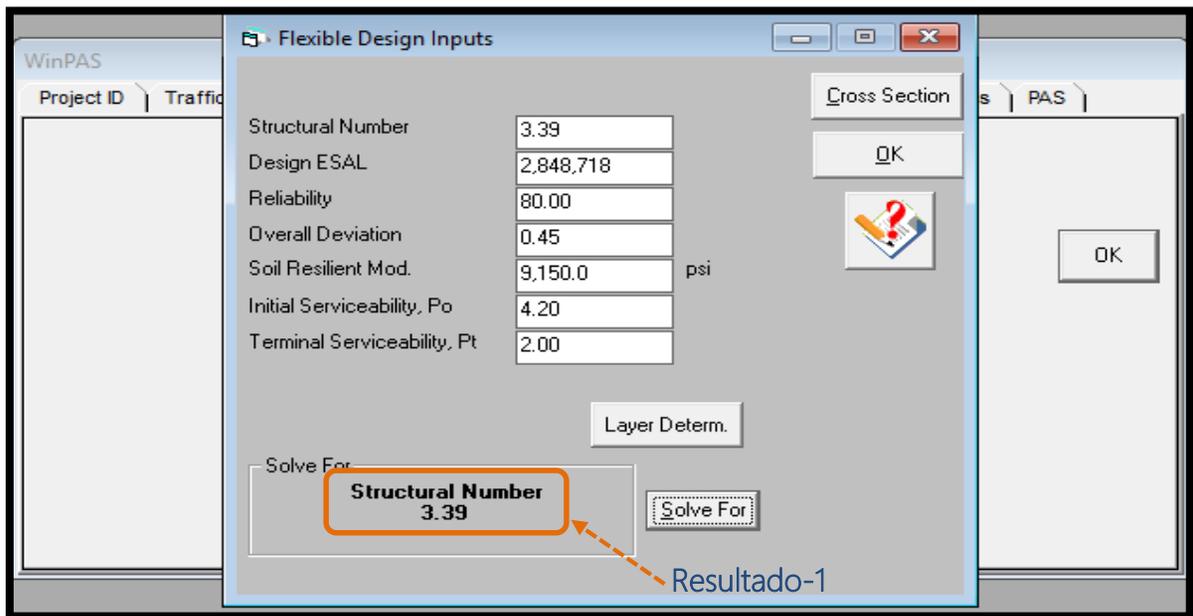
Imagen-5: Introducción de Datos de Diseño (Paso-3 y Paso-4).



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

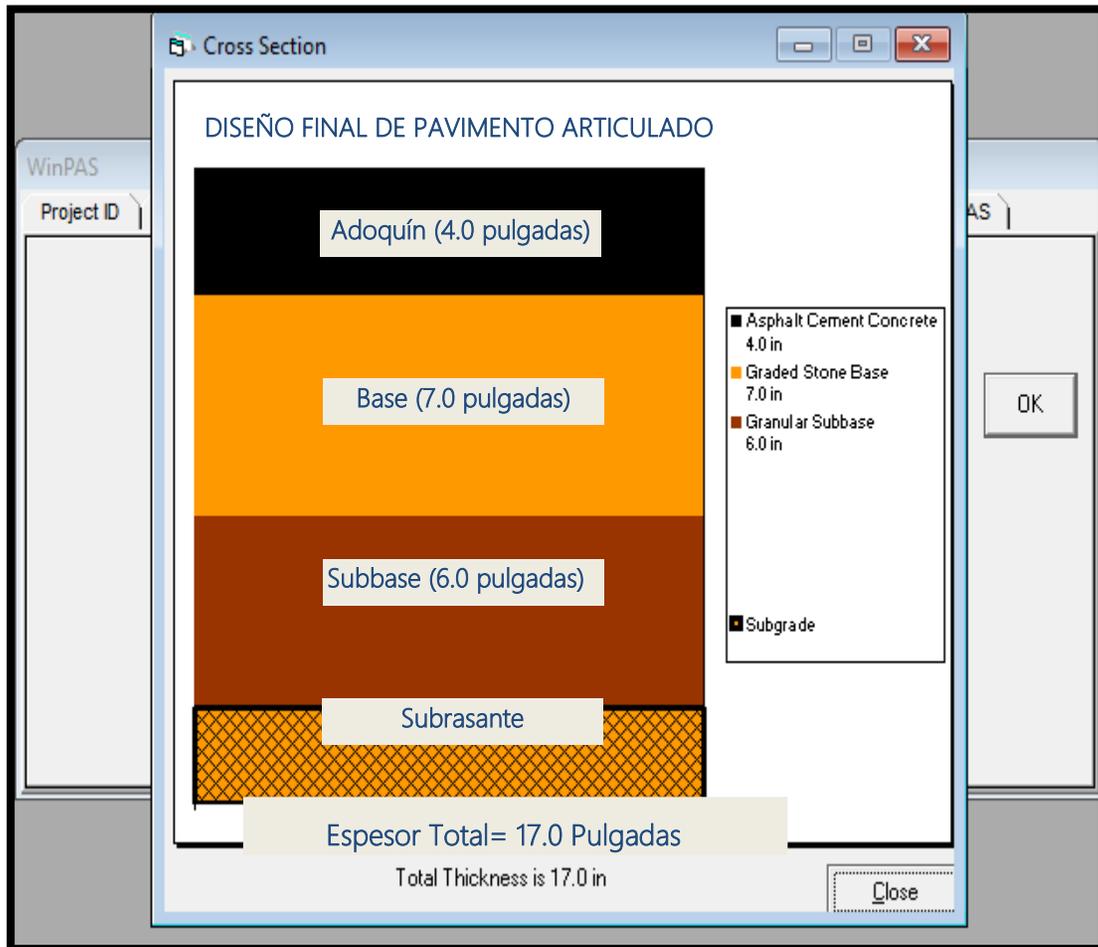
En base a los datos de entrada (Paso-1), el programa calcula el resultado para el número estructural requerido, al dar clic en Solve For (Paso-4).

Imagen-6: Número Estructural obtenido (Resultado-1).



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Imagen – 8: Espesores Finales en WinPAS.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

CAPÍTULO V

ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DISEÑO HIDRÁULICO

5.1. Metodología.

Para alcanzar el objetivo propuesto se realizaron las siguientes actividades:

Una inspección de campo para observar las características topográficas del terreno, tipo de suelo y valorar las condiciones actuales de las estructuras de drenaje contenidas en el tramo en estudio.

Se delimitaron las cuencas hidrográficas de las corrientes. Una vez definidos los datos de las Subcuencas del proyecto, se procedió a realizar los cálculos hidrológicos e hidráulicos. Se tomaron los criterios de diseño del Manual para la Revisión de Estudios Hidrotécnicos de drenaje menor (PAST-DANIDA-2004).

5.1.1. Estudio Hidrológico.

La hidrología es la ciencia que nos ayuda a calcular el escurrimiento que se ha de considerar, o sea predecir lo más preciso posible la magnitud del caudal pico de diseño para varios intervalos de frecuencia.

De acuerdo con la Guía Hidráulica para el Diseño de Estructuras de Drenaje en Caminos Rurales, el estudio hidrológico se recomienda utilizar el **Método Racional** método para cuencas menores a 300 Hectáreas.

5.1.2. Método Racional.

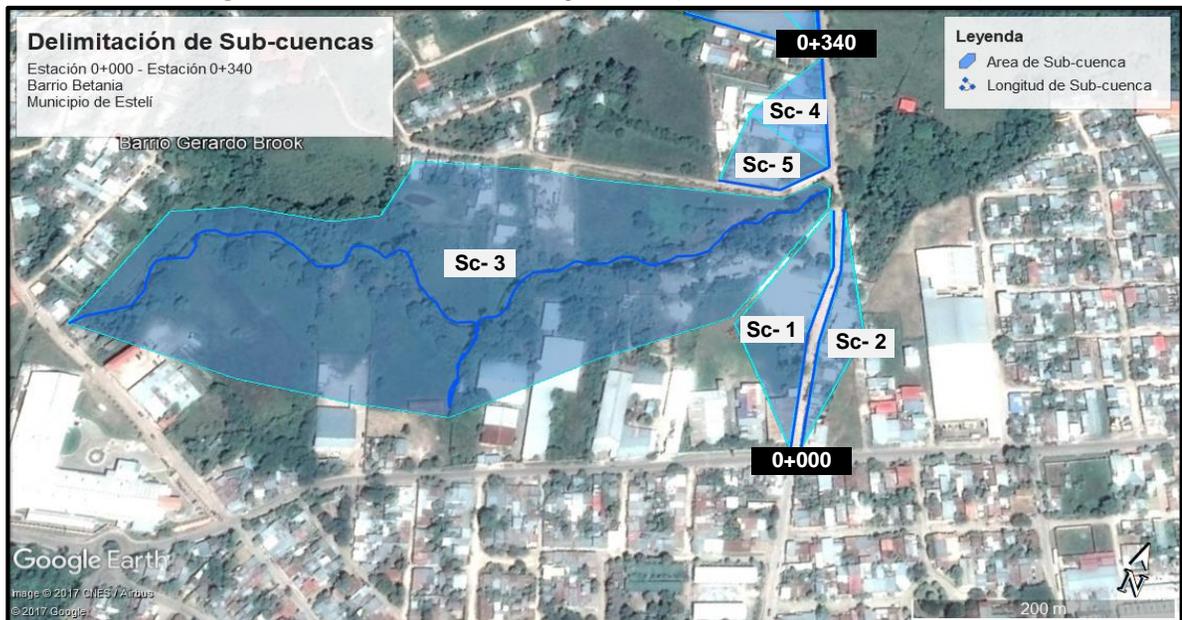
El método utilizado para determinar el caudal del diseño de una cuenca pequeña es el método racional presentado por Emil Kuichling en 1889 y mejorado posteriormente por otros.

Este método asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando todas las partes del área tributaria están contribuyendo con su escorrentía superficial durante un periodo de precipitación máxima. Para lograr esto, la tormenta máxima debe prolongarse durante un periodo igual o mayor que el que necesita la gota de agua más lejana hasta llegar al punto considerado o el tiempo de concentración (T_c).

5.1.2.1. Delimitación de Subcuencas de drenaje.

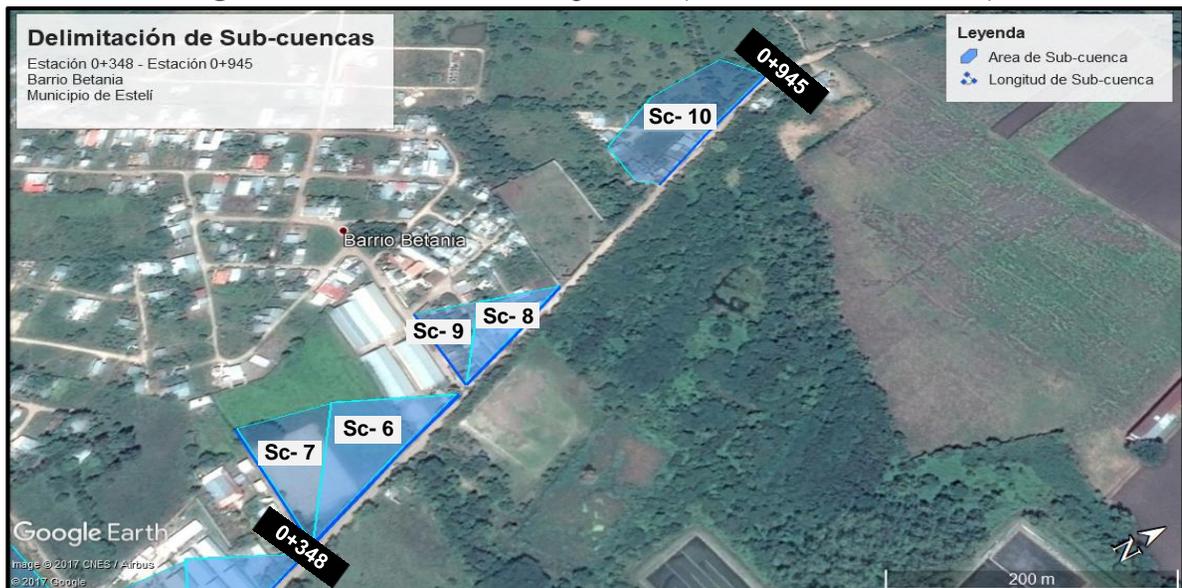
Para determinar el área de drenaje que aporta escorrentía a la vía, se utilizó el programa Google Earth, estas áreas por ser muy pequeñas fueron confirmadas en el campo. Se obtienen las longitudes de las corrientes de cada micro cuenca, así como la elevación máxima y mínima.

Imagen-9: Subcuencas Hidrográficas (Est. 0+000- Est. 0+340).



Fuente: Google Earth Pro (versión 7.3.2.549-2017).

Imagen-10: Subcuencas Hidrográficas (Est. 0+348- Est. 0+945).



Fuente: Google Earth Pro (versión 7.3.2.549-2017).

Imagen-11: Subcuencas Hidrográficas (Est. 1+442- Est. 1+667).



Fuente: Google Earth Pro (versión 7.3.2.549-2017).

Imagen-12: Subcuencas Hidrográficas (Est.2+517- Est. 2+700).

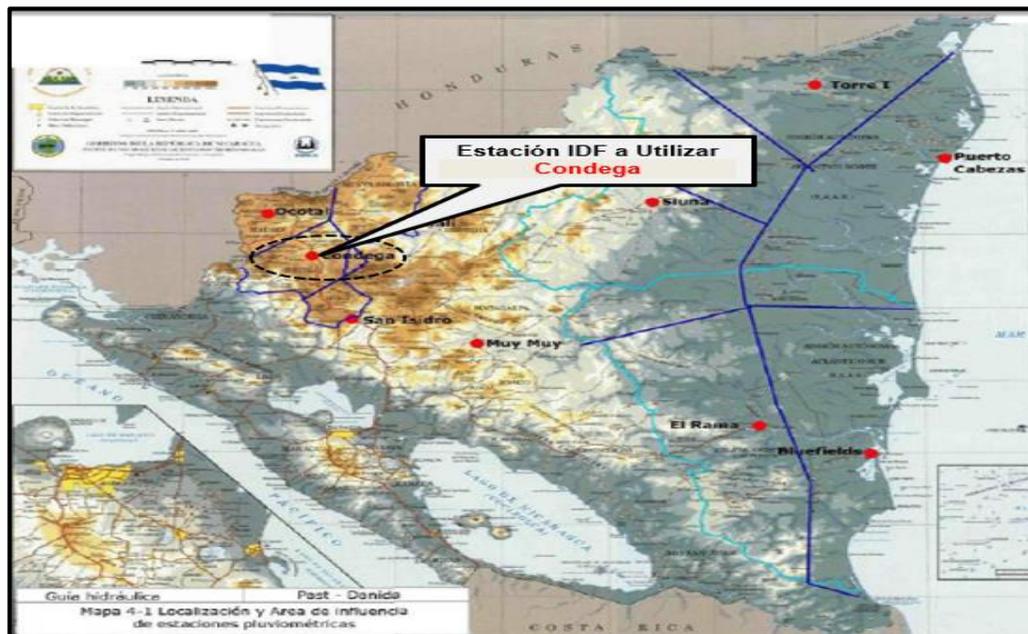


Fuente: Google Earth Pro (versión 7.3.2.549-2017).

5.1.2.2. Intensidad Duración Frecuencia (IDF).

El método tradicional para estimar la precipitación que se debe considerar en el diseño consiste en analizar los datos disponibles en las estaciones meteorológicas próximas a la cuenca que se analiza, en este caso, se eligió la estación meteorológica Condega - Estelí, dicha estación es la más cercana a la zona en estudio. Los datos obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Imagen-13: Mapa de estaciones IDF.



Fuente: INETER, Past- Danida.

Cuadro-50: Factores de ajuste para la estación de Condega.

T Años	R	A	d	b
1.5	-0.9998	2150.861	14.0	1.008
2	-0.9996	3269.357	19.0	1.047
5	-0.9989	3063.418	18.0	0.97
10	-0.9978	2715.039	16.0	0.915
15	-0.9984	4069.531	21.0	0.97
25	-0.9982	4502.393	22.0	0.969
50	-0.9982	5779.707	25.0	0.991
100	-0.0083	8388.430	30.0	1.035

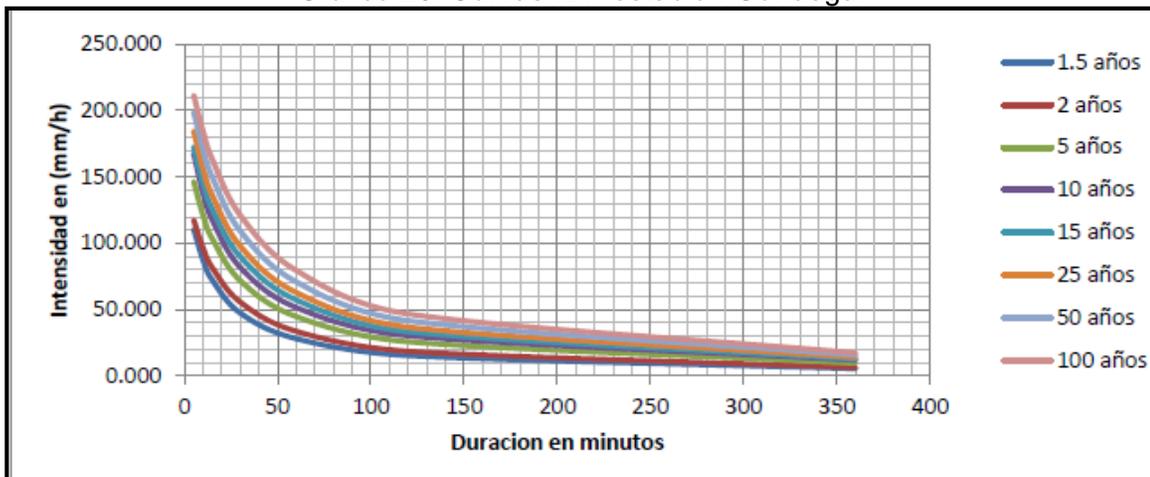
Fuente: INETER, Past- Danida.

Cuadro-51: Intensidades en mm/h obtenidas del ajuste para la estación de Condega.

PR	Duración (minutos)							
	AÑOS	5	10	15	30	60	120	360
1.5	110.500	87.300	72.200	47.400	28.100	15.400	5.500	
2	117.400	96.300	81.500	55.600	33.700	18.700	6.500	
5	146.500	121.000	103.200	71.800	44.800	25.800	9.700	
10	167.500	137.700	117.300	81.700	51.600	30.300	12.000	
15	172.600	145.500	125.900	89.800	57.300	33.500	12.800	
25	184.500	156.500	135.900	97.700	62.900	36.900	14.100	
50	198.800	170.700	149.500	109.100	70.900	41.700	15.900	
100	211.400	184.100	162.900	121.000	79.500	46.800	17.400	

Fuente: INETER, Past- Danida.

Gráfico-20. Curvas IDF estación Condega.



Fuente: INETER, Past- Danida.

5.1.2.3. Período de Retorno.

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 la misma. Como adaptación de la infraestructura ante los procesos del cambio climático, a nuestro criterio establecemos:

En este caso al ser una obra de drenaje longitudinal (Cunetas) y Badenes, se considera un **TR de 25 años**, que es el período de retorno habitual para el diseño de obras de drenaje longitudinal y transversal.

Cuadro-52: Periodo de Retorno para Cunetas.

Tipo de Obra	Condición		Subcuencas	Estación	Periodo de Retorno
	Existente	Nueva			
Cuneta		X	SC-1	0+000 - 0+209	25 años
Cuneta		X	SC-2	0+000 - 0+209	25 años
Cuneta		X	SC-4	0+239 - 0+340	25 años
Cuneta		X	SC-6	0+348 - 0+505	25 años
Cuneta		X	SC-8	0+513 - 0+625	25 años
Cuneta		X	SC-10	0+769 - 0+945	25 años
Cuneta		X	SC-12	1+455 - 1+667	25 años
Cuneta		X	SC-13	2+517 - 2+700	25 años

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Cuadro-53: Periodo de Retorno para Badenes.

Tipo de Obra	Condición		Subcuencas	Estación	Periodo de Retorno
	Existente	Nueva			
Baden		X	SC-5	0+234	25 años
Baden		X	SC-7	0+345	25 años
Baden		X	SC-9	0+508	25 años

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Para calcular el Caudal de diseño para Alcantarillas, usando el Método Racional o el del NRCS de acuerdo con el tamaño de la cuenca, la probabilidad de diseño debe ser para un **TR de 15 años** para **cuencas menores** y 25 años para cuencas medianas. (Loaisiga, Tirado, & Lanza, 2011, pág. 24).

Cuadro-54: Periodo de Retorno para Alcantarillas.

Tipo de Obra	Condición		Subcuencas	Estación	Periodo de Retorno
	Existente	Nueva			
Alcantarilla	X		SC-5	0+234	15 años
Alcantarilla		X	SC-7	0+345	15 años

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

5.1.2.4. Caudal (Q).

Considerando las dimensiones de la cuenca, se usa el Método Racional el cual tiene una base sencilla y lógica que consiste en que el caudal de escorrentía es una proporción del agua de lluvia.

Para este estudio, se considera que las áreas de drenaje menores de 3.0 km², corresponden a cuencas pequeñas, tal como se indica en la Guía Hidráulica para el Diseño de Obras de Drenaje en Caminos Rurales. Para el cálculo del caudal se utiliza la ecuación:

$$Q = 0.2778 * C * I * A \quad (\text{Ecuación 8})$$

Dónde:

Q: Caudal en m³/s.

C: Coeficiente de escorrentía de la cuenca o superficie drenada, es adimensional.

I: Intensidad media de precipitación en mm/h correspondiente al periodo de retorno considerado y a un intervalo igual a tiempo de concentración.

A: Área de drenaje de la cuenca en hectáreas o km

5.1.2.5. Coeficiente de Escorrentía.

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. Se determina con la siguiente ecuación:

$$C = U_s * T_s * P_t \quad (\text{Ecuación 9})$$

Dónde:

U_s: uso del suelo.

T_s: tipo de suelo.

P_t: pendiente del terreno en %

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

Cuadro-55: Criterios para cálculo de Coeficiente de escorrentía “C”.

Uso de Suelo	Us
Vegetación densa, cafetal con sombras, pastos	0.04
Malezas, arbustos, solar Baldío, cultivos perennes, parques, cementerios, campos deportivos	0.06
Sin Vegetación o con cultivos anuales	0.10
Zonas suburbanas (viviendas, negocios)	0.20
Casco Urbano y zonas industriales	0.30-0.50
Tipo de Suelo	Ts
Permeable (terreno arenoso, ceniza volcánica, pómez)	1.00
Semipermeable (terreno arcilloso arenoso)	1.25
Impermeable (terreno arcilloso, limoso, marga)	1.50
Pendiente del Terreno (%)	Pt
0.0-3.0	1.00
3.1-5.00	1.50
5.1-10.0	2.00
10.1-20.0	2.50
20.1 y mas	3.00

Fuente: Loaisiga Tirado & Lanza (2011).

Los valores del tipo de suelo, uso de suelo y pendiente del suelo obtenidos son:

Cuadro-56: Datos de Us, Ts y Pt (Cunetas).

Sub Cuenca	Uso del Suelo	Us	Tipo de Suelo	Ts	Pendiente del Terreno (%)	Pt
SC-1	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	0.0 - 3.00	1.00
SC-2	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	0.0 - 3.00	1.00
SC-4	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	0.0 - 3.00	1.00
SC-6	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	0.0 - 3.00	1.00
SC-8	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	0.0 - 3.00	1.00
SC-10	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	0.0 - 3.00	1.00
SC-12	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	5.1 - 10.0	2.00
SC-13	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	0.0 - 3.00	1.00

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Cuadro-57: Datos de Us, Ts y Pt (Badenes).

Sub Cuenca	Uso del Suelo	Us	Tipo de Suelo	Ts	Pendiente del Terreno (%)	Pt
SC-5	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	0.0 - 3.00	1.00
SC-7	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	0.0 - 3.00	1.00
SC-9	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	0.0 - 3.00	1.00

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Cuadro-58: Datos de Us, Ts y Pt (Alcantarillas).

Sub Cuenca	Uso del Suelo	Us	Tipo de Suelo	Ts	Pendiente del Terreno (%)	Pt
SC-3	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	0.0 - 3.00	1.00
SC-11	Zona Urbana	0.20	impermeable	1.50	0.0 - 3.00	1.00

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

5.1.2.6. Pendiente (Sc).

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

$$S_c = \frac{H_{max} - H_{min}}{L} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Dónde:

Sc: Pendiente en m/m.

Hmáx: Elevación máxima de la subcuenca.

Hmín: Elevación mínima de la subcuenca.

L: Longitud.

Cuadro-59: Pendiente (Cunetas).

Sub Cuenca	Estación	Long. de cuenca	Elev. Superior	Elev. Inferior	Sc	
		Metros	msnm	msnm	m/m	%
SC-1	0+000 - 0+209	209	829	827	0.0096	0.96%
SC-2	0+000 - 0+209	209	828	827	0.0048	0.48%
SC-4	0+239 - 0+340	101	830	828	0.0198	1.98%
SC-6	0+348 - 0+505	157	828	827	0.0067	0.67%
SC-8	0+513 - 0+625	120	828	827	0.0083	0.83%
SC-10	0+769 - 0+945	176	832	828	0.0250	2.50%
SC-12	1+455 - 1+667	212	840	827	0.0613	6.13%
SC-13	2+517 - 2+700	183	823	821	0.0109	1.09%

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro-60: Pendiente (Badenes).

Sub Cuenca	Estación	Long. de cuenca	Elev. Superior	Elev. Inferior	Sc	
		Metros	msnm	msnm	m/m	%
SC-5	0+234	198	830	829	0.0051	0.51%
SC-7	0+345	276	831	828	0.0109	1.09%
SC-9	0+508	202	832	828	0.0198	1.98%

Fuente: Elaboración Propia.

Cuadro-61: Pendiente (Alcantarillas).

Sub Cuenca	Estación	Long. de cuenca	Elev. Superior	Elev. Inferior	Sc	
		Metros	msnm	msnm	m/m	%
SC-3	0+218	917	836	826	0.0109	1.09%
SC-11	1+442	522	838	827	0.0211	2.11%

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.2.7. 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 calculó aplicando el método del proyecto Hidrometeorológico Centroamericano.

$$tc = 0.0041 \left[\frac{3.28L}{\sqrt{Sc}} \right]^{0.77} \quad (\text{Ecuación 11})$$

Dónde:

Tc: Tiempo de concentración en minutos.

L: Longitud máxima en metros.

S: Pendiente media del terreno.

En las cuencas muy pequeñas en donde los valores de T sean menores a 5 minutos, se debe tomar este valor como mínimo.

Cuadro-62: Pendiente (Cunetas).

Sub Cuenca	Longitud de cuenca	Sc	Tc Resultante	Tc a Utilizar
	Metros	m/m	minutos	minutos
SC-1	209	0.0096	3.75	5.00
SC-2	209	0.0048	4.90	5.00
SC-4	101	0.0198	1.62	5.00
SC-6	157	0.0067	3.52	5.00
SC-8	120	0.0083	2.58	5.00
SC-10	176	0.0250	2.35	5.00
SC-12	212	0.0613	1.85	5.00
SC-13	183	0.0109	3.22	5.00

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Cuadro-63: Pendiente (Badenes).

Sub Cuenca	Longitud de cuenca	Sc	Tc Resultante	Tc a Utilizar
	Metros	m/m	minutos	minutos
SC-5	198	0.0051	4.60	5.00
SC-7	276	0.0109	4.42	5.00
SC-9	202	0.0198	2.76	5.00

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Cuadro-64: Pendiente (Alcantarillas).

Sub Cuenca	Longitud de cuenca	Sc	Tc Resultante	Tc a Utilizar
	Metros	m/m	minutos	minutos
SC-3	917	0.0109	11.13	11.13
SC-11	522	0.0211	5.60	5.60

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

5.1.2.8. Intensidad de lluvia y Cálculo de Caudales (Q).

La intensidad se expresa como el promedio de la lluvia en mm/hora para un periodo de retorno determinado y una duración igual al del tiempo de concentración (Tc) de la cuenca, se calcula mediante la ecuación:

$$I = \frac{A}{(Tc + d)^b} \quad (\text{Ecuación 12})$$

Dónde:

I: Intensidad de lluvia en mm/h.

A, d y b: son coeficientes que se determinan por mínimos cuadrados con los datos de intensidades de lluvias proporcionados por INETER.

Tc: Tiempo de concentración en minutos.

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, de 15 años para alcantarillas y 25 años para Badenes.

Cuadro-65: Valores a utilizar de A, d y b.

Tipo de Obra	PR (años)	A	d	b
Cunetas	25	4502.393	22	0.969
Badén	25	4502.393	22	0.969
Alcantarilla	15	4069.531	22	0.969

Fuente: INETER, Past– Danida.

Cuadro-66: Cálculo de Intensidades (Cunetas).

Sub Cuenca	Periodo de Retorno (PR)	Área km ²	C	tc	A	d	b	I mm/hora
	años			minutos				
SC-1	25	0.0065	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694
SC-2	25	0.0031	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694
SC-4	25	0.0032	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694
SC-6	25	0.0056	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694
SC-8	25	0.0027	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694
SC-10	25	0.0105	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694
SC-12	25	0.0057	0.600	5	4502.393	22	0.969	184.694
SC-13	25	0.0064	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Cuadro-67: Cálculo de Intensidades (Badenes).

Sub Cuenca	Periodo de Retorno (PR)	Área km ²	C	tc	A	d	b	I mm/hora
	años			minutos				
SC-5	2	0.0065	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694
SC-7	2	0.0093	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694
SC-9	2	0.0046	0.300	5	4502.393	22	0.969	184.694

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Cuadro-68: Cálculo de Intensidades (Alcantarillas).

Sub Cuenca	Periodo de Retorno (PR)	Área km ²	C	tc	A	d	b	I
	años			minutos				mm/hora
MC-3	15	0.0828	0.300	11.13	4069.531	21	0.97	140.548
MC-11	15	0.0556	0.300	5.60	4069.531	21	0.97	168.831

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

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

Cuadro-69: Caudales de diseño (Cunetas).

Sub Cuenca	Área	C	I	Caudal
	km ²		mm/hora	m ³ /s
SC-1	0.0065	0.300	184.694	0.101
SC-2	0.0031	0.300	184.694	0.047
SC-4	0.0032	0.300	184.694	0.050
SC-6	0.0056	0.300	184.694	0.086
SC-8	0.0027	0.300	184.694	0.041
SC-10	0.0105	0.300	184.694	0.161
SC-12	0.0057	0.600	184.694	0.175
SC-13	0.0064	0.300	184.694	0.099

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Cuadro-70: Caudales de diseño (Badenes).

Sub Cuenca	Área	C	I	Caudal
	km ²		mm/hora	m ³ /s
SC-5	0.0065	0.300	184.694	0.099
SC-7	0.0093	0.300	184.694	0.144
SC-9	0.0046	0.300	184.694	0.071

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Cuadro-71: Caudales de diseño (Alcantarillas).

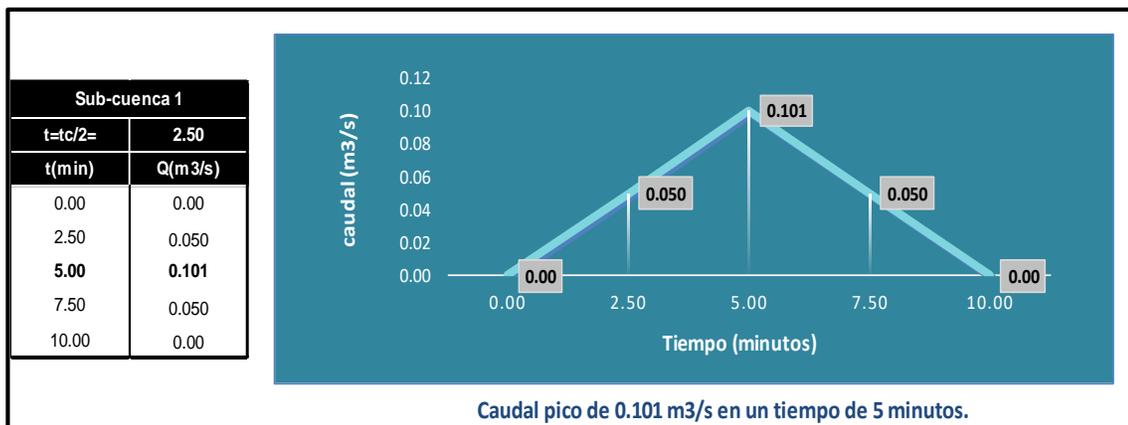
Sub Cuenca	Área	C	I	Caudal
	km ²		mm/hora	m ³ /s
SC-3	0.0828	0.300	140.548	0.970
SC-11	0.0556	0.300	168.831	0.782

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

5.1.2.9. Hidrograma Triangular Sintético.

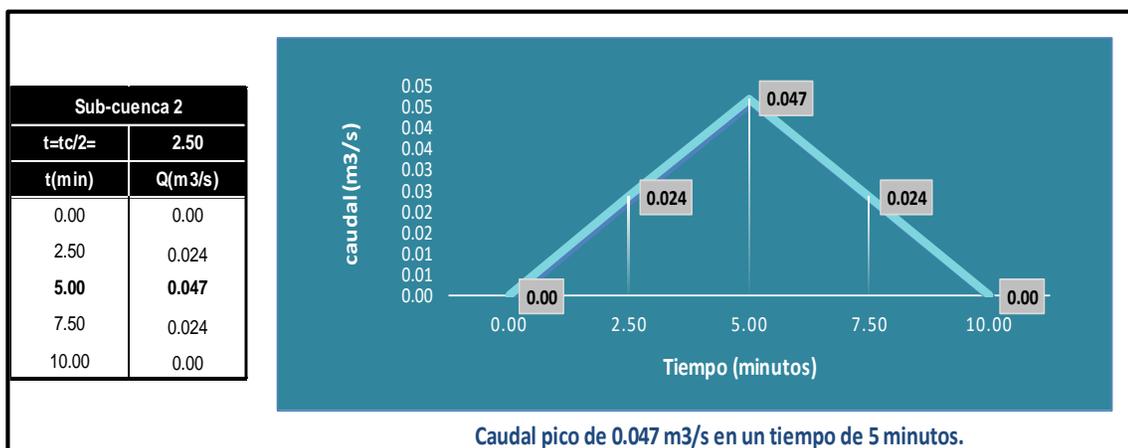
A partir de los datos obtenidos del tiempo de concentración y caudal, se generan los Hidrogramas correspondientes para cada subcuenca. Como criterio se establece que la duración de la lluvia es igual al tiempo de concentración, que a la vez es el tiempo pico del hidrograma; definiendo la ordenada para los valores del caudal y la abscisa para el tiempo. A continuación, se detallan los hidrogramas triangulares sintéticos donde se muestran tiempos y caudales interpolados para Cunetas:

Gráfico-19. Hidrograma Sintético Sc-1 (Cuneta).



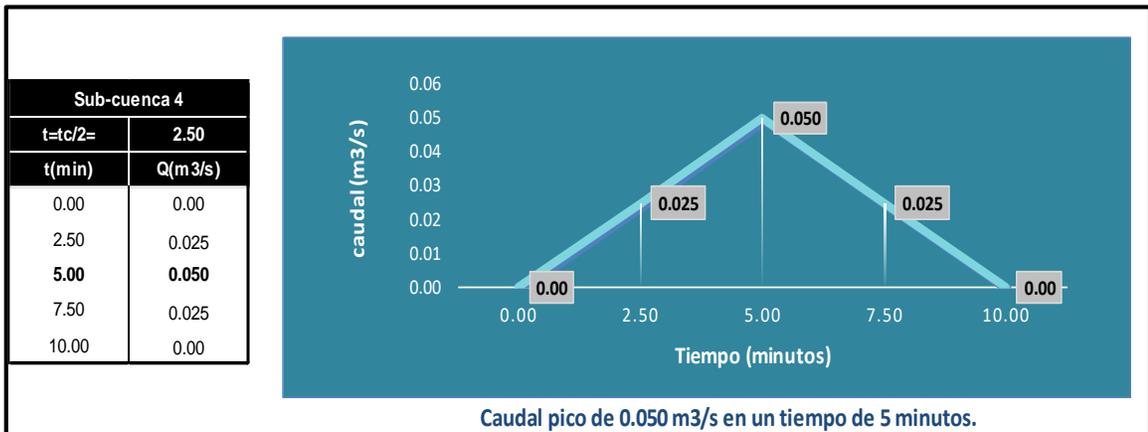
Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Gráfico-20. Hidrograma Sintético Sc-2(Cuneta).



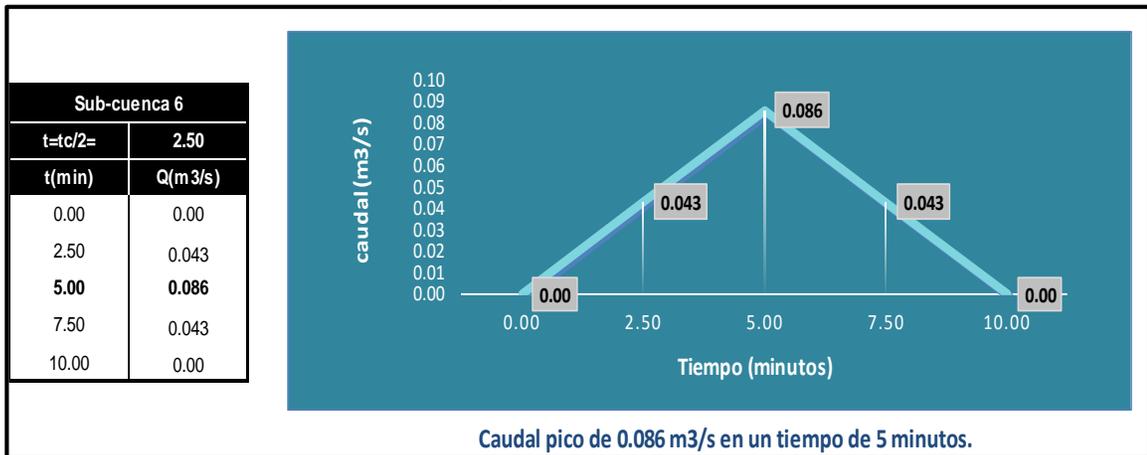
Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Gráfico-21. Hidrograma Sintético Sc-4(Cuneta).



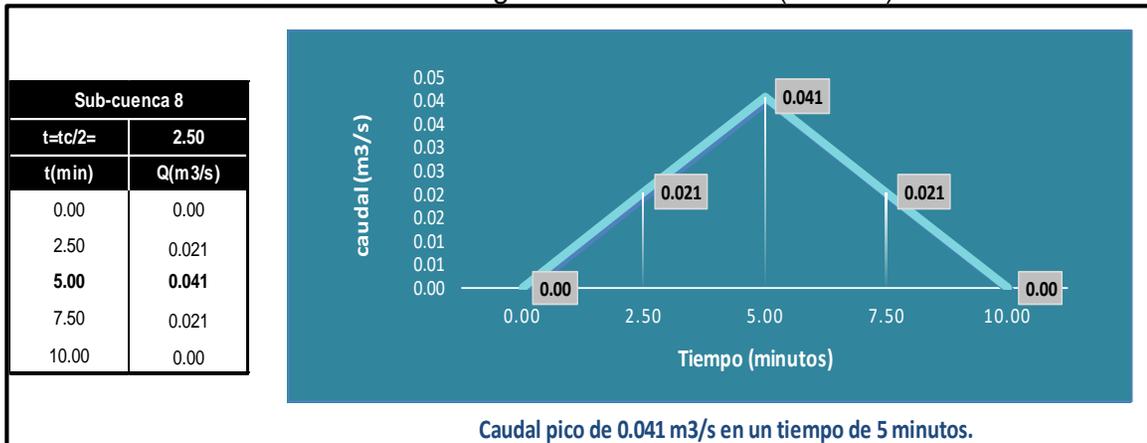
Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Gráfico-22. Hidrograma Sintético Sc-6(Cuneta).



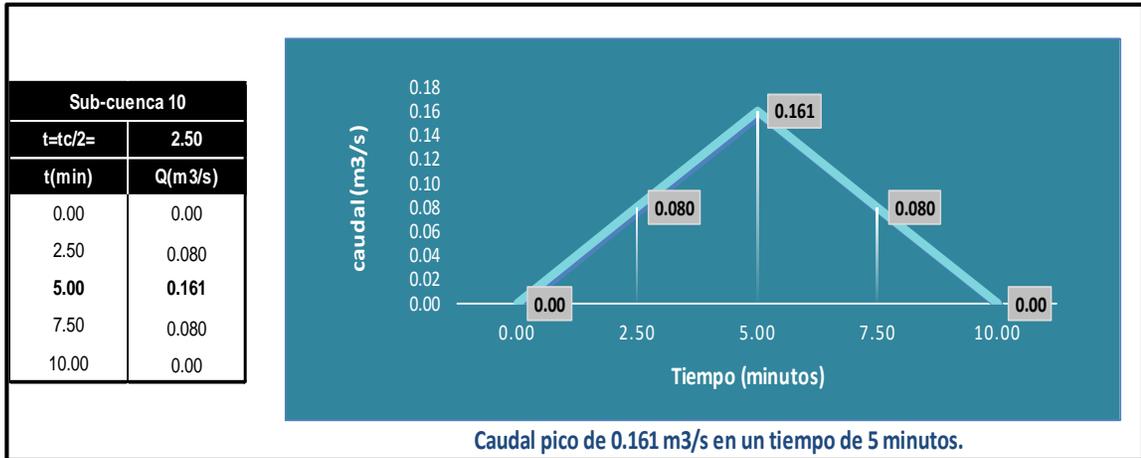
Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Gráfico-23. Hidrograma Sintético Sc-8(Cuneta).



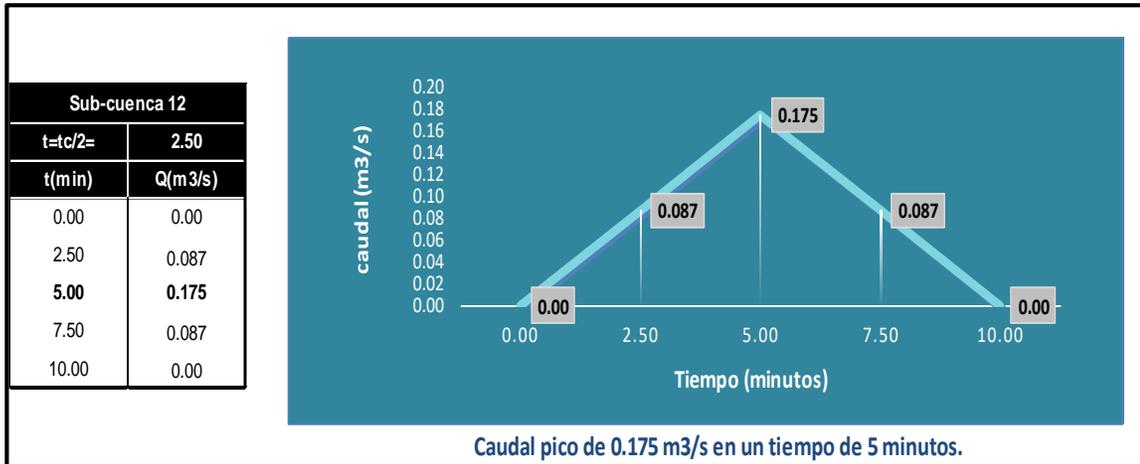
Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Gráfico-24. Hidrograma Sintético Sc-10(Cuneta).



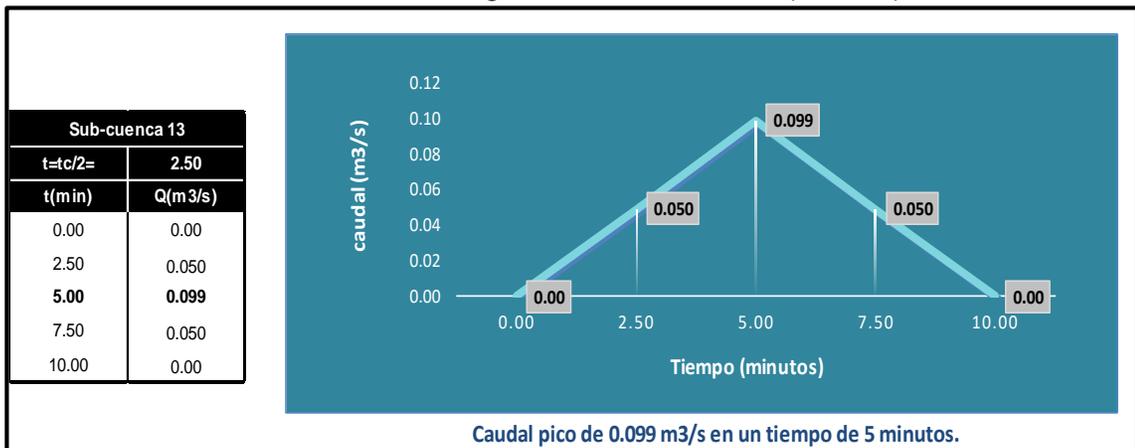
Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Gráfico-25. Hidrograma Sintético Sc-12(Cuneta).



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

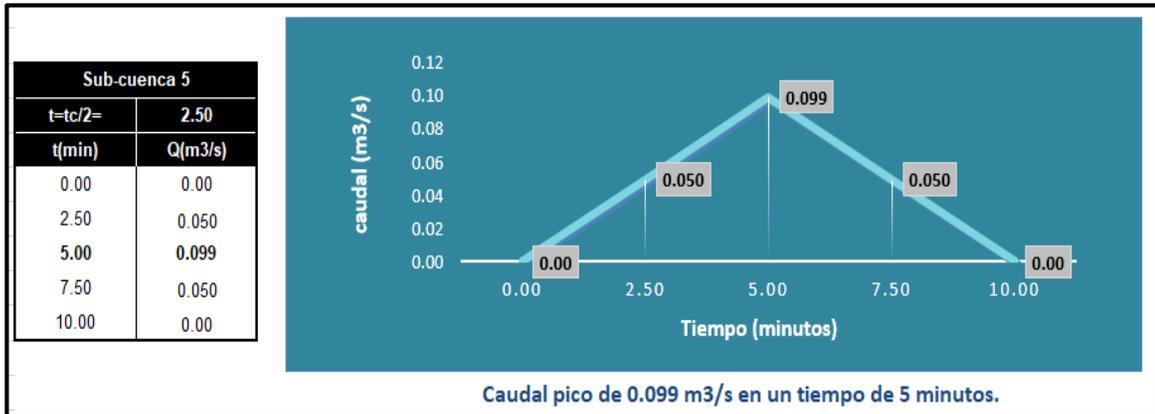
Gráfico-26. Hidrograma Sintético Sc-13(Cuneta).



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

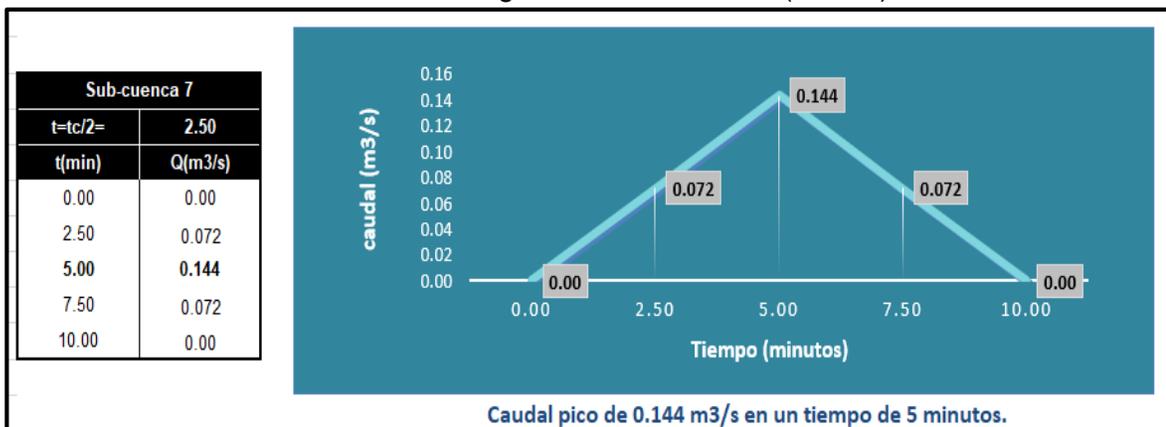
A continuación, se detallan los hidrogramas triangulares sintéticos donde se muestran tiempos y caudales interpolados para **Badenes**:

Gráfico-27. Hidrograma Sintético Sc-5(Badén).



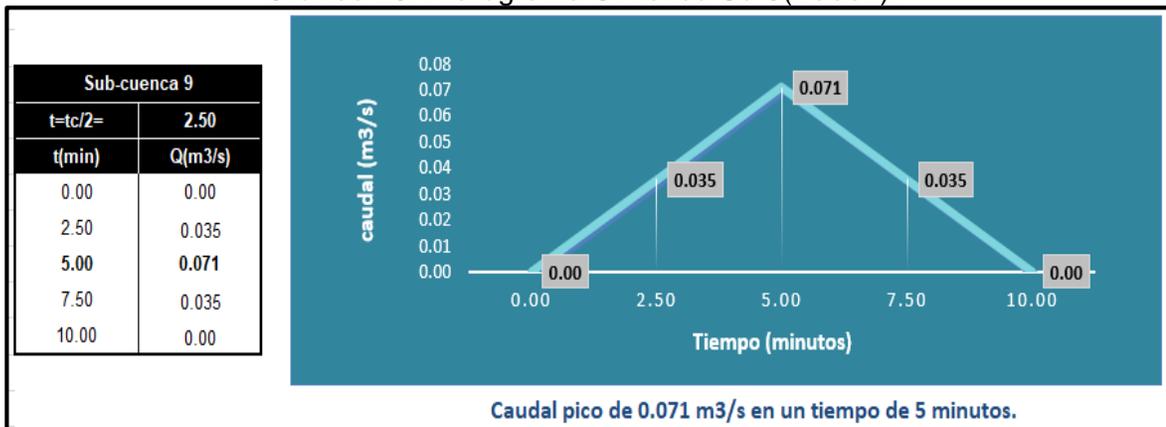
Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Gráfico-28. Hidrograma Sintético Sc-7(Badén).



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

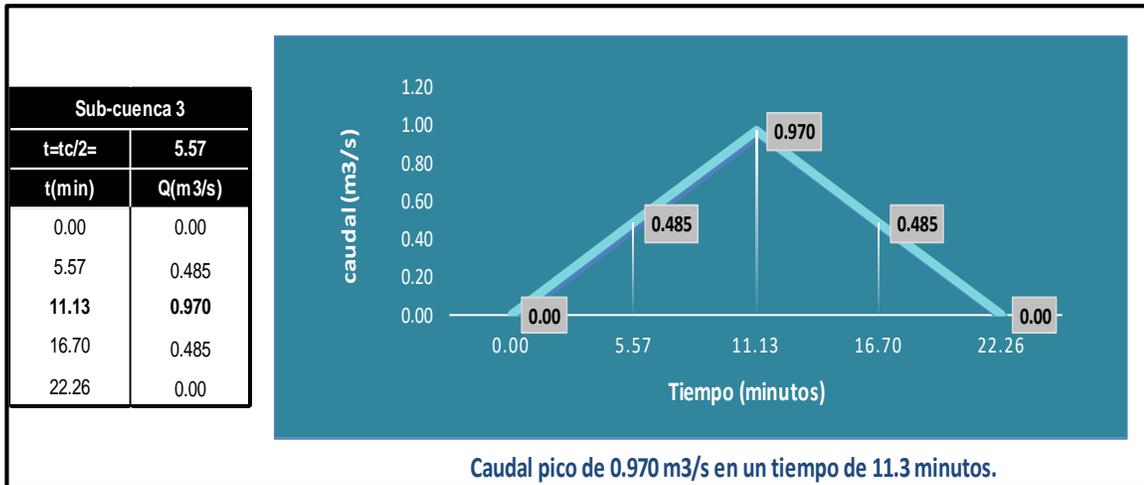
Gráfico-29. Hidrograma Sintético Sc-9(Badén).



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

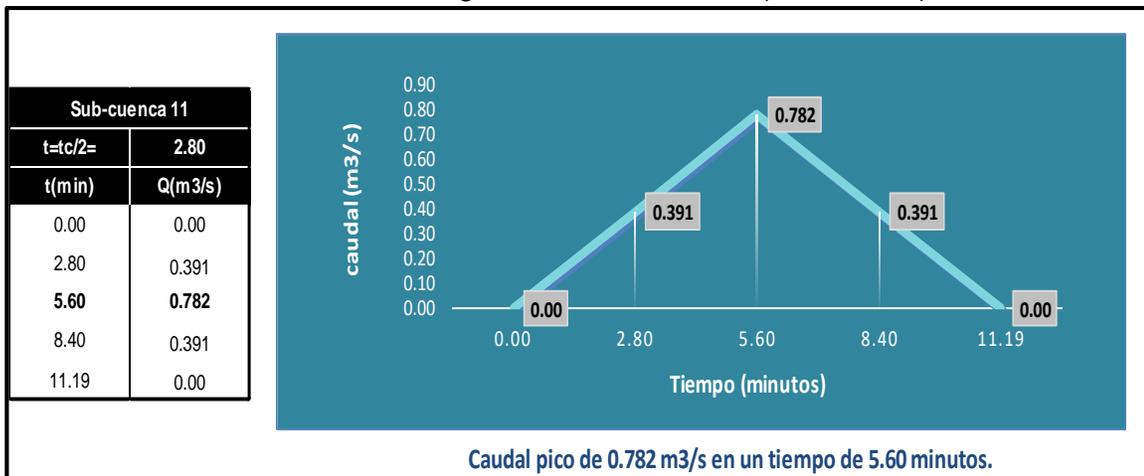
A continuación, se detallan los hidrogramas triangulares sintéticos donde se muestran tiempos y caudales interpolados para **Alcantarillas**:

Gráfico-30. Hidrograma Sintético Sc-3(Alcantarilla).



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Gráfico-31. Hidrograma Sintético Sc-11(Alcantarilla).



Fuente: Elaborado por Sustentantes.

5.2. Diseño Hidráulico.

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.

5.2.1. 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 $n = 0.013$.

Cuadro-72. Coeficientes de rugosidad (n).

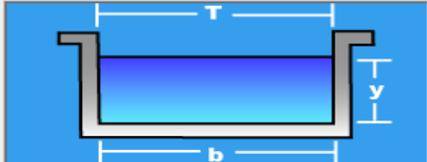
TIPO DE CANAL		NORMAL
NO METALICO	a. Madera	0.012
	Sin tratamiento	0.012
	Tratada	0.015
	Planchas	
	b. Concreto	0.013
	Afinado con plana	0.017
	afinado con fondo de grava	0.017
	Sin Afinar	0.020
	Excavado en roca de buena calidad	0.027
	Excavado en roca descompuesta	
	c. Albañilería	0.025
	Piedra mortero	0.032

Fuente: Hidráulica de Canales Abiertos-1983.

5.2.2. Cálculos Hidráulicos para Cunetas en H canales.

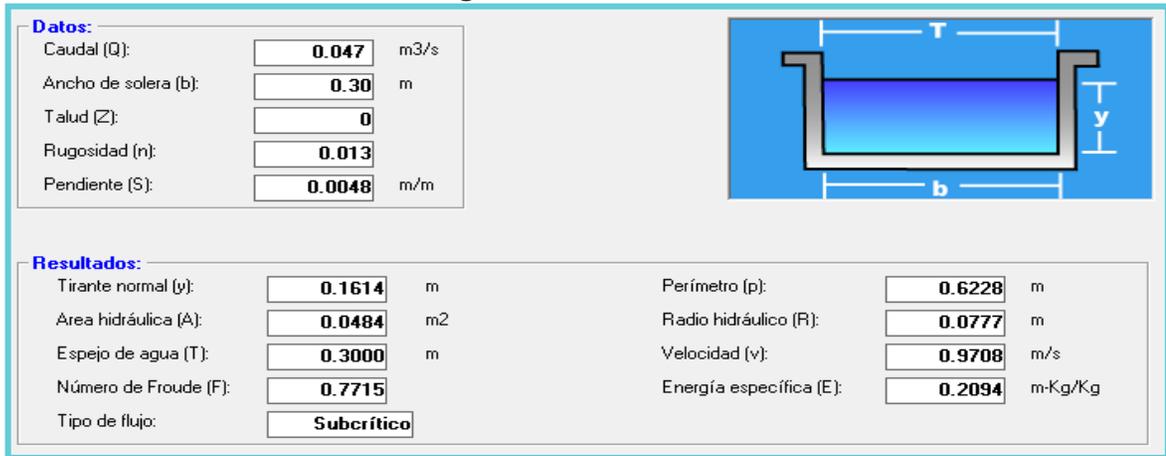
De acuerdo con los cálculos hidrológicos se procede al dimensionamiento de cunetas Urbanas (caite y de bordillo), en el programa se utilizó una sección Rectangular, ya que es la sección que más se asemeja al tipo de obra propuesta, además los cálculos se realizaron proponiendo un Caite (Ancho de Solera, b), de 0.30 metros.

Imagen-14: Cuneta SC-1.

Datos:			
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.101"/> m3/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="0.0096"/> m/m		
Resultados:			
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.2230"/> m	Perímetro (p):	<input type="text" value="0.7459"/> m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0669"/> m2	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0897"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.3000"/> m	Velocidad (v):	<input type="text" value="1.5100"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.0210"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="0.3392"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>		

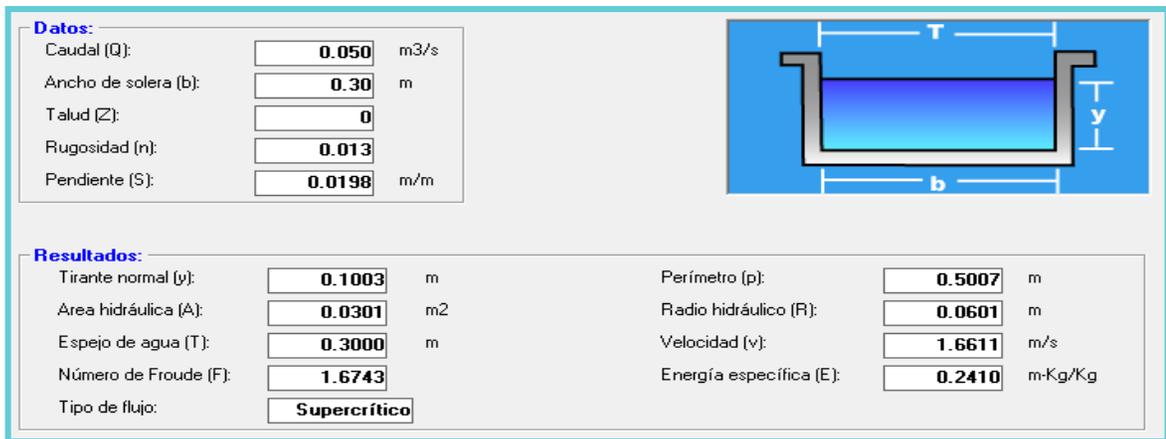
Fuente: Hcanales.

Imagen-15: Cuneta SC-2.



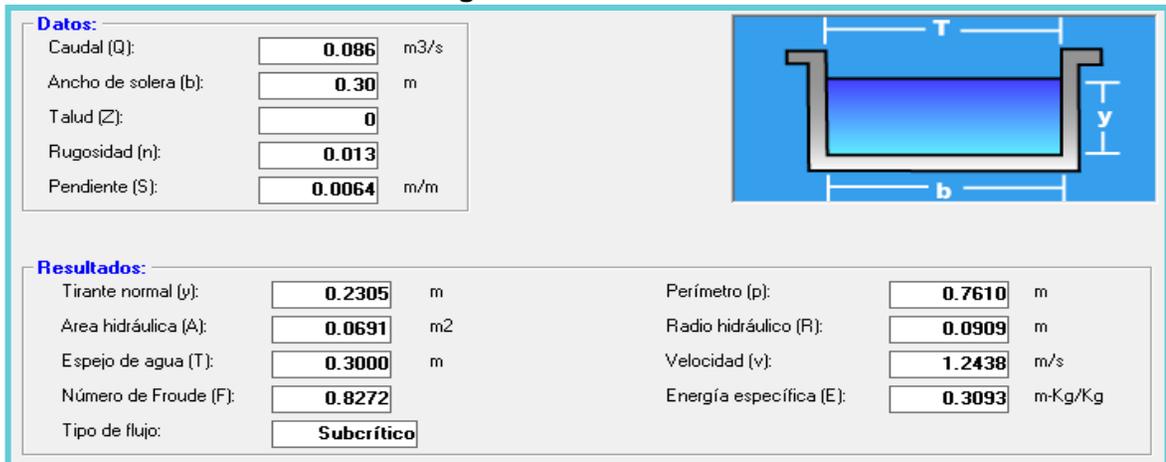
Fuente: Hcanales.

Imagen-16: Cuneta SC-4.



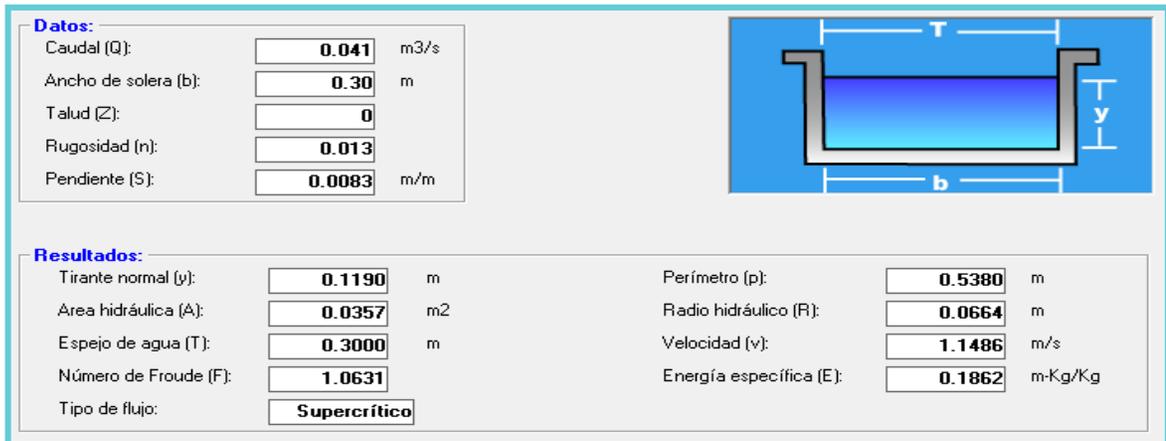
Fuente: Hcanales.

Imagen-17: Cuneta SC-6.



Fuente: Hcanales.

Imagen-18: Cuneta SC-8.



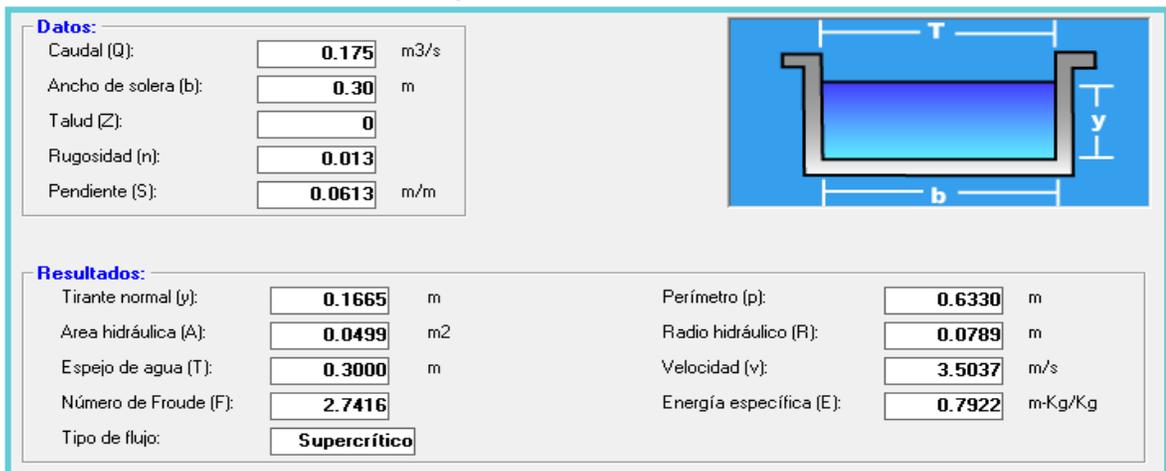
Fuente: Hcanales.

Imagen-19: Cuneta SC-10.



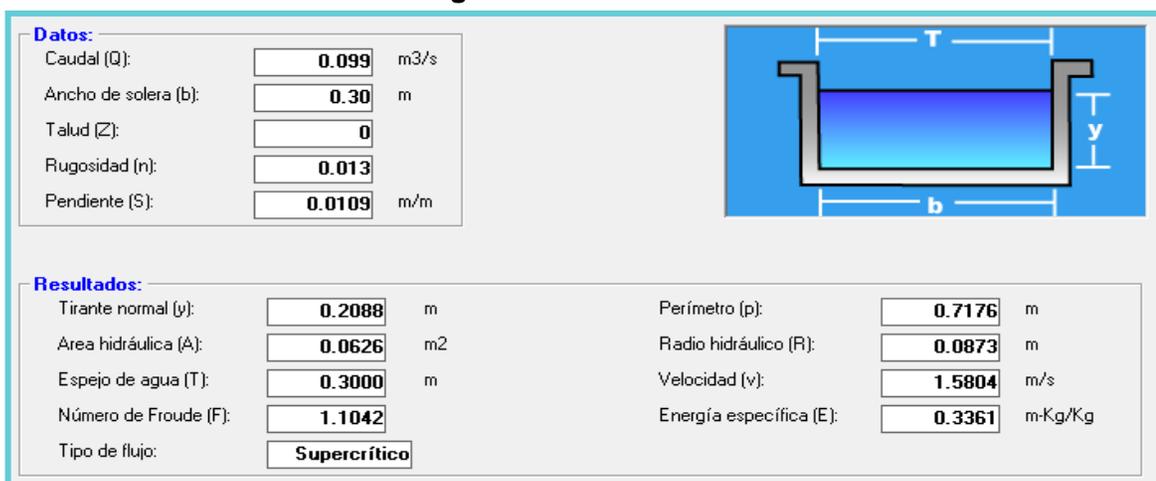
Fuente: Hcanales.

Imagen-20: Cuneta SC-12.



Fuente: Hcanales.

Imagen-21: Cuneta SC-13.



Fuente: Hcanales.

5.2.2.1. Diseño Final de Cunetas Urbanas.

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

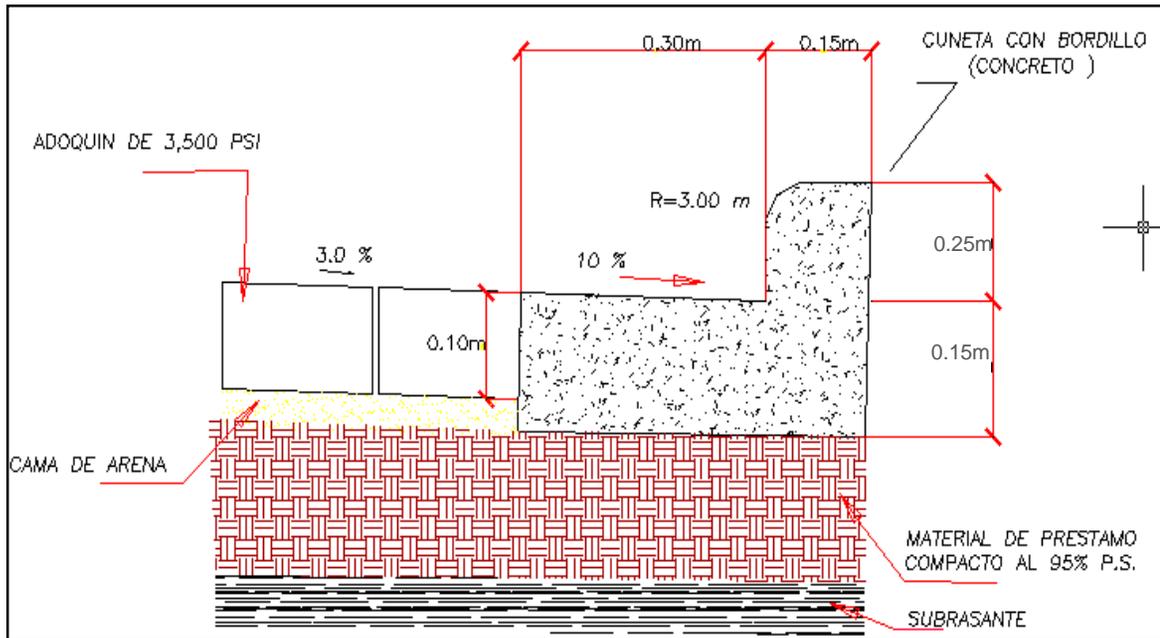
Cuadro- 73: Tirantes Hidráulicos para cunetas.

SUB CUENCA	Q (Caudal)	V (Velocidad)	Y (Tirante normal)	Condición	
				Existente	Nueva
SC-1	0.101 m ³ /s	1.548 m/s	0.223 m		X
SC-2	0.047 m ³ /s	1.548 m/s	0.161 m		X
SC-4	0.050 m ³ /s	1.548 m/s	0.100 m		X
SC-6	0.086 m ³ /s	1.548 m/s	0.231 m		X
SC-8	0.041 m ³ /s	1.548 m/s	0.119 m		X
SC-10	0.161 m ³ /s	1.548 m/s	0.229 m		X
SC-12	0.175 m ³ /s	1.548 m/s	0.167 m		X
SC-13	0.099 m ³ /s	1.548 m/s	0.209 m		X

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

La sección será cuneta con Bordillo, ya que es la más utilizada por su facilidad de construcción y mantenimiento en zonas Urbanas, se propone diseñar con el tirante hidráulico de la **SC-10**, ya que esta posee el tirante más alto en comparación a las otras Subcuencas, como se ilustra en la siguiente imagen.

Imagen- 22: Detalle de Cuneta con Bordillo (Sin Escala).



Fuente: Elaborado por Sustentantes. (AutoCAD-2017).

5.2.3. Cálculos Hidráulicos para Badenes en H canales.

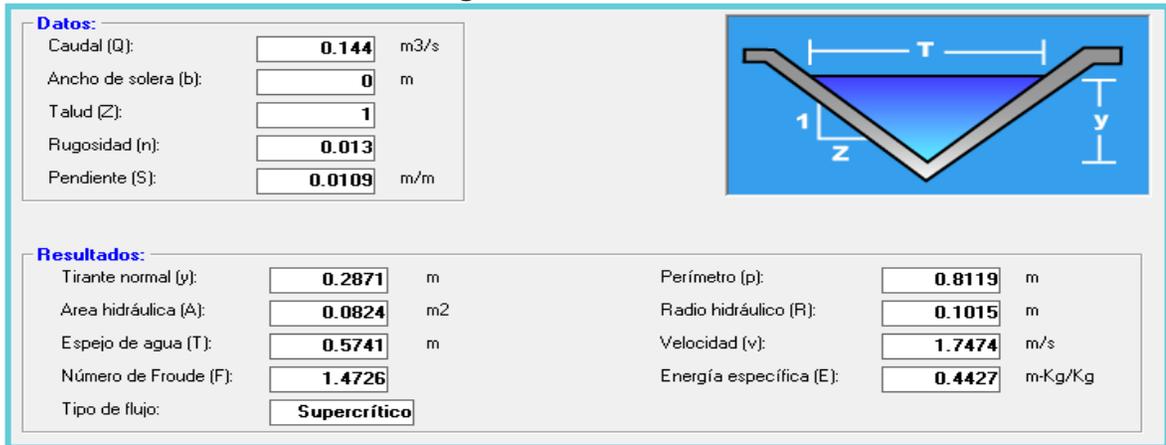
La sección será triangular (Baden Tipo I), se propone diseñar con el tirante hidráulico de la SC-6 ya que esta posee el tirante más alto en comparación a las otras subcuencas.

Imagen-23: Cuneta SC-5.

Datos:		Diagrama	
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.099"/> m ³ /s		
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="0"/> m		
Talud (Z):	<input type="text" value="1"/>		
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>		
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0051"/> m/m		
Resultados:			
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.2876"/> m	Perímetro (p):	<input type="text" value="0.8135"/> m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0827"/> m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.1017"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="0.5752"/> m	Velocidad (v):	<input type="text" value="1.1968"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="1.0076"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="0.3606"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>		

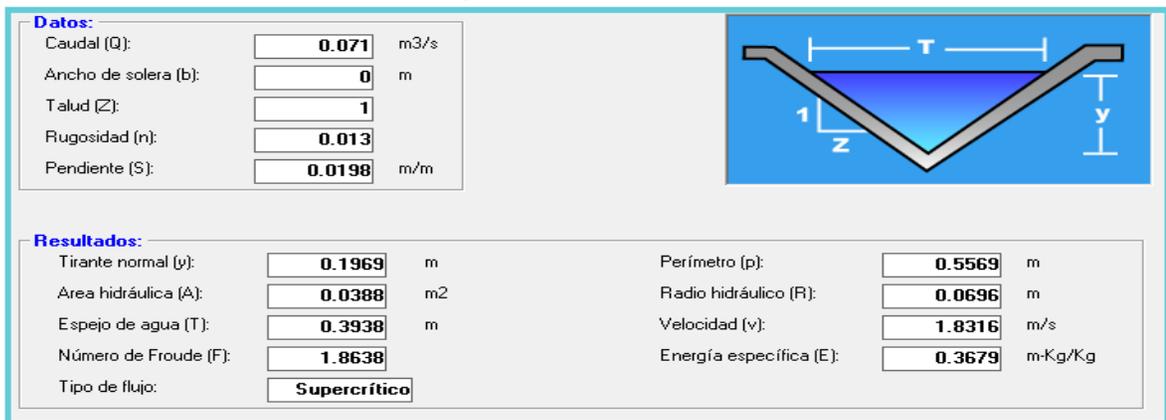
Fuente: Hcanales.

Imagen-24: Cuneta SC-6.



Fuente: Hcanales.

Imagen-25: Cuneta SC-9.



Fuente: Hcanales.

5.2.3.1. Diseño Final de Badenes.

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

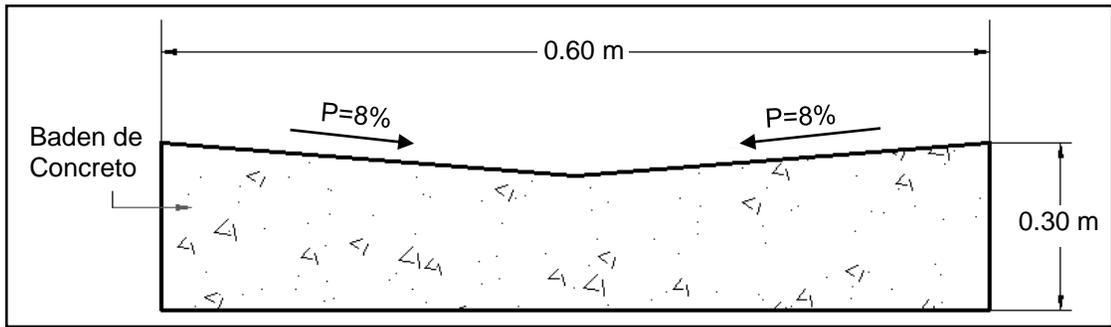
Cuadro- 74: Tirantes Hidráulicos para Badenes.

SUB CUENCA	Q (Caudal)	T (Espejo de Agua)	Y (Tirante Crítico)	Condición	
				Existente	Nueva
SC-5	0.063 m ³ /s	0.578 m	0.288 m		x
SC-6	0.091 m ³ /s	0.574 m	0.287 m		x
SC-9	0.045 m ³ /s	0.394 m	0.197m		x

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

La sección será triangular, ya que es la más utilizada por su facilidad de construcción y mantenimiento, se propone diseñar con el tirante hidráulico de la **SC-5** ya que esta posee el tirante más alto en comparación a las otras Subcuencas, como se ilustra en la siguiente imagen.

Imagen- 26: Detalle de Baden Tipo I (Sin Escala).

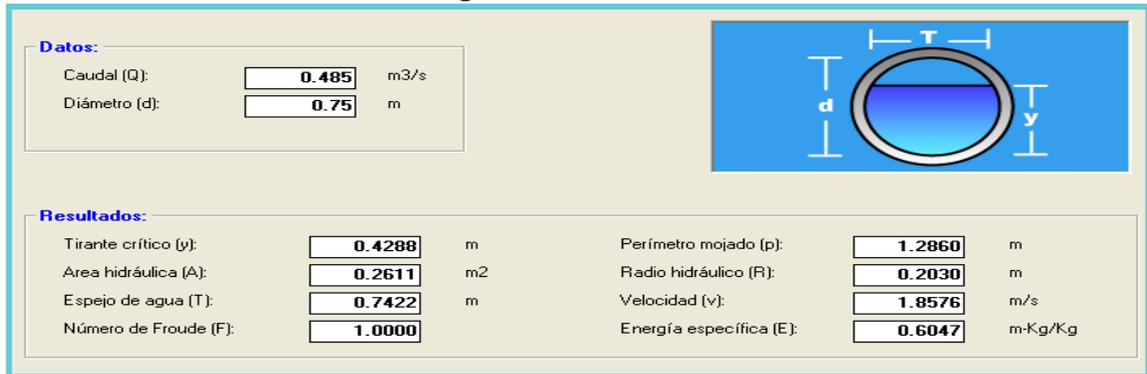


Fuente: Elaborado por Sustentantes. (AutoCAD-2017).

5.2.4. Cálculos Hidráulicos para Alcantarillas en H canales.

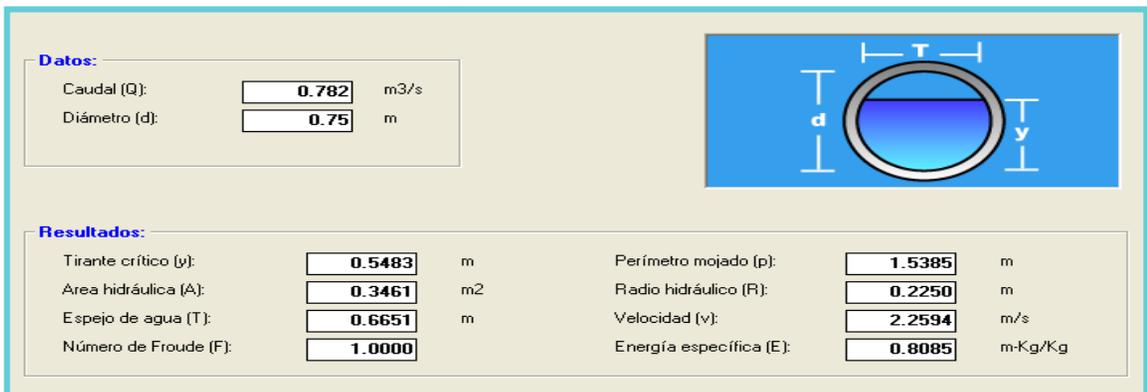
Para calcular el tirante crítico de los Tubos de Alcantarilla la sección será circular. De acuerdo con el caudal de la Sc-3 y Sc-11, al evaluar los 2 TCR (Tubos de Concreto), de 30 pulgadas (0.75 metros), existentes y el propuesto para la Sc-11, estos cumplen ya que se obtiene un tirante de 0.42 metros, como se ilustra en la imagen 27-28:

Imagen-27: Cuneta SC-3.



Fuente: Hcanales.

Imagen-28: Cuneta SC-11.



Fuente: Hcanales.

5.2.4.1. Diseño Final de Alcantarillas.

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

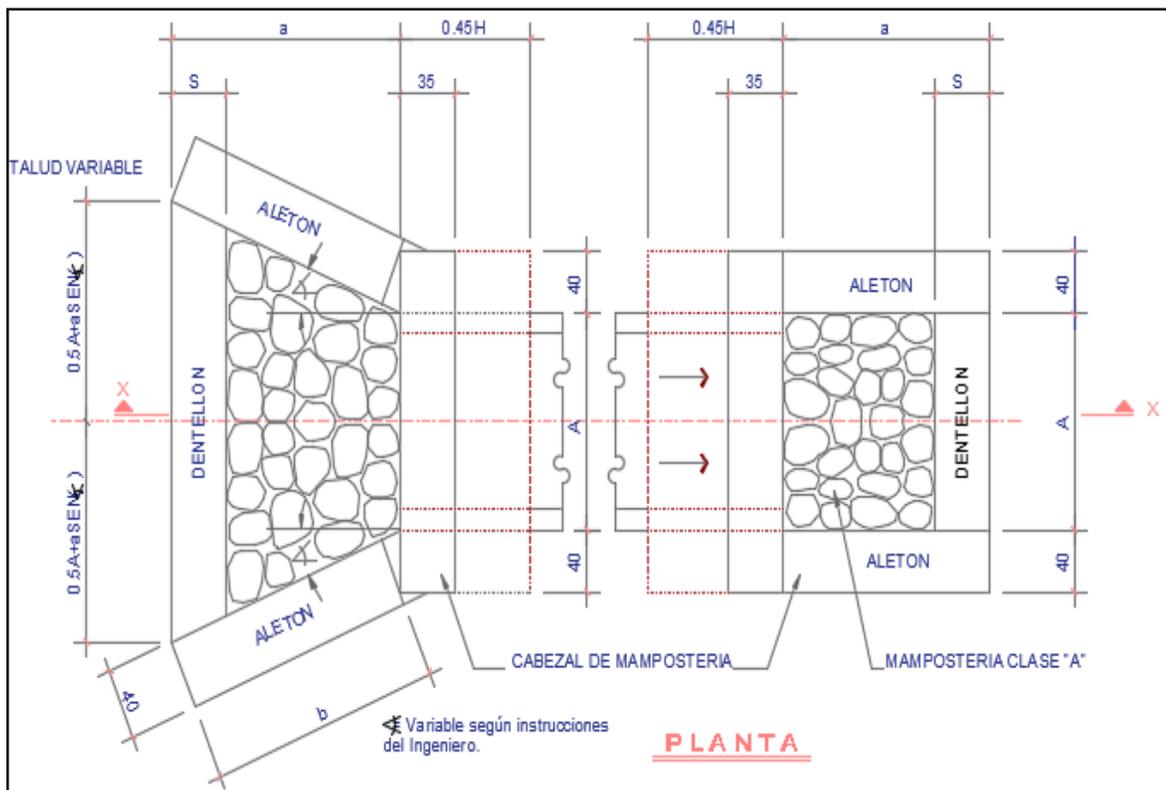
Cuadro- 75: Tirantes Hidráulicos para Alcantarillas.

SUB CUENCA	Q (Caudal)	Q/2	Y (Tirante Crítico)	Condición		Tipo	Diámetro (Pulgadas)
				Existente	Nueva		
SC-3	0.970 m ³ /s	0.485 m ³ /s	0.429 m	x		Doble	2-30" TCR
SC-11	0.782 m ³ /s	-	0.548 m		x	Sencilla	30" TCR

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

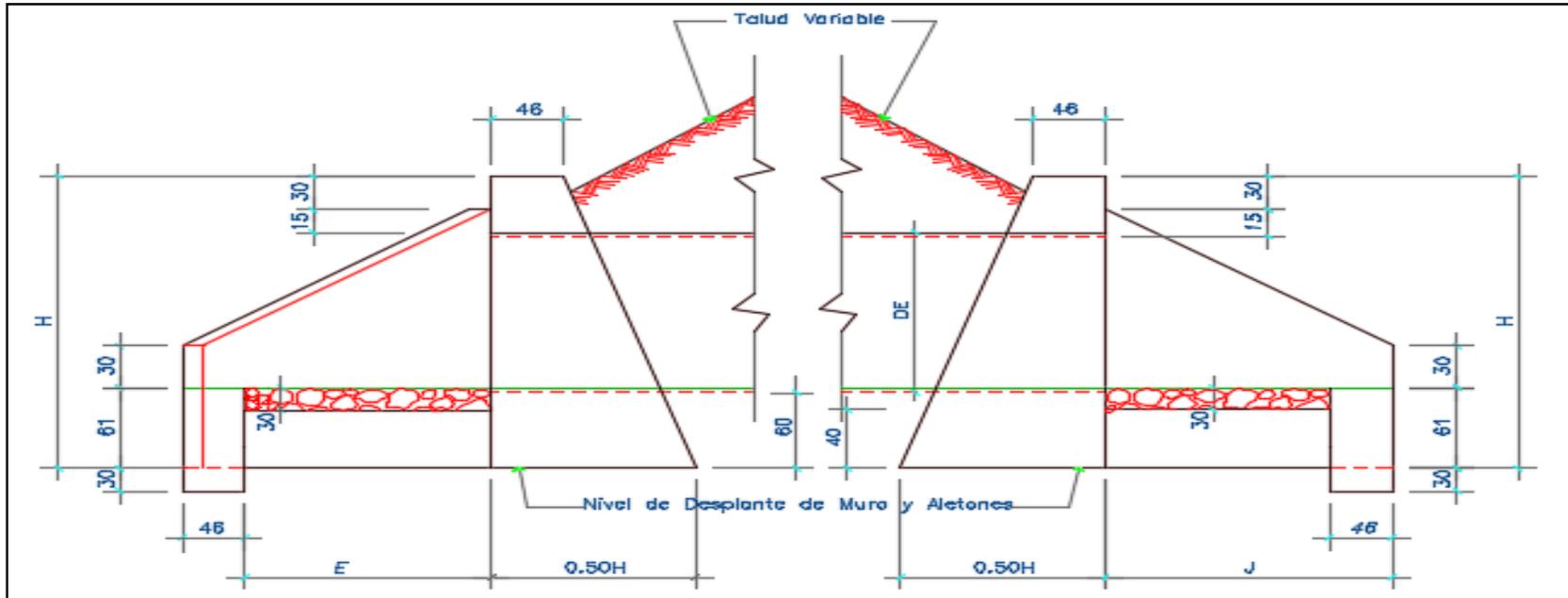
La Alcantarilla sencilla propuesta en la estación 1+442, tendrá un tubo de Concreto de 30 pulgadas para poder cumplir con el caudal de Diseño 0.782 m³/s, el detalle de sus dimensiones se muestran a continuación:

Imagen- 29: Detalle de Alcantarilla Sencilla vista en Planta (Sin Escala).



Fuente: Elaborado por Sustentantes. (AutoCAD-2017).

Imagen- 30: Detalle de Alcantarilla Sencilla Sección X-X (Sin Escala).



Fuente: Elaborado por Sustentantes. (AutoCAD-2017).

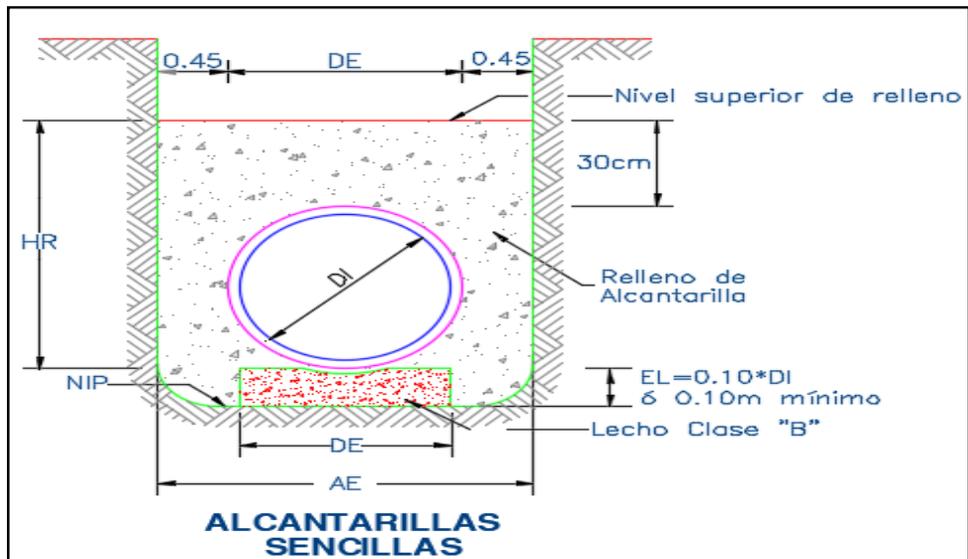
Cuadro- 76: Detalles para la Proyección y Cálculo de Alcantarillas.

DATOS Y ELEMENTOS FUNDAMENTALES PARA LA PROYECCION Y CALCULO DE ALCANTARILLAS - TCR

TIPO TUBOS (PULG)	DIMENSIONES DEL TUBO				DATOS PARA MURO CABEZAL DE ALCANTARILLAS											FACTOR DE VOLUMEN DE RELLENO EN M3/M		
	DI (M)	e (M)	DE (M)	DIY (M)	H (M)	0.5H (M)	J (M)	E (M)	D (M)	HTG (M)	S1 (M)	S2 (M)	S3 (M)	HR (M)	S	D	T	
24"	0.61	0.08	0.77	0.69	1.75	0.88	0.35	0.57	0.84	0.69	0.66	0.73	0.62	1.07	1.32	2.01	2.69	
30"	0.76	0.09	0.94	0.85	1.91	0.96	0.61	0.83	1.00	0.85	0.70	0.80	0.66	1.24	1.59	2.53	3.47	
36"	0.91	0.10	1.11	1.01	2.07	1.04	0.87	1.09	1.16	1.01	0.74	0.87	0.70	1.41	1.87	3.11	4.34	
42"	1.07	0.11	1.29	1.18	2.24	1.12	1.15	1.37	1.33	1.18	0.78	0.94	0.74	1.59	2.18	3.76	5.36	
48"	1.22	0.13	1.48	1.35	2.41	1.21	1.41	1.63	1.50	1.35	0.83	1.02	0.78	1.78	2.52	4.52	6.52	
54"	1.37	0.14	1.65	1.51	2.57	1.29	1.68	1.90	1.66		0.87	1.09	0.82	1.95	2.83	5.25	7.66	
60"	1.52	0.15	1.82	1.67	2.73	1.37	1.94	2.16	1.82		0.91	1.17	0.86	2.12	3.16	6.03	8.50	
72"	1.83	0.18	2.19	2.01	3.07	1.54	2.48	2.65	2.16		1.00	1.33	0.95	2.49	3.93	7.89	11.86	

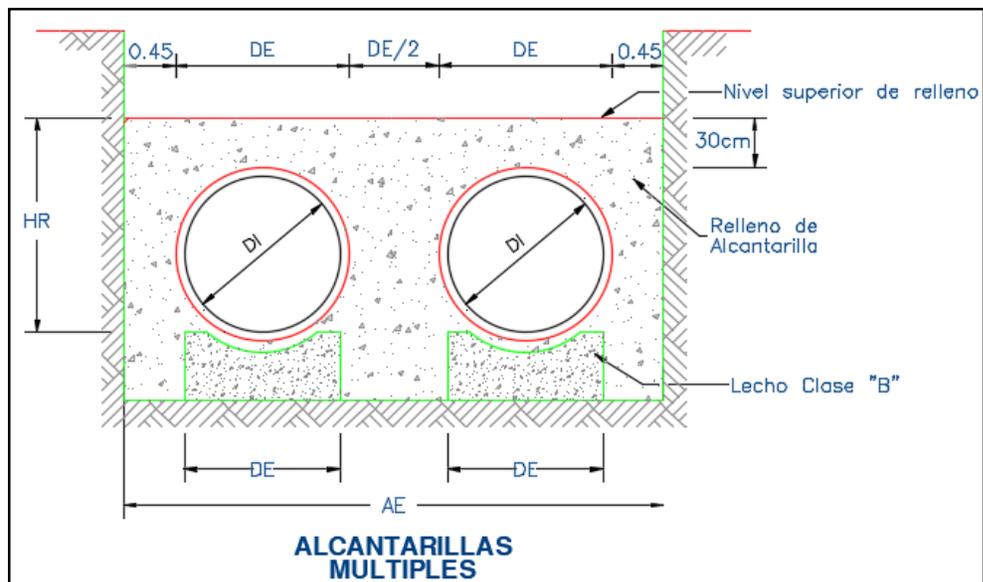
Fuente: Dirección General de Planificación DGP-MTI.

Imagen- 31: Detalle de Alcantarilla Sencilla (Sin Escala).



Fuente: Elaborado por Sustentantes. (AutoCAD-2017).

Imagen- 32: Detalle de Alcantarilla Múltiple (Sin Escala).



Fuente: Elaborado por Sustentantes. (AutoCAD-2017).

CAPÍTULO VI

PRESUPUESTO

6.1. Descripción General del Proyecto.

El Proyecto de calles se ubica en el Barrio El Rosario, salida norte del Casco Urbano del Municipio de Estelí, está formado por un tramo de 2,700 metros lineales (14,040 m²), con un ancho de Rodamiento de 5.20 metros, iniciando en la estación 0+000 (Barrio el Rosario) y terminando en la estación 2+700 (Carretera Panamericana), los cuales se pretenden rehabilitar con pavimento articulado, para ampliar su vida útil y garantizar su funcionabilidad en todo tiempo, mediante la construcción de distintas obras de drenaje pluvial.

Para lograr el objetivo de este capítulo, se ha contemplado la ejecución de actividades propias de la rehabilitación de caminos urbanos en dos componentes principales bien diferenciados entre ellos; pero que de eso depende que se alcance la vida útil para la cual se está diseñando este proyecto; estas son: Carpeta de Rodamiento (Nivelación y Conformación, Corte y Relleno, colocación de adoquines y construcción de cuneas con bordillo) y Drenaje Vial (Vados de concreto, alcantarilla con sus respectivos aletones y tubería acorde al tipo de caudal esperado).

A continuación, en el **cuadro-76** se presenta la Información del proyecto:

Cuadro- 76: Información General del Proyecto.

INFORMACION DEL PROYECTO	
PROYECTO:	Adoquinado de 14,040.00 m ² de calles y Drenaje Vial
UBICACIÓN:	Barrio El Rosario, casco urbano del Municipio de Estelí
TRAMO:	Est. 0+000 (Barrio el Rosario) – Est. 2+700 (Carretera Panamericana)
LONGITUD:	2.7 kilómetros
CONTRATANTE:	Alcaldía Municipal de Estelí
FECHA:	enero 2018
PLAZO DE EJECUCION:	5 meses

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

A continuación, en el **cuadro-77** se presenta la Descripción del proyecto:

Cuadro- 77: Descripción General del Proyecto.

ACTIVIDAD	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD
Tasa de Cambio al 30 de Octubre del 2018	C\$/US\$	32.06
Longitud del Tramo	Metros	2,700.0
Ancho de Rodamiento	Metros	5.20
Ancho de cunetas	Metros	0.90
Ancho total de calle (Rodamiento + cunetas)	Metros	6.10
Profundidad de corte (Máximo-Línea de Subrasante)	Metros	0.40
Sub base	Metros	0.15
Base	Metros	0.20
Longitud de desarrollo de cunetas	Metros	1.70
Espesor de cunetas	Metros	0.15
Área de cunetas sección transversal	metros cuadrados	0.105
Longitud de cunetas	Metros	1,359.0
Bordillo Longitudinal Ancho	Metros	0.10
Bordillo Longitudinal Altura	Metros	0.40
Viga de remate Ancho	Metros	0.15
Viga de remate Altura	Metros	0.40
Espaciamiento de viga de remate	Metros	50.00

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

6.2. Presupuesto del Proyecto.

En el presente capítulo se presenta cada una de las etapas para el adoquinado de las calles presentado a detalle los costos que conlleva que a continuación se detalló de forma general.

Para obtener dicho presupuesto se tomaron en consideración los Costos Directos (Materiales, mano de obras, herramientas y equipos), y los Costos Indirectos (Gastos Administrativos, impuestos y utilidades).

Para definir los costos unitarios se utilizó el catálogo de etapas para proyectos de rodamiento y por el FISE.

6.2.1. Costos Directos.

- Materiales: Se consultó la guía de costos y el catálogo de precios proporcionados por la alcaldía municipal.

Mano de Obras: Se determinó como un porcentaje de costo Unitarios de la actividad (material + equipos).

- Maquinarias y Equipos: Se obtuvo a partir de la guía de costos del FISE mencionada anteriormente, de acuerdo con la unidad de medida reflejada.

6.2.2. Costos indirectos.

Para la determinación de los costos indirectos se aplicaron factores del total de costos directos de la obra. A continuación, en el **cuadro-78** se detallan los costos indirectos:

Cuadro- 78: Costos Indirectos del Proyecto.

Costos Indirectos	
Costo	Porcentaje
Utilidades	12%
Impuesto sobre la Renta (IR)	2%
Impuesto Valor Agregado (IVA)	15%
Impuesto Municipal	1%

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

6.3. Determinación de los Costos Directos por Etapas.

El Cálculo de cantidad de cada una de las etapas se hizo según los planos y las especificaciones técnicas del diseño. Tomando en consideración que para la construcción de las obras se utilizará mano de obra calificada además de capacitar al personal para la supervisión y mantenimiento de las obras, proveniente de la población de cada uno del tramo.

Para lograr la estrategia de ejecución del Proyecto, se debe de contar con el personal que a continuación se detalla:

Cuadro- 79: Mano de Obra del Proyecto.

Mano de Obra	
Personal	Cantidad
Ingeniero Residente	1
Fiscal o Maestro de obras	1
Albañiles	10
Ayudantes	20
Operadores de Tractor	2
Operadores de Camiones Volquetes	4
Operador de Motoniveladora	1
Operador de Retroexcavadora	1
Operador del Cargador Frontal	1
Operador de Vibro compactador	1
Operador de Cisterna	1
Mecánicos de equipo pesado	2
Bodeguero	1
TOTAL	46

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Siendo un total de 46 Personas las que se necesitan para la ejecución de este Proyecto, significando esto 46 plazas de empleos temporales. A esto se le debe sumar cada obrero que se encargará de desramar árboles, limpiar maleza y quitar cercos para garantizar el ancho mínimo de la vía del camino.

Para el cálculo de los costos unitarios es necesario tener en cuenta el listado de materiales que se deben de utilizar en cada una de las etapas del proyecto, a continuación, se detallan en el **cuadro-80**:

Cuadro- 80: Materiales Considerados para el Proyecto.

DESCRIPCION	UNIDAD DE MEDIDA	PRECIO (C\$)	COSTO TRANSPORTE (C\$)	COSTO MATERIAL (C\$)
Material Selecto	m ³	35.00		35.00
Cemento	saco	270.00	23.45	293.45
Adoquín Tipo Tráfico	C/U	15.00	8.65	23.65
Piedra Triturada de ½"	m ³	507.00	307.01	814.01
Arena	M ³	301.08	242.98	544.06
Piedra Triturada de ¾"	m ³	561.60	307.01	868.61
Piedra Bolón	m ³	30.00		30.00
Tubo de Concreto Reforzado de 30" Clase II	C/U	2,090.40	263.89	2,354.29
Postes Delineadores	C/U	3,276.00		3,276.00
Señales Restrictivas de 61 cms x 61 cms	C/U	2,211.77		2,211.77
Señales Preventiva de 42 cms x 72 cms	C/U	2,705.66		2,705.66
Señales Informativa de 180 cms x 80 cms	C/U	6,045.31		6,045.31
Señales Informativa de 120 cms x 240 cms	C/U	9,354.70		9,354.70
Señales Informativa de 61 cms x 91 cms	C/U	2,788.03		2,788.03
Marcas de Pavimento Tipo C	M	42.12		42.12
Marcas de Pavimento Tipo C	M ²	190.94		190.94
Postes Guías (Fantasma)	C/U	1,137.24		1,137.24
Agua	M ³	6.59		6.59
Herramientas	Glb	125.00		125.00
Madera de Pino	Pulg ² vr	2.85		2.85
Clavos Corrientes	lbs	11.20	0.22	11.42
Acero de Refuerzo	Kgs	5.12	0.48	5.60
Alambre de Amarre	lbs	3.56	0.22	3.78
Perlín de 2" x 4"x 1/16" x 20'	c/u	326.25	8.70	334.95
Zinc corrugado de 12' cal 26	Lam	312.25	4.70	316.95
Pernos punta de broca de 1 1/2"	c/u	3.21	0.02	3.23
Pernos punta de broca de 1"	c/u	4.50	0.02	4.52
Zinc liso de 3' x 8'	Lam	245.00	4.70	249.70
Soldadura	lbs	16.50	0.22	16.72
Acero estructural	Kgs	22.56	0.48	23.04
Pintura anticorrosiva	gal	280		280
Pintura reflectiva	gal	364		364

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

La maquinaria pesada de la construcción y equipos considerados en la ejecución del movimiento de tierra y/o remoción de estructuras a continuación se detalla en el **cuadro-81**:

Cuadro- 81: Maquinaria y Equipo para la Ejecución del Proyecto.

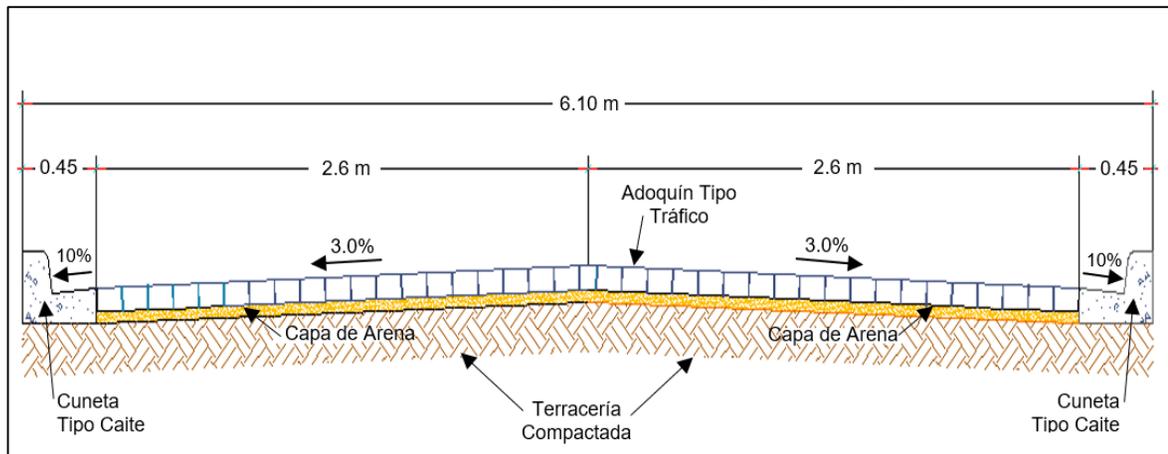
Maquinaria y Equipo	
Tipo	Cantidad
Tractores D6	2
Camiones Volquetes de 8 m ³	4
Moto niveladora 120h o 140h	1
Cargador Frontal de 2.5 m ³	1
Vibro compactadora de 12 Toneladas de Velocidad mínima de 10 km/h	1
Cisterna de agua de 2000 galones	1
Mezcladoras de 1 saco	2
Compactadora Manual	1
Bomba de succión de 2"	1
Retroexcavadora (esta puede ser utilizada en lugar de tractor y cargador frontal)	1
TOTAL	15

Fuente: Elaboración propia.

6.3.1. Etapa 1 (Preliminares).

A continuación, se presentan las características de Diseño de la vía con las que contará el tramo de Adoquinado de 2.7 kilómetros.

Imagen- 33: Sección Típica de Diseño (Sin Escala).



Fuente: Elaborado por Sustentantes. (AutoCAD 2017).

La Etapa Preliminares contempla las siguientes actividades:

6.3.1.1. Limpieza para Adoquín.

Se calculó tomando el ancho de carril de 2.6 metros lineales más cunetas con bordillo de 0.45 metros lineales, para un ancho total por banda de 3.05 metros lineales y un costo unitario de esta actividad de C\$ 3.50 (córdobas), por metro cuadrado (m²).

Cuadro- 82: Limpieza Inicial.

LIMPIEZA INICIAL					
Cuadro- 89: Limpieza Inicial.			Dimensiones (m)		Área
Estación			Longitud	Ancho	Metros Cuadrados (m ²)
Inicial	Final	Banda			
0+000	2+700	Izquierda	2,700.00	3.05	8,235.00
0+000	2+700	Derecha	2,700.00	3.05	8,235.00
Total					16,470.00

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

6.3.1.2. Trazo y Nivelación.

Para todas las operaciones de nivelación se establecerán estacas de referencia cada 20 metros aproximadamente. Se Tomó el largo del Tramo que equivale a 2,700 metros Lineales y considerando un costo unitario de esta actividad de C\$ 6.50 (córdobas), por metro cuadrado Lineal.

Cuadro- 83: Trazo y Nivelación.

Trazo y Nivelación					
Estación			Longitud		Área
Inicial	Final	Banda	Kilómetros	metros	Metro Lineal
0+000	2+700	Izquierda	2.7	2,700	2,700.00
Total					2,700.00

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

6.3.1.3. Rótulo.

Consiste en la colocación del rótulo informativo del proyecto, los detalles de su costo unitario se muestran en el **cuadro-84** de la siguiente página.

Cuadro- 84: Costo Unitario del Rótulo.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Rótulo Informativo del Proyecto	c/u	1.00	5,610.00	5,610.00
			MATERIAL:	0.00
			% DE MATERIAL:	0.00%
			MANO DE OBRA:	0.00
			% DE MANO DE OBRA:	0.00%
			EQUIPO:	0.00
			% DE EQUIPO:	0.00%
			SUBCONTRATO:	5,610.00
			% DE SUBCONTRATO:	100.00%
			TOTAL:	C\$ 5,610.00

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

6.3.2. Etapa 2 y 3 (movimiento de tierra, excavación y terraplenado).

El trabajo comprende descapote, cortes, excavación, relleno, construcción de terraplenes con taludes de corte o de ladera, acarreo de materiales de préstamo común o selecto, excavaciones especiales, rellenos especiales, extracción de materiales inadecuados, traslado a botaderos del material inadecuado, proceso y compactación adecuada de los materiales conforme las normas y diseños establecidos, aplicando los estudios geológicos y de suelo.

Antes de realizar el cálculo de la excavación es necesario conocer como quedó constituida la estructura de pavimento articulado en este caso se debe realizar una Excavación de 0.48, a continuación, en el **cuadro-85** se muestra los detalles:

Cuadro- 85: Profundidad de Excavación.

ESTRUCTURA DE PAVIMENTO	
CAPA	ESPESOR (METROS)
ADOQUIN	0.10
LECHO DE ARENA	0.05
BASE	0.18
SUBBASE	0.15
TOTAL	0.48

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

El volumen de Excavación a estimar depende del ancho de sección con la que contará el tramo (**Ver Imagen-33, pág. 104**), y de la longitud del tramo (2,700 metros), los resultados se muestran a continuación, en el **cuadro-86**:

Cuadro- 86: Volumen de Excavación.

Largo del Tramo (m)	Ancho de Sección (m)	Espesor de Corte (m)	Volumen (m ³)
2,700.00	6.10	0.40	6,588.00
Volumen total de Excavación			6,588.00

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Los detalles de su costo unitario de la Excavación se muestran en el **cuadro-87**:

Cuadro- 87: Costo Unitario de Excavación.

CODIGO		DESCRIPCION	UNIDAD	RENDIMIENTO EQUIPO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
TIPO	#						
COSTO DE EQUIPO							113.39
Q		Tractor D-6	Hrs	40.000 m ³ /hr	0.03	2,250.86	56.27
Q		Excavadora	Hrs	50.000 m ³ /hr	0.020	1,764.38	35.29
COSTO DE MANO DE OBRA							8.06
O		Operador de Excavadora	Hrs		0.02	16.50	0.33
O		Operador de Tractor	Hrs		0.02	13.72	0.23
O		Ayudantes de máquinas	Hrs	9.042 m ³ /hr	0.03	23.56	0.59
O		Perrero	Hrs	10.384 m ³ /hr	0.11	9.71	1.07
O		Ayudante de línea	Hrs	45.000 m ³ /hr	0.10	9.71	0.94
O		Viáticos de operadores	Día	32.000 m ³ /día	0.02	9.71	0.22
						MATERIAL:	0.00
						% DE MATERIAL:	0.00%
						MANO DE OBRA:	8.06
						% DE MANO DE OBRA:	6.64%
						EQUIPO:	113.39
						% DE EQUIPO:	93.36%
						SUBCONTRATO:	0.00
						% DE SUBCONTRATO:	0.00%
						TOTAL:	C\$ 121.45

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Los detalles del costo unitario para Base y Subbase (nivelada, conformada y compactada al 95%), se muestran en el **cuadro-88** de la página siguiente:

Cuadro- 88: Costo Unitario de Base y Subbase Granular.

CODIGO		DESCRIPCION	UNIDAD	RENDIMIENTO EQUIPO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
TIPO	#						
COSTO DE MATERIAL							54.07
M		Material del banco	m3	0.77 m³/m³	1.30	35.00	45.50
M		Agua	m³	0.77 m³/m³	1.30	6.59	8.57
COSTO DE EQUIPO							110.10
Q		Camión cisterna	Hrs	66.21 m³/hr	0.02	1,059.00	15.99
Q		Tractor D6 en el banco	Hrs	80.00 m³/hr	0.01	2,250.86	28.14
Q		Motoniveladora	Hrs	65.21 m³/hr	0.02	1,242.96	19.06
Q		Volquetes acarreo de material	Hrs	65.17 m³/hr	0.02	1,310.04	20.10
Q		Cargador frontal	Hrs	120.91 m³/hr	0.01	1,525.08	12.61
Q		Compactador	Hrs	65.00 m³/hr	0.02	1,009.61	15.53
COSTO DE MANO DE OBRA							3.76
O		Operador de cisterna	Hrs		0.02	23.56	0.36
O		Operador de Tractor D6	Hrs		0.01	23.56	0.29
O		Operador de Cargador Frontal	Hrs		0.01	13.75	0.11
O		Operador de Camión Volquete	Hrs		0.02	13.72	0.21
O		Operador de Motoniveladora	Hrs		0.02	28.63	0.44
O		Operador de Compactador	Hrs		0.02	16.12	0.25
O		Ayudantes de máquinas	Hrs	9.04 m³/hr	0.11	9.71	1.07
O		Perrero	Hrs	41.54 m³/hr	0.02	9.71	0.23
O		Viáticos de operadores	Día	189.66 m³/día	0.01	150.00	0.79
						MATERIAL:	54.07
						% DE MATERIAL:	31.94%
						MANO DE OBRA:	3.76
						% DE MANO DE OBRA:	2.22%
						EQUIPO:	111.43
						% DE EQUIPO:	65.83%
						SUBCONTRATO:	0.00
						% DE SUBCONTRATO:	0.00%
						TOTAL:	C\$ 169.26

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

De acuerdo con el **cuadro-85**, se necesita un espesor de Subbase de 0.15 metros y un espesor de Base de 0.18 metros. El volumen de cada una de estas capas se estimó utilizando el ancho de sección de 6.10 metros y la longitud del tramo de 2,700 metros, los resultados se muestran a continuación, en el **cuadro-89** de la página siguiente:

Cuadro- 89: Volumen de Base y Subbase.

Capa	Largo del Tramo(m)	Ancho de Sección (m)	Espesor de Capa (m)	Volumen por capa (m ³)
Base	2,700.00	6.10	0.18	2,964.60
Subbase	2,700.00	6.10	0.15	2,470.50
Volumen total				5,435.10

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

La cantidad de material a explotar en el Banco de Materiales es de **5,435.10** metros cúbicos y la cantidad de volumen a ser cortado o excavado en el tramo es de **6,588.00** metros cúbicos. Estos datos fueron afectados por el factor de abundamiento dependiendo del tipo de material:

Cuadro- 90: Factor de Abundamiento.

TIPO DE MATERIAL	PORCENTAJE	FACTOR DE ABUNDAMIENTO
Arcillas	25%	1.25
Arenas	15%	1.15
Gravas y material selecto	30%	1.30
Escombros, tierra vegetal	30%	1.30
Lodos con tierra vegetal	35%	1.35
Rocas entre 3" y 14"	40%	1.40

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

El valor del factor de abundamiento escogido fue de **1.30**, ya que el material a desalojar y a acarrear es material selecto, entonces:

Cuadro- 91: Volumen de Base y Subbase.

Actividad	Volumen (m ³)	Factor de Abundamiento	Volumen Por capa (m ³)
Desalojo de Material	6,588.00	1.30	8,564.40
Acarreo de Material	5,435.10	1.30	7,065.63

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Los detalles del costo unitario para Acarreo y Desalojo de Material se muestran a continuación, en el **cuadro-92**:

Cuadro- 92: Costo Unitario de Acarreo y Desalojo de Material.

CODIGO		DESCRIPCION	UNIDAD	RENDIMIENTO EQUIPO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
TIPO	#						
COSTO DE EQUIPO							88.99
Q		Tractor D6 en el banco	Hrs	40.00 m ³ /hr	0.03	2,250.86	56.27
Q		Volquetes acarreo de material	Hrs	65.17 m ³ /hr	0.02	1,310.04	20.10
Q		Cargador frontal	Hrs	120.91 m ³ /hr	0.01	1,525.08	12.61
COSTO DE MANO DE OBRA							3.01
O		Operador de Tractor D6	Hrs		0.03	23.56	0.59
O		Operador de Cargador Frontal	Hrs		0.01	13.75	0.11
O		Operador de Camión Volquete	Hrs		0.02	13.72	0.21
O		Ayudantes de máquinas	Hrs	9.04 m ³ /hr	0.11	9.71	1.07
O		Perrero	Hrs	41.54 m ³ /hr	0.02	9.71	0.23
O		Viáticos de operadores	Día	189.66 m ³ /día	0.01	150.00	0.79
						MATERIAL: 0.00 % DE MATERIAL: 0.00% MANO DE OBRA: 3.01 % DE MANO DE OBRA: 3.27% EQUIPO: 88.99 % DE EQUIPO: 96.73% SUBCONTRATO: 0.00 % DE SUBCONTRATO: 0.00%	
TOTAL:							C\$ 92.00

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

6.3.3. Etapa 4 (Sección de Calles).

Una vez terminado el proceso de cortes, rellenos y compactación para conformar la estructura de pavimento se procederá a colocar una capa de 5 centímetros de arena. La arena que se utilizará deberá ser pasada el 100% por la malla No. 4 y deberá estar libre de terrones de arcilla, basura o cualquier otro material inadecuado, libre de material orgánico o material de pómez.

El tamaño de los adoquines deberá ser uniforme para evitar irregularidades o juntas muy anchas, después de colocadas. El adoquín que se escogió es del tipo "TRAFICO", de concreto de 3500 Psi. La superficie adoquinada, una vez terminada deberá tener un bombeo del 3% lateral para facilitar el escurrimiento del agua. El área por Adoquinar se calculó, considerando el ancho de Rodamiento con la que contará el tramo (**Ver Imagen-33, pág. 104**), y de la longitud del tramo (2,700 metros), los resultados se muestran a continuación, en el **cuadro-93**:

Cuadro- 93: Área de colocación de Adoquines de 3,500 psi.

Largo del Tramo (m)	Ancho de Rodamiento (m)	Volumen (m ²)
2,700.00	5.20	14,040.00
Total		14,040.00

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Se calculó el volumen de concreto de 3000 psi para bordillos longitudinales considerando que serán de 0.10 metros de ancho por 0.40 metros de alto, los resultados se muestran a continuación, en el **cuadro-94**:

Cuadro- 94: Volumen de Concreto para Bordillos Longitudinales.

Capa	Largo de Banda (m)	Bordillo Longitudinal		Volumen por Banda (m ³)
		Ancho (m)	Altura (m)	
Derecha	2,700.00	0.10	0.40	108.00
Izquierda	2,700.00	0.10	0.40	108.00
Volumen total				216.00

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Para el cálculo del volumen de concreto de 3000 psi para Vigas de remate transversales se consideró que serán de 0.15 metros de ancho por 0.40 metros de alto, espaciadas a cada 50 metros, los resultados se muestran a continuación, en el **cuadro-95**:

Cuadro- 95: Volumen de Concreto para Vigas Transversales.

Largo de Banda (m)	Separación (m)	Ancho de Rodamiento (m)	Viga de Remate		Volumen (m ³)
			Ancho (m)	Altura (m)	
2,700.00	50.00	5.20	0.15	0.40	17.47
Volumen total					17.47

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

A continuación, se presenta como se calculó la cantidad de materiales necesarios para obtener 1.00 metro cubico de 3000 psi (proporción 1:2:3).

Cuadro- 96: Cantidad de Materiales para 1 m³ de Concreto de 3000 psi.

Elemento	Proporción	Cantidad por Elemento	Unidad de Medida	Desperdicio por Elemento	Rendimiento de Mezcla	TOTAL ELEMENTO
Cemento	1.00	5.89	Bolsa	5%	75%	8.24
Arena	2.00	0.33	M ³	30%	75%	0.58
Grava	3.00	0.50	M ³	15%	75%	0.77
Agua	-	8.00	Gln/Bls	-	-	65.92

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Cuadro- 97: Costo Unitario para 1 m³ de Concreto de 3000 psi.

CODIGO		DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
TIPO	#					
COSTO DE EQUIPO						149.37
Q		Mezcladora de 2 sacos	Hrs	0.85	122.64	104.24
Q		Bomba de Succión Hatz	Hrs	0.01	87.57	1.09
Q		Camión Cisterna	Hrs	0.05	880.80	44.04
COSTO DE MANO DE OBRA						56.51
O		Operador de Mezcladora	Hrs	0.85	13.75	11.69
O		Operador de Bomba	Hrs	0.01	13.75	0.17
O		Ayudante	Hrs	1.70	9.71	16.51
O		Colar arena	Hrs	0.49	9.71	4.77
O		Acarreo de Cemento	Bls	9.00	0.65	5.85
O		Acarreo de Arena	Hrs	0.58	9.71	5.61
O		Acarreo de Grava	Hrs	1.23	9.71	11.91
COSTO DE MATERIALES						3,642.63
M		Cemento	Bls	9.00	293.45	2,641.05
M		Arena	m3	0.58	552.36	319.14
M		Grava de ¾	m3	0.77	884.09	677.80
M		Herramienta(cubos)	Glb	0.02	125.00	2.50
M		Agua	m3	0.325	6.59	2.14
MATERIAL:						3,642.63
% DE MATERIAL:						94.65%
MANO DE OBRA:						56.51
% DE MANO DE OBRA:						1.47%
EQUIPO:						149.37
% DE EQUIPO:						3.88%
SUBCONTRATO:						0.00
% DE SUBCONTRATO:						0.00%
TOTAL:						C\$ 3,848.51

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Para el cálculo del volumen de concreto de 3000 psi para los 3 Badenes Tipo I propuestos en el capítulo IV, considerando que serán de 0.60 metros de ancho por 0.30 metros de alto, los resultados se muestran a continuación, en el **cuadro-98**:

Cuadro- 98: Volumen de Concreto para Bordillos Longitudinales.

Estación	Badén			Volumen (m ³)
	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	
0+234	5.2	0.60	0.30	0.936
0+345	5.2	0.60	0.30	0.936
0+508	5.2	0.60	0.30	0.936
Volumen total				2.81

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Los detalles del costo unitario para Baden Tipo I se muestran a continuación, en el **cuadro-99**:

Cuadro- 99: Costo Unitario para Baden Tipo I de 3000 psi.

CODIGO		DESCRIPCION	UNIDAD	RENDIMIENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
TIPO	#						
COSTO DE MATERIALES							4,013.54
M		Concreto 3000 psi	m ³	3.33 m ² /m ³	1.00	3,848.51	3,848.51
M		Madera de Pino	Pulg ² vr	0.57 m ² /p ² vr	1.76	2.85	5.01
M		Clavos de 2 1/2"	lbs	30.77 m ² /lbs	0.03	11.42	0.37
M		Mortero para arenillado	m ³	2,004.94 m ² /m ³	0.00	3,508.13	1.75
M		Arena en juntas	m ³	20,285.62 m ² /m ³	0.00	552.36	0.03
M		Concreto en diente lateral	m ³	22.22	0.05	3,508.13	157.87
COSTO DE MANO DE OBRA							72.48
O		Relleno y Compactación	m ³	14.29 m ² /m ³	0.07	83.45	9.82
O		Acarreo de madera	Pulg ² vr	0.57 m ² /p ² vr	1.76	0.01	0.03
O		Hacer arenillado en vado	m ²	1.00 m ² /m ²	1.00	12.25	20.58
O		Conformación final del terreno	m ²	1.00 m ² /m ²	1.00	7.37	12.38
O		Fundir concreto en vados	m ²	1.00 m ² /m ²	1.00	17.66	29.67
						MATERIAL:	4,013.54
						% DE MATERIAL:	98.23%
						MANO DE OBRA:	72.48
						% DE MANO DE OBRA:	1.77%
						EQUIPO:	0.00
						% EQUIPO:	0.00%
						TOTAL:	C\$ 4,086.62

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Para el cálculo del volumen de concreto de 3000 psi para los 1,359 metros lineales de cunetas propuestas en el capítulo IV, considerando que serán tipo caite con Bordillo típicas de para este tipo de vías (colectora Suburbana), los resultados se muestran a continuación, en el **cuadro-100**:

Cuadro- 100: Volumen de Concreto para Bordillos Longitudinales.

Estación	Cunetas		Volumen por Banda (m ³)
	Longitud (m)	Área (m ²)	
0+234	1,359	0.105	142.70
Volumen total			142.70

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Los detalles del costo unitario para Cunetas se muestran a continuación, en el **cuadro-101**:

Cuadro- 101: Costo Unitario para Cunetas de Concreto de 3000 psi.

CODIGO		DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
TIPO	#					
COSTO DE MATERIALES						3,908.66
M		Concreto de 3,000 psi	m3	1.00	3,848.51	3,848.51
M		Madera	p2-vara	20.10	2.85	57.29
M		Clavos	Lib	0.25	11.42	2.86
COSTO DE MANO DE OBRA						0.99
O		Albañil	Hrs	0.02	15.00	0.50
O		Carpintero	Hrs	0.01	9.71	0.16
O		Ayudante	Hrs	0.02	9.71	0.33
MATERIAL:						3,908.66
% DE MATERIAL:						99.97%
MANO DE OBRA:						0.99
% DE MANO DE OBRA:						0.03%
EQUIPO:						0.00
% DE EQUIPO:						0.00%
SUBCONTRATO:						0.00
% DE SUBCONTRATO:						0.00%
TOTAL:						C\$ 3,909.65

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

6.3.4. Etapa 5 (Drenaje Vial).

Esta Etapa consiste en la colocación de alcantarillas del material indicado en la estación indicada. Que se localizan sobre la vía.

Para el cálculo del trazo y de nivelación se tomó el Ancho del Tramo que equivale a 6.10 metros Lineales y un Ancho de 3.65 metros Lineales, considerando un costo unitario de esta actividad de C\$ 5.91 (córdobas), por metro cuadrado.

Cuadro- 102: Trazo y Nivelación para Alcantarilla.

Trazo y Nivelación para Alcantarilla					
Estación	Largo (m)			Ancho (m)	Área
Inicial	Izquierdo	Largo de Sección	Derecho		Metro Lineal
0+000	2.00	6.10	2.00	3.65	36.87
Total					36.87

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Para el cálculo del corte para la Alcantarilla, se tomó las dimensiones del Tubo, Cabezal y Aletones, considerando un costo unitario de esta actividad de C\$ 98.12(córdobas), por metro cubico.

Cuadro- 103: Corte para Alcantarilla.

Cortes para Alcantarilla				
Estación	Volumen (m3)			Volumen
Inicial	Tubo	Aletones	Cabezal	Metro Cubico
0+000	20.048	3.385	3.014	26.447
Total				26.447

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

El material de corte para Alcantarillas es de 26.447 m³, entonces el material a desalojar es:

Cuadro- 104: Desalojo de Material de Corte para Alcantarilla.

Actividad	Volumen (m ³)	Factor de Abundamiento	Volumen Por capa (m ³)
Desalojo de Material de Corte	26.47	1.30	34.38
Total			34.38

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Para el cálculo del Relleno necesario para la Alcantarilla, se tomó las dimensiones del Tubo, considerando un costo unitario de esta actividad de C\$ 1667.93 (córdobas), por metro cubico.

Cuadro- 105: Relleno para Tubería.

Estación	Volumen (m3)		Volumen
Inicial	Sección de relleno (m ²)	Longitud del Tubo (m)	Metro Cubico
0+000	1.91	6.10	15.127
Total			15.127

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Los detalles del costo unitario para Concreto Ciclópeo se muestran a continuación, en el **cuadro-106**:

Cuadro- 106: Costo Unitario para 1 m³ de Concreto de 3000 psi.

CODIGO		DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
TIPO	#					
COSTO DE EQUIPO						149.35
Q		Mezcladora de 2 sacos	Hrs	0.85	122.64	104.24
Q		Bomba de Succión Hatz	Hrs	0.01	87.57	1.09
Q		Camión Cisterna	Hrs	0.05	880.80	44.04
COSTO DE MANO DE OBRA						56.51
O		Operador de Mezcladora	Hrs	0.85	13.75	11.69
O		Operador de Bomba	Hrs	0.01	13.75	0.17
O		Ayudante	Hrs	1.70	9.71	16.51
O		Colar arena	Hrs	0.49	9.71	4.77
O		Acarreo de Cemento	Bls	9.00	0.65	5.85
O		Acarreo de Arena	Hrs	0.58	9.71	5.61
O		Acarreo de Grava	Hrs	1.23	9.71	11.91
COSTO DE MATERIALES						3,642.63
M		Cemento	Bls	9.00	293.45	2,641.05
M		Arena	m3	0.58	552.36	319.14
M		Grava de 3/4	m3	0.77	884.09	677.80
M		Piedra de rio	m3	0.02	125.00	2.50
M		Herramienta(cubos)	Glb	0.325	6.59	2.14
M		Agua	m3	9.00	293.45	2,641.05
					MATERIAL:	3,642.63
					% DE MATERIAL:	94.65%
					MANO DE OBRA:	56.51
					% DE MANO DE OBRA:	1.47%
					EQUIPO:	149.37
					% DE EQUIPO:	3.88%
					TOTAL:	C\$ 3,848.51

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

De acuerdo con el **cuadro-80** de la página 103, el precio por metro lineal de las tuberías de concreto de 30 pulgadas de diámetro es de **C\$ 5,384.40**. A continuación en el **cuadro-107**, se muestran detalles del cálculo del costo para **6.10** metros lineales:

Cuadro- 107: Costo Unitario para 1 m³ de Concreto de 3000 psi.

Estación	Tubería de 30 Pulgadas		Volumen
Inicial	Precio por metro	Longitud del Tubo (m)	Metro Cubico
0+000	5,384.40	6.10	35,589.84
Total			C\$ 35,589.84

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

6.3.5. Etapa 6 (Señalamiento Vial).

Esta Etapa consiste en la colocación de señales Verticales preventivas y señales Horizontales sobre la vía.

Los detalles de su costo unitario se muestran en el **cuadro-108** para señales preventivas verticales (señal de Alto, Doble vía y Zona escolar) y **cuadro-109** para señales Horizontales (línea segmentada en línea central):

Cuadro- 108: Costo Unitario de Señales Verticales.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Señal Restrictiva de 76 cms x 76 cms (ALTO)	c/u	1.00	3,755.24	3,755.24
Señal Restrictiva de 90 cms x 30 cms (DOBLE VIA)	c/u	1.00	3,755.24	3,755.24
Señal Restrictiva de 90 cms x 30 cms (ZONA ESCOLAR)	c/u	1.00	2,780.24	2,780.24
			MATERIAL:	0.00
			% DE MATERIAL:	0.00%
			MANO DE OBRA:	0.00
			% DE MANO DE OBRA:	0.00%
			EQUIPO:	0.00
			% DE EQUIPO:	0.00%
			SUBCONTRATO:	10,290.72
			% DE SUBCONTRATO:	100.00%
			TOTAL:	C\$ 10,290.72

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Cuadro- 109: Costo Unitario de Señal Horizontal.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Línea Continua Tráfico	m	1.00	14.95	14.95
			MATERIAL:	0.00
			% DE MATERIAL:	0.00%
			MANO DE OBRA:	0.00
			% DE MANO DE OBRA:	0.00%
			EQUIPO:	0.00
			% DE EQUIPO:	0.00%
			SUBCONTRATO:	14.95
			% DE SUBCONTRATO:	100.00%
			TOTAL:	C\$ 14.95

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Los detalles del cálculo del costo para **2,700** metros lineales se muestran a continuación:

Cuadro- 110: Costo de Línea Segmentada (2.7 kilómetros).

Line Segmentada Trafico		Volumen
Precio por metro	Longitud del tramo (m)	Metro Cubico
14.95	2,700	40,365.00
Total		C\$ 40,365.00

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

6.3.6. Etapa 7 (Limpieza Final).

Esta etapa se refiere exclusivamente a la disposición de material contaminado que resultan de las excavaciones, la limpieza del revenido durante el proceso de perfilación y revestimiento, limpieza de vados, etc. Esta etapa se cobra de forma Global (Glb), con un costo de **C\$ 13,822.41**.

Cuadro- 111: Limpieza Final (2.7 kilómetros).

Line Segmentada Trafico			Precio Total
Cantidad	Unidad	Costo Unitario	
1.00	Gbl	13,822.41	13,822.41
Total			C\$ 13,822.41

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

6.4. Take Off de Costos Directos e Indirectos por Etapas del Proyecto.

Cuadro- 112: Take Off (Etapa 1-4).

CODIGO	CONCEPTO DE OBRA	UM	CANTIDAD	COSTO UNITARIO DIRECTO(C\$)	COSTO UNITARIO DE VENTA(C\$)	COSTO TOTAL (C\$)	COSTO TOTAL (USD\$)	COSTO POR KILOMETRO (CORDOBAS C\$)	COSTO POR KILOMETRO (DÓLAR USD\$)
	PRELIMINARES					99,516.73	3,104.07	36,858.05	1,149.66
110.09	Limpieza para Adoquinado	m²	16,470.00	3.50	4.55	57,645.00	1,798.03	21,350.00	665.94
	Movilizacion y Desmovilización	Glb	1.00	18,711.73	24,325.25	18,711.73	583.65	6,930.27	216.17
	Rótulo alusivo al proyecto	C/U	1.00	5,610.00	7,293.00	5,610.00	174.98	2,077.78	64.81
	Trazo y Nivelacion con estacion total	ml	2,700.00	6.50	8.45	17,550.00	547.41	6,500.00	202.74
	MOVIMIENTO DE TIERRA					1,589,945.08	49,592.80	588,868.55	18,367.70
201(b)	Explotacion o corte	m³	5,435.10	172.94	224.82	939,920.24	29,317.54	348,118.61	10,858.35
201(c)	Acarreo de Materiales	m³	7,065.63	92.00	119.60	650,024.84	20,275.26	240,749.94	7,509.36
	EXCAVACIÓN Y TERRAPLENADO					2,507,987.11	78,227.91	928,884.11	28,973.30
203(1)	Excavación	m³	6,588.00	121.45	157.89	800,132.71	24,957.35	296,345.45	9,243.46
203(9a)	Sub base reciclada con Material de Banco(Nivelada, conformada y compactada)	m³	2,470.50	169.26	220.04	418,157.05	13,042.95	154,872.98	4,830.72
203(9b)	base reciclada con Material de Banco(Nivelada, conformada y compactada)	m³	2,964.60	169.26	220.04	501,788.46	15,651.54	185,847.58	5,796.87
203(9c)	Desalogo de Material	m³	8,564.40	92.00	119.60	787,908.89	24,576.07	291,818.11	9,102.25
	SECCION DE CALLES					9,268,380.77	289,094.85	3,432,733.62	107,072.17
502(1)	Colocación de adoquines de 3500psi	m²	14,040.00	556.14	722.99	7,808,273.08	243,551.87	2,891,952.99	90,204.40
901(1a)	Cunetas de concreto simple de 3000psi	m³	142.70	3,909.65	5,082.55	557,887.51	17,401.36	206,625.00	6,444.95
901(1b)	Bordillos Longitudinal en calles (10cm x 40cm)	m³	216.00	3,757.01	4,884.11	811,514.16	25,312.36	300,560.80	9,374.95
901(1c)	Viga de remate (15cm x 40cm)	m³	17.47	3,757.01	4,884.11	65,642.48	2,047.49	24,312.03	758.33
901(1d)	Vados Tipo 1 de concreto simple de 3000psi en bocacalles	m³	2.81	4,086.02	5,311.83	11,473.54	357.88	4,249.46	132.55
901(1f)	Reductores de velocidad de concreto reforzado según detalles en planos	m	0.00	556.65	723.65	0.00	0.00	0.00	0.00
	Pintura de bordillos (Cara superior, cara lateral)	m	1,359.00	10.00	13.00	13,590.00	423.89	5,033.33	157.00

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Cuadro- 113: Take Off (Etapa 5-7).

CODIGO	CONCEPTO DE OBRA	U/M	CANTIDAD	COSTO UNITARIO DIRECTO(C\$)	COSTO UNITARIO DE VENTA(C\$)	COSTO TOTAL (C\$)	COSTO TOTAL (USD\$)	COSTO POR KILOMETRO (CORDOBAS C\$)	COSTO POR KILOMETRO (DOLAR USD\$)
	DRENAJE VIAL					100,396.75	3,131.53	37,183.98	1,159.83
608(1a)	Alcantarilla de 30"		1.00						
	Trazo y nivelación	m ²	36.87	5.91	7.68	217.90	6.80	80.70	2.52
	Movimiento de tierra					8,943.55	278.96	3,312.43	103.32
	Corte de terreno natural	m ³	26.45	121.45	157.89	3,212.07	100.19	1,189.66	37.11
	Lecho de arena para alcantarilla E=0.15m	m ³	0.35	22.85	29.71	8.00	0.25	2.96	0.09
	Mejoramiento con material selecto	m ³	15.13	169.26	220.04	2,560.40	79.86	948.30	29.58
	Botar material de excavación	m ³	34.38	92.00	119.60	3,163.08	98.66	1,171.51	36.54
	Concreto Ciclópeo					54,664.46	1,705.07	20,246.10	631.51
	Cabezales (Entrada y Salida)	m ³	2.77	3,857.76	5,015.09	10,689.85	333.43	3,959.20	123.49
	Aletones (Salida)	m ³	9.13	3,857.76	5,015.09	35,213.63	1,098.37	13,042.09	406.80
	Losa-Cortina (Entrada y Salida)	m ³	0.25	3,857.76	5,015.09	968.30	30.20	358.63	11.19
	Diente cortina (Entrada y Salida)	m ³	2.02	3,857.76	5,015.09	7,792.68	243.07	2,886.18	90.03
	Tubería					36,570.84	1,140.70	13,544.76	422.48
	Tubería de 30" (longitud de 8.0 m)	ml	6.10	5,995.22	7,793.79	36,570.84	1,140.70	13,544.76	422.48
	SEÑALAMIENTO VIAL					50,655.72	1,580.03	18,761.38	585.20
	Señalamiento Vertical					10,290.72	320.98	3,811.38	118.88
801(1a)	Señales Tipo 1 (Alto y doble vía)	c/u	2.00	3,755.24	4,881.81	7,510.48	234.26	2,781.66	86.76
801(1b)	Señales Tipo 2 Zona Escolar)	c/u	1.00	2,780.24	3,614.31	2,780.24	86.72	1,029.72	32.12
801(1c)	Señales Tipo 3 (Guarde Silencio)	c/u	0.00	2,780.24	3,614.31	0.00	0.00	0.00	0.00
	Señalamiento Horizontal					40,365.00	1,259.05	14,950.00	466.31
802(3a)	Linea segmentada en la línea central	ml	2,700.00	14.95	19.44	40,365.00	1,259.05	14,950.00	466.31
	LIMPIEZA					13,971.92	435.81	5,174.79	161.41
	Limpieza y Entrega Final	Glb	1.00	13,971.92	18,163.50	13,971.92	435.81	5,174.79	161.41
	Sub-Total Sin Impuestos					13,630,854.08	425,167.00	5,048,464.47	157,469.26
	Impuesto Municipal (1.0%)					136,308.54	4,251.67	50,484.64	1,574.69
	Impuesto sobre la Renta (2%)					272,617.08	8,503.34	100,969.29	3,149.39
	Utilidades (12%)					1,635,702.49	51,020.04	605,815.74	18,896.31
	Impuesto al Valor Agregado I.V.A. (15.0%)					2,044,628.11	63,775.05	757,269.67	23,620.39
	TOTAL GENERAL					17,720,110.30	552,717.10	6,563,003.82	204,710.04

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

De acuerdo con los resultados del Take Off se puede concluir que, para este tramo de 2,700 metros lineales de Adoquinado y Drenaje Vial, se obtuvo los siguientes resultados por Etapa:

Cuadro- 114: Resumen de Costos por Etapas.

CONCEPTO DE OBRA	COSTO TOTAL (C\$)	COSTO TOTAL (USD\$)	COSTO POR KILOMETRO (CORDOBAS C\$)	COSTO POR KILOMETRO (DÓLAR USD\$)
PRELIMINARES	99,516.73	3,104.07	36,858.05	1,149.66
MOVIMIENTO DE TIERRA	1,589,945.08	49,592.80	588,868.55	18,367.70
EXCAVACIÓN Y TERRAPLENADO	2,507,987.11	78,227.91	928,884.11	28,973.30
SECCION DE CALLES	9,268,380.77	289,094.85	3,432,733.62	107,072.17
DRENAJE VIAL	100,396.75	3,131.53	37,183.98	1,159.83
SEÑALAMIENTO VIAL	50,655.72	1,580.03	18,761.38	585.20
LIMPIEZA	13,971.92	435.81	5,174.79	161.41
COSTO DIRECTO	13,630,854.08	425,167.00	5,048,464.47	157,469.26
COSTOS INDIRECTOS	4,089,256.22	127,550.10	1,514,539.34	47,240.78
COSTO TOTAL	17,720,110.30	552,717.10	6,563,003.82	204,710.04

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

De acuerdo con el **cuadro-120** el costo total del Proyecto será de **C\$ 17,720,110.30** que equivale a **\$ 552,717.10**. Para un costo por Kilómetro de **C\$ 6,563,003.82** que equivale a **\$ 204,710.04**.

CONCLUSIONES.

De acuerdo con los objetivos planteados inicialmente se ha concluido que:

En el Capítulo II: Estudio de Tráfico.

A partir de Conteos vehiculares realizados durante 7 días consecutivos (una semana), en períodos de 12 horas diurnas se obtuvo un TPDA de **1093 vehículo/día**.

Para la proyección del tráfico se utilizó una tasa de crecimiento del **4.32%**, obtenida mediante las correlaciones del TDPA ECD142– PIB, TPDA ECD142– POB y utilizando las variables de las tasas de crecimiento históricas. Se obtuvo el número de repeticiones por eje equivalente (**ESAL's**) o **W18= 2,848,718.00**

En el Capítulo III: Estudio Geotécnico.

Se realizaron un total de 28 sondeos manuales con profundidades máximas de 1.5 metros los cuales evidencian que superficialmente existe una capa de rodamiento de 15 a 40 cm de espesor, sus suelos están compuestos en su mayoría de grava limosa con arena y de arenas limosas con arcilla tipo A– 7– 5, A– 7– 6, A-5, y A-2-4 son tipos de suelo de regular calidad a deficiente calidad para ser utilizados como base.

Se utilizará como fuente de materiales para capa de base el Banco No. 2, debido a que su resistencia (CBR=86%) se ajusta a lo establecido en la sección II del Artículo– 1003.23 de la NIC– 2000, en donde se plantean los requisitos que debe cumplir un material utilizado como base granular, para ser utilizado en la estructura de pavimento diseñada.

Se utilizará como fuente de materiales para capa subbase el Banco No. 1, debido a que su resistencia (CBR=61%) se ajusta a lo establecido en la sección II del Artículo– 1003.23 de la NIC– 2000, en donde se plantean los requisitos que debe cumplir un material utilizado como subbase granular.

En el Capítulo IV: Diseño de Pavimento.

En tramo de estudio el diseño de la estructura de pavimento, se utilizó el método AASHTO 93, obteniendo como resultado un ESAL's de diseño de **2,848,718.00** y un CBR de diseño de **6.1%**. Los coeficientes de capa obtenidos fueron los valores siguientes: Un a_1 de **0.45**, este coeficiente estructural ya está definido para la capa de rodamiento (Adoquín), un a_2 de **0.137** el que se obtuvo haciendo uso del nomograma para base granular no tratada y un a_3 de **0.129** el que se obtuvo haciendo uso del nomograma para sub-base granular no tratada.

Los espesores resultantes fueron, de: **4.0 pulgadas** para la carpeta de rodamiento (adoquín) y **7.0 pulgadas** para la base y **6.0 pulgadas** para la Sub-base.

En el **Estudio Hidrológico y Diseño Hidráulico**, se identificaron 13 Microcuencas, de las cuales 15 son cunetas y 3 son badenes y 2 son alcantarillas. La única estructura existentes del drenaje menor es una alcantarilla doble (Mc-3), con Tubos de concreto de 30 pulgadas, al ser evaluado se demostró que esta tiene la capacidad de evacuar el caudal de diseño generado por la cuenca de aportación. En cuanto a las obras de Drenaje Propuestas de acuerdo con el Caudal de mayor Importancia para Microcuencas de drenaje Longitudinal se necesitan Cunetas con caite de 0.30 metros y un tirante (Y), de 0.25 metros. Para drenaje transversal se tomó como caudal de diseño el de la Mc-5 que según esta se necesitan Badenes con tirante (Y), de 0.30 metros y ancho de 0.60 metros.

En el **Presupuesto**, el resultado de los Costos Directos fue de un total de **C\$ 13,630,854.08** córdobas y el resultado de los costos Indirectos fue de **C\$ 4,089,256.22** córdobas, para un monto total de **C\$ 17,720,110.30** córdobas equivalentes a **\$ 552,717.10** dólares, para ello se utilizó una tasa de cambio de **C\$ 32.06** que equivale a \$1(un dólar americano). El costo por Kilometro para este proyecto de 2.7 kilómetros fue de **C\$ 6,563,003.82** córdobas equivalentes a **\$ 204,710.04** dólares.

RECOMENDACIONES.

- Se recomienda realizar un corte de 0.40 metros y reemplazar con material de préstamo de los bancos analizados en el estudio geotécnico.
- Se recomienda utilizar como fuente de material para la capa base el banco de préstamo **N°2 (La Thompson)**, con el cual se diseñó la estructura de pavimento articulado.
- Se recomienda utilizar como fuente de material para la capa Subbase el banco de préstamo **N°1 (San Pedro)**, con el cual se diseñó la estructura de pavimento articulado.
- En la elaboración de la capa base y subbase, se debe constatar que el material no esté contaminado, que esté libre de cualquier otro material, ya sea bolsas, trozos de árboles o rocas muy grandes, ya que esto disminuirá la resistencia de la estructura y provocaría hundimientos en la estructura de rodamiento.
- El material de relleno deberá ser colocado en capas no excedan de 18 centímetros y 15 centímetros de espesor para base y subbase respectivamente; cada capa deberá ser compactada totalmente como fue estipulado anteriormente.
- Las pruebas de compactación serán solicitadas por la supervisión una vez finalizada la construcción de la base mejorada con cemento, el laboratorio será seleccionado por el contratante debiendo estar debidamente autorizado por el MTI, el grado de compactación mínimo requerido deberá de ser del 95% de compactación estándar.
- Verificar que los adoquines y arena a emplearse cumplan con las especificaciones de calidad y resistencia expuestas en las normas AASHTO y en el presente documento.

- El adoquín a usarse es el tipo "TRAFICO", de concreto de 3500 PSI, sin rajaduras ni defectos en las aristas, sin orificios en sus partes planas y de buena textura.
- El dueño no hará pago adicional por adoquines que resulten de mala calidad, es obligación del Contratista adquirir adoquines de la calidad especificada y que sean a entera satisfacción del dueño. La superficie adoquinada, una vez terminada deberá tener un bombeo del 3% lateral para facilitar el escurrimiento del agua.
- Se deberá colocar una capa de 5 centímetros de arena. La arena que se utilizará deberá ser pasada el 100% por la malla No. 4 y deberá estar libre de terrones de arcilla, basura o cualquier otro material inadecuado, libre de material orgánico o material de pómez.
- Respetar las pendientes de esorrentía para este tipo de superficies ya que al tratarse de adoquín y pendiente muy elevada podría desencajonarlos.
- Las estructuras de drenaje menor deberán ser diseñadas con concreto que tenga una fatiga mínima a la ruptura de 3,000 PSI de compresión a los 28 días de colado en la obra.
- Para la alcantarilla sencilla de la estación 1+442, se deberá utilizar un Tubo de Concreto de 30 pulgadas resultante en el diseño Hidráulico.
- La alcantarilla doble existente de la estación 0+218, tiene la capacidad hidráulica para soportar el caudal resultante, por lo que se recomienda mantener sus dimensiones actuales, solamente se le dará mantenimiento, limpieza y eliminación de maleza, para su correcto funcionamiento.
- Para garantizar una aproximación del costo total del proyecto se deben realizar actualizaciones de precios debido a las fluctuaciones existentes en el mercado.

BIBLIOGRAFÍA.

AASHTO, e. a. (93). Diseño de Pavimentos AASHTO 93 (3ra edicion). San Juan: instituto Nacional de Carreteras de Estados Unidos.

Ayllón Acosta, J. (2004). Guia de pavimentos de concreto Asfaltico. Cochabamba Bolivia: Cochabamba.

Fonseca, A. M. (2011). Ingenieria de Pavimentos para Carreteras 2da edición.

Hoel, N. J. (2005). Ingeniería de Tránsito y carreteras. Mexico: International Thomson Editores, S.A. de C.V.

Guía Hidráulica para el Diseño de Obras de Drenaje en Caminos Rurales. PAST-DANIDA, I. E. Nicaragua. (septiembre de 2004).

MTI. (2008). Manual para Revisión de Estudios Geotécnicos.

MTI. (2008). Manual para la Revisión de Estudios Hidrotécnicos de drenaje menor.

MTI. (2016). Anuario de Aforos de Tráfico . Managua.

NIC. (2000). Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes.

SIECA. (2002). Manual Centroamericano para el diseño de Pavimentos.

SIECA. (2004). Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales.

Villalaz, C. (1976-1980). Mecánica de Suelos y Cimentaciones. Monterrey -México: Limusa Noriega Editores.

ANEXOS

ANEXOS.

Anexo 1 (Imagen 34): Macro Localización.



Fuente: Google Maps.

Anexo 2 (Imagen 35): Micro Localización.



Fuente: Google Earth.

Anexo 3 (Fotos): Situación actual del tramo.

Foto 1: Inicio del Tramo en Estudio (Est. 0+000).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Foto 2: Erosión avanzada de la carpeta de rodamiento (Est. 0+600).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Foto 3: Estado crítico de la carpeta rodamiento (Est. 0+950).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Foto 4: Estado actual de la vía en época de invierno (Est. 1+050).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Foto 5: Fin del tramo (Est. 2+700).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Anexo 4 (Foto 6): Banco identificado a lo largo del Tramo.
(Est. 1+700, banda Izquierda).



Fuente: Google Maps.

Anexo 5 (Cuadro – 115): Formato de Conteo Vehicular.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Sede Regional Del Norte - Recento Augusto C. Sandino																							
FORMATO DE CONTEOS DE TRÁFICO															FECHA CONTEO:								
TRAMO CARRETERO:					SENTIDO:					AFORADOR:													
ESTACION:																							
Hora	Bicic	Moto	Vehiculos Livianos						Pesados de Pasajeros			Pesados de Cargo						Veh. Pesados					
			Autos		Jeep	Camionetas Pick UPs			Mbus	MB > 15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C4	C2R2	C2R3	TxSix5	T3S2	T3S3	Otros	Veh. Const	Veh. Agríc
12:3	12:34	12:345678	12:345678910	12:345678910	12:345678910	12:345678910	12:34	12:345	12:345	12:34567	12:34	12:3	12:34	12:345	12:345	12:345	12:34	12:34	12:34	12:34	12:34	12:34	12:345
4:56	5:678	9:1011121314	11:121314151617	12:13141516171819	20:212223242526	27:282930313233	34:353637383940	41:424344454647	14:1516	17:1819	16:1718	22:232425	21:222324	14:15	12:13	14:15	16:1718	19:2021	19:2021	18:19	14:1516	15:16	16
7:89	9:1011	15:16171819	18:1920212223	24:2526272829	27:282930313233	34:353637383940	41:424344454647	14:1516	17:1819	16:1718	22:232425	21:222324	14:15	12:13	14:15	16:1718	19:2021	19:2021	18:19	14:1516	15:16	16	
10:11	12:1314	20:212223	24:2526272829	27:282930313233	34:353637383940	41:424344454647	14:1516	17:1819	16:1718	22:232425	21:222324	14:15	12:13	14:15	16:1718	19:2021	19:2021	18:19	14:1516	15:16	16		
12:13	15:1617	24:252627	30:3132333435	34:353637383940	41:424344454647	14:1516	17:1819	16:1718	22:232425	21:222324	14:15	12:13	14:15	16:1718	19:2021	19:2021	18:19	14:1516	15:16	16			
14:15	18:19	28:293031	36:37383940	41:424344454647	14:1516	17:1819	16:1718	22:232425	21:222324	14:15	12:13	14:15	16:1718	19:2021	19:2021	18:19	14:1516	15:16	16				
12:3	12:34	12:345678	12:345678910	12:345678910	12:345678910	12:345678910	12:34	12:345	12:345	12:34567	12:34	12:3	12:34	12:345	12:345	12:345	12:34	12:34	12:34	12:34	12:34	12:34	12:345
4:56	5:678	9:1011121314	11:121314151617	12:13141516171819	20:212223242526	27:282930313233	34:353637383940	41:424344454647	14:1516	17:1819	16:1718	22:232425	21:222324	14:15	12:13	14:15	16:1718	19:2021	19:2021	18:19	14:1516	15:16	16
7:89	9:1011	15:16171819	18:1920212223	24:2526272829	27:282930313233	34:353637383940	41:424344454647	14:1516	17:1819	16:1718	22:232425	21:222324	14:15	12:13	14:15	16:1718	19:2021	19:2021	18:19	14:1516	15:16	16	
10:11	12:1314	20:212223	24:2526272829	27:282930313233	34:353637383940	41:424344454647	14:1516	17:1819	16:1718	22:232425	21:222324	14:15	12:13	14:15	16:1718	19:2021	19:2021	18:19	14:1516	15:16	16		
12:13	15:1617	24:252627	30:3132333435	34:353637383940	41:424344454647	14:1516	17:1819	16:1718	22:232425	21:222324	14:15	12:13	14:15	16:1718	19:2021	19:2021	18:19	14:1516	15:16	16			
14:15	18:19	28:293031	36:37383940	41:424344454647	14:1516	17:1819	16:1718	22:232425	21:222324	14:15	12:13	14:15	16:1718	19:2021	19:2021	18:19	14:1516	15:16	16				
12:3	12:34	12:345678	12:345678910	12:345678910	12:345678910	12:345678910	12:34	12:345	12:345	12:34567	12:34	12:3	12:34	12:345	12:345	12:345	12:34	12:34	12:34	12:34	12:34	12:34	12:345
4:56	5:678	9:1011121314	11:121314151617	12:13141516171819	20:212223242526	27:282930313233	34:353637383940	41:424344454647	14:1516	17:1819	16:1718	22:232425	21:222324	14:15	12:13	14:15	16:1718	19:2021	19:2021	18:19	14:1516	15:16	16
7:89	9:1011	15:16171819	18:1920212223	24:2526272829	27:282930313233	34:353637383940	41:424344454647	14:1516	17:1819	16:1718	22:232425	21:222324	14:15	12:13	14:15	16:1718	19:2021	19:2021	18:19	14:1516	15:16	16	
10:11	12:1314	20:212223	24:2526272829	27:282930313233	34:353637383940	41:424344454647	14:1516	17:1819	16:1718	22:232425	21:222324	14:15	12:13	14:15	16:1718	19:2021	19:2021	18:19	14:1516	15:16	16		
12:13	15:1617	24:252627	30:3132333435	34:353637383940	41:424344454647	14:1516	17:1819	16:1718	22:232425	21:222324	14:15	12:13	14:15	16:1718	19:2021	19:2021	18:19	14:1516	15:16	16			
14:15	18:19	28:293031	36:37383940	41:424344454647	14:1516	17:1819	16:1718	22:232425	21:222324	14:15	12:13	14:15	16:1718	19:2021	19:2021	18:19	14:1516	15:16	16				
12:3	12:34	12:345678	12:345678910	12:345678910	12:345678910	12:345678910	12:34	12:345	12:345	12:34567	12:34	12:3	12:34	12:345	12:345	12:345	12:34	12:34	12:34	12:34	12:34	12:34	12:345
4:56	5:678	9:1011121314	11:121314151617	12:13141516171819	20:212223242526	27:282930313233	34:353637383940	41:424344454647	14:1516	17:1819	16:1718	22:232425	21:222324	14:15	12:13	14:15	16:1718	19:2021	19:2021	18:19	14:1516	15:16	16
7:89	9:1011	15:16171819	18:1920212223	24:2526272829	27:282930313233	34:353637383940	41:424344454647	14:1516	17:1819	16:1718	22:232425	21:222324	14:15	12:13	14:15	16:1718	19:2021	19:2021	18:19	14:1516	15:16	16	
10:11	12:1314	20:212223	24:2526272829	27:282930313233	34:353637383940	41:424344454647	14:1516	17:1819	16:1718	22:232425	21:222324	14:15	12:13	14:15	16:1718	19:2021	19:2021	18:19	14:1516	15:16	16		
12:13	15:1617	24:252627	30:3132333435	34:353637383940	41:424344454647	14:1516	17:1819	16:1718	22:232425	21:222324	14:15	12:13	14:15	16:1718	19:2021	19:2021	18:19	14:1516	15:16	16			
14:15	18:19	28:293031	36:37383940	41:424344454647	14:1516	17:1819	16:1718	22:232425	21:222324	14:15	12:13	14:15	16:1718	19:2021	19:2021	18:19	14:1516	15:16	16				
12:3	12:34	12:345678	12:345678910	12:345678910	12:345678910	12:345678910	12:34	12:345	12:345	12:34567	12:34	12:3	12:34	12:345	12:345	12:345	12:34	12:34	12:34	12:34	12:34	12:34	12:345
4:56	5:678	9:1011121314	11:121314151617	12:13141516171819	20:212223242526	27:282930313233	34:353637383940	41:424344454647	14:1516	17:1819	16:1718	22:232425	21:222324	14:15	12:13	14:15	16:1718	19:2021	19:2021	18:19	14:1516	15:16	16
7:89	9:1011	15:16171819	18:1920212223	24:2526272829	27:282930313233	34:353637383940	41:424344454647	14:1516	17:1819	16:1718	22:232425	21:222324	14:15	12:13	14:15	16:1718	19:2021	19:2021	18:19	14:1516	15:16	16	
10:11	12:1314	20:212223	24:2526272829	27:282930313233	34:353637383940	41:424344454647	14:1516	17:1819	16:1718	22:232425	21:222324	14:15	12:13	14:15	16:1718	19:2021	19:2021	18:19	14:1516	15:16	16		
12:13	15:1617	24:252627	30:3132333435	34:353637383940	41:424344454647	14:1516	17:1819	16:1718	22:232425	21:222324	14:15	12:13	14:15	16:1718	19:2021	19:2021	18:19	14:1516	15:16	16			
14:15	18:19	28:293031	36:37383940	41:424344454647	14:1516	17:1819	16:1718	22:232425	21:222324	14:15	12:13	14:15	16:1718	19:2021	19:2021	18:19	14:1516	15:16	16				

Fuente: Facilitador. Ing. Jimmy Sierra.

Anexo – 6: Conteo Vehicular de 7 días.

Cuadro – 116: Conteo Vehicular Miércoles.

HORA	FECHA DE CONTEO: MIÉRCOLES 03 DE ENERO 2018														SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS				UBICACIÓN: BARRIO BETANIA EST. 2+700			Total
	Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros			Vehículos de Carga							Equipo Pesado							
	Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	C2 Liv.	C2	C3	C4	C2-R2	C2-R3	T3-S2	V.A.	V.C.	Otros					
					<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.													
06:00	07:00	19	4	0	10	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	38				
07:00	08:00	24	0	3	9	2	0	0	4	10	13	0	0	0	1	0	0	66				
08:00	09:00	14	4	1	21	0	0	0	5	15	19	0	0	0	0	0	0	79				
09:00	10:00	20	8	5	14	3	0	0	6	4	26	0	0	0	1	0	0	87				
10:00	11:00	15	2	3	11	0	1	0	7	13	16	0	0	0	0	0	0	68				
11:00	12:00	21	5	10	12	5	0	0	6	6	12	0	0	0	1	1	0	79				
12:00	13:00	19	9	9	25	4	0	0	5	9	2	0	0	0	0	0	0	82				
13:00	14:00	11	6	6	13	0	2	0	3	5	13	0	0	0	0	0	0	59				
14:00	15:00	9	3	3	17	2	0	0	5	6	14	0	0	0	0	0	0	59				
15:00	16:00	8	4	5	12	0	1	0	7	9	15	0	0	0	1	0	0	62				
16:00	17:00	11	6	2	19	3	0	0	9	13	11	0	0	0	1	0	0	75				
17:00	18:00	26	11	7	23	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	73				
TOTAL		197	62	54	186	19	4	0	60	96	143	0	0	0	2	4	0	827				

Fuente: Levantado por Sustentantes.

Cuadro – 117: Conteo Vehicular Jueves.

HORA	FECHA DE CONTEO: JUEVES 04 DE ENERO 2018														SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS				UBICACIÓN: BARRIO BETANIA EST. 2+700			Total
	Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros			Vehículos de Carga							Equipo Pesado							
	Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	C4	C2-R2	C2-R3	T3-S2	V.A.	V.C.	Otros					
					<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.													
06:00	07:00	17	3	1	14	0	0	0	1	2	0	0	0	0	1	0	0	39				
07:00	08:00	27	6	4	19	4	0	0	3	10	10	0	0	0	0	0	0	83				
08:00	09:00	15	3	1	21	0	2	0	4	14	21	0	0	0	2	0	0	83				
09:00	10:00	22	4	2	11	7	0	0	9	11	14	0	0	0	1	0	0	81				
10:00	11:00	17	2	9	9	0	0	0	6	9	25	0	0	0	0	0	0	77				
11:00	12:00	13	5	5	18	3	0	0	1	8	9	0	0	0	1	0	0	63				
12:00	13:00	22	4	3	13	0	0	0	4	5	17	0	0	0	1	0	0	69				
13:00	14:00	14	3	2	10	2	1	0	3	2	9	0	0	0	1	0	0	47				
14:00	15:00	16	6	2	14	0	0	0	6	7	12	0	0	0	0	0	0	63				
15:00	16:00	9	4	6	17	5	2	0	5	12	19	0	0	0	0	0	0	79				
16:00	17:00	30	8	14	22	4	1	0	11	6	16	0	0	0	0	0	0	112				
17:00	18:00	13	2	3	6	2	0	0	4	2	3	0	0	0	0	0	0	35				
TOTAL		215	50	52	174	27	6	0	57	88	155	0	0	0	2	5	0	831				

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Cuadro – 118: Conteo Vehicular Viernes.

HORA		FECHA DE CONTEO: VIERNES 05 DE ENERO 2018 SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS UBICACIÓN: BARRIO BETANIA EST. 2+700														Total		
		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros			Vehículos de Carga						Equipo Pesado			
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus <15 s.	MnBus 15-30 s.	Bus 30+ s.	Liv. 2-5 t.	C2 5+ t.	C3	C4	C2-R2	C2-R3	T3-S2		V.A.	V.C.
06:00	07:00	31	3	1	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	62
07:00	08:00	22	7	4	12	4	0	0	5	9	11	0	0	0	0	0	0	74
08:00	09:00	11	16	3	16	2	0	0	4	7	19	0	0	0	1	0	0	79
09:00	10:00	9	8	5	13	8	2	0	2	17	29	0	0	0	1	0	0	94
10:00	11:00	16	11	0	9	1	1	0	3	8	12	0	0	0	0	0	0	61
11:00	12:00	9	6	0	14	3	0	0	6	5	10	0	0	0	1	1	0	55
12:00	13:00	21	1	1	12	2	0	0	1	3	15	0	0	0	0	0	0	56
13:00	14:00	16	3	5	15	5	0	0	7	9	11	0	0	0	0	0	0	71
14:00	15:00	13	5	2	9	4	0	0	4	12	9	0	0	0	0	2	0	60
15:00	16:00	17	11	7	13	3	0	0	1	9	15	0	0	0	0	0	0	76
16:00	17:00	18	9	1	23	2	0	0	9	10	21	0	0	0	0	0	0	93
17:00	18:00	21	6	5	11	0	0	0	1	5	5	0	0	0	0	1	0	55
TOTAL		204	86	34	173	34	3	0	43	94	157	0	0	0	2	6	0	836

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Cuadro – 119: Conteo Vehicular Sábado.

HORA		FECHA DE CONTEO: SABADO 06 DE ENERO 2018 SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS UBICACIÓN: BARRIO BETANIA EST. 2+700														Total		
		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros			Vehículos de Carga						Equipo Pesado			
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus <15 s.	MnBus 15-30 s.	Bus 30+ s.	Liv. 2-5 t.	C2 5+ t.	C3	C4	C2-R2	C2-R3	T3-S2		V.A.	V.C.
06:00	07:00	10	2	3	22	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	40
07:00	08:00	9	5	7	13	2	0	0	1	7	10	0	0	0	0	0	0	54
08:00	09:00	19	2	2	11	1	0	0	1	11	12	0	0	0	1	0	0	60
09:00	10:00	19	7	8	8	4	0	0	4	13	22	0	0	0	1	0	0	86
10:00	11:00	15	1	2	10	0	0	0	1	7	10	0	0	0	1	0	0	47
11:00	12:00	19	4	5	6	1	0	0	1	2	9	0	0	0	0	0	0	47
12:00	13:00	31	5	4	14	1	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	60
13:00	14:00	14	2	3	7	0	1	0	4	1	1	0	0	0	0	0	0	33
14:00	15:00	24	7	7	16	3	0	0	7	4	0	0	0	0	0	0	0	68
15:00	16:00	3	3	5	15	0	1	0	2	5	1	0	0	0	0	0	0	35
16:00	17:00	23	11	5	23	0	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	67
17:00	18:00	9	4	2	11	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	28
TOTAL		195	53	53	156	12	2	0	27	52	71	0	0	0	2	2	0	625

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Cuadro – 120: Conteo Vehicular Domingo.

HORA	FECHA DE CONTEO: DOMINGO 07 DE ENERO 2018														SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS			UBICACIÓN: BARRIO BETANIA EST. 2+700			Total
	Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga							Equipo Pesado							
	Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus <15 s.	MnBus 15-30 s.	Bus 30+ s.	Liv. 2-5 t.	C2 5+ t.	C3	C4	C2-R2	C2-R3	T3-S2	V.A.	V.C.	Otros				
06:00 07:00	13	4	2	15	2	1	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	42			
07:00 08:00	10	3	6	9	0	0	0	6	1	1	0	0	0	0	0	0	0	36			
08:00 09:00	23	9	2	7	1	2	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	51			
09:00 10:00	11	8	7	27	1	0	0	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	61			
10:00 11:00	9	11	5	14	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	41			
11:00 12:00	14	4	3	17	1	0	0	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	44			
12:00 13:00	24	5	1	23	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	57			
13:00 14:00	16	7	6	9	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	42			
14:00 15:00	22	1	5	8	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	42			
15:00 16:00	10	4	3	7	4	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	32			
16:00 17:00	23	3	2	20	0	0	0	3	5	0	0	0	0	0	1	0	0	57			
17:00 18:00	9	6	1	6	0	0	0	6	7	0	0	0	0	0	0	0	0	35			
TOTAL	184	65	43	162	10	9	0	24	37	5	0	0	0	0	0	0	0	539			

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Cuadro – 121: Conteo Vehicular Lunes.

HORA	FECHA DE CONTEO: LUNES 08 DE ENERO 2018														SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS			UBICACIÓN: BARRIO BETANIA EST. 2+700			Total
	Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga							Equipo Pesado							
	Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus <15 s.	MnBus 15-30 s.	Bus 30+ s.	Liv. 2-5 t.	C2 5+ t.	C3	C4	C2-R2	C2-R3	T3-S2	V.A.	V.C.	Otros				
06:00 07:00	30	8	8	13	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	64			
07:00 08:00	17	4	5	21	4	1	0	13	10	18	0	0	0	0	1	0	0	94			
08:00 09:00	14	4	6	18	1	0	0	8	8	20	0	0	0	1	0	0	0	80			
09:00 10:00	10	2	1	18	0	0	0	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	61			
10:00 11:00	18	5	7	11	0	0	0	9	11	11	0	0	0	1	0	0	0	73			
11:00 12:00	13	1	3	15	0	0	0	4	7	22	0	0	0	0	0	0	0	65			
12:00 13:00	14	6	1	11	0	0	0	5	10	13	0	0	0	0	0	0	0	60			
13:00 14:00	15	1	4	9	1	1	0	6	6	14	0	0	0	0	0	0	0	57			
14:00 15:00	18	2	2	13	0	0	0	4	9	10	0	0	0	0	2	0	0	60			
15:00 16:00	9	0	2	8	4	1	0	3	11	11	0	0	0	0	0	0	0	49			
16:00 17:00	22	10	1	12	1	0	0	7	10	12	0	0	0	0	0	0	0	75			
17:00 18:00	9	3	1	13	0	0	0	0	5	3	0	0	0	0	0	0	0	34			
TOTAL	189	46	41	162	13	3	0	69	100	144	0	0	0	2	3	0	0	772			

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Cuadro – 122: Conteo Vehicular Martes.

HORA	FECHA DE CONTEO: MARTES 09 DE ENERO 2018															SENTIDOS: AMBOS SENTIDOS			UBICACIÓN: BARRIO BETANIA EST. 2+700			Total
	Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros			Vehículos de Carga							Equipo Pesado							
	Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	C4	C2-R2	C2-R3	T3-S2	V.A.	V.C.	Otros					
					<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.													
06:00 07:00	27	3	7	16	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	55				
07:00 08:00	15	5	4	19	2	3	0	16	9	17	0	0	0	0	2	0	0	92				
08:00 09:00	18	4	3	16	1	0	0	7	11	22	0	0	0	1	0	0	0	83				
09:00 10:00	11	2	2	24	0	0	0	13	9	13	0	0	0	0	0	0	0	74				
10:00 11:00	19	3	6	10	0	0	0	9	13	15	0	0	0	1	2	0	0	78				
11:00 12:00	11	2	4	13	0	0	0	7	9	20	0	0	0	0	1	0	0	67				
12:00 13:00	10	3	2	15	0	0	0	5	10	13	0	0	0	0	0	0	0	58				
13:00 14:00	17	1	5	9	1	1	0	8	14	14	0	0	0	0	0	0	0	70				
14:00 15:00	20	2	3	12	0	0	0	2	8	10	0	0	0	0	2	0	0	59				
15:00 16:00	10	0	3	9	2	1	0	5	16	16	0	0	0	0	0	0	0	62				
16:00 17:00	24	7	5	10	1	0	0	7	9	11	0	0	0	0	0	0	0	74				
17:00 18:00	19	2	1	6	0	0	0	2	6	5	0	0	0	0	0	0	0	41				
TOTAL	201	34	45	159	8	5	0	81	115	156	0	0	0	2	7	0	0	813				

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Anexo – 7: Volumen Horario (VH).

Cuadro-123: Aforo Vehicular Día 1.

Aforo día 1: Miércoles 03 de Enero de 2018	
HORA / SENTIDO	AMBOS SENTIDOS
6-7	38
7-8	66
8-9	79
9-10	87
10-11	68
11-12	79
12-1	82
1-2	59
2-3	59
3-4	62
4-5	75
5-6	73
Volumen Horario de Máxima Demanda	82 Veh/hora (12-1)
Volumen Diurno (12 horas)	827 vehículos (6 am - 6 pm)

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Cuadro-124: Aforo Vehicular Día 2.

<i>HORA / SENTIDO</i>	<i>AMBOS SENTIDOS</i>
6-7	39
7-8	83
8-9	83
9-10	81
10-11	77
11-12	63
12-1	69
1-2	47
2-3	63
3-4	79
4-5	112
5-6	35
Volumen Horario de Máxima Demanda	112 Veh/hora (4-5)
Volumen Diurno (12 horas)	831 vehículos (6 am - 6 pm)

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Cuadro-125: Aforo Vehicular Día 3.

Aforo día 3: Viernes 05 de Enero de 2018	
<i>HORA / SENTIDO</i>	<i>AMBOS SENTIDOS</i>
6-7	62
7-8	74
8-9	79
9-10	94
10-11	61
11-12	55
12-1	56
1-2	71
2-3	60
3-4	76
4-5	93
5-6	55
Volumen Horario de Máxima Demanda	94 Veh/hora (9-10)
Volumen Diurno (12 horas)	836 vehículos (6 am - 6 pm)

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Cuadro-126: Aforo Vehicular Día 4.

Aforo día 4: Sábado 06 de Enero de 2018	
HORA / SENTIDO	AMBOS SENTIDOS
6-7	40
7-8	54
8-9	60
9-10	86
10-11	47
11-12	47
12-1	60
1-2	33
2-3	68
3-4	35
4-5	67
5-6	28
Volumen Horario de Máxima Demanda	86 Veh/hora (9-10)
Volumen Diurno (12 horas)	625vehículos (6 am - 6 pm)

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Cuadro-127: Aforo Vehicular Día 5.

Aforo día 5: Domingo 07 de Enero de 2018	
HORA / SENTIDO	AMBOS SENTIDOS
6-7	42
7-8	36
8-9	51
9-10	61
10-11	41
11-12	44
12-1	57
1-2	42
2-3	42
3-4	32
4-5	57
5-6	35
Volumen Horario de Máxima Demanda	61 Veh/hora (9-10)
Volumen Diurno (12 horas)	539 vehículos (6 am - 6 pm)

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Cuadro-128: Aforo Vehicular Día 6.

Aforo día 6: Lunes 08 de Enero de 2018	
HORA / SENTIDO	AMBOS SENTIDOS
6-7	64
7-8	94
8-9	80
9-10	61
10-11	73
11-12	65
12-1	60
1-2	57
2-3	60
3-4	49
4-5	75
5-6	34
Volumen Horario de Máxima Demanda	94 Veh/hora (7-8)
Volumen Diurno (12 horas)	772 vehículos (6 am - 6 pm)

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Cuadro-129: Aforo Vehicular Día 7.

Aforo día 7: Martes 09 de Enero de 2018	
HORA / SENTIDO	AMBOS SENTIDOS
6-7	55
7-8	92
8-9	83
9-10	74
10-11	78
11-12	67
12-1	58
1-2	70
2-3	59
3-4	62
4-5	74
5-6	41
Volumen Horario de Máxima Demanda	92 Veh/hora (7-8)
Volumen Diurno (12 horas)	813 vehículos (6 am - 6 pm)

Fuente: Elaborado por Sustentantes.

Anexo – 8 (Cuadro – 130): Listados Históricos estación N°142 (Empalme-San Nicolás -Estelí).

2015	630	674	292	1276	124	28	217	395	273	48	7	356	1		2		14	4,337
2012	573	597	345	1,427	70	12	229	391	224	34		273			2		19	4,196
2010	365	515	296	1,282	32	5	203	325	237	36		325			1		11	3,633
2008	382	536	412	1,291	42	15	219	338	242	28	1	371			1		6	3,884
2005	134	464	339	1,092	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
2016	666	712	309	1348	131	30	229	417	288	51	7	376	1		2		15	4,582

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico, MTI (Año 2016,pag. 97 PDF).

Anexo – 9- Cuadro – 131: Indicadores Macro-Económicos de PIB y POB (2001-2016).

Conceptos-Concept	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
PIB (a precios constantes) ^{1/} - Real GDP ^{1/}	27,877.4	28,087.5	28,795.5	30,325.2	31,623.9	118,838	124,870	129,161	124,908
PIB (córdobas corrientes) - Nominal GDP	55,155.3	57,376.3	61,958.5	71,155.6	81,524.4	118,838	136,950	164,602	168,791
PIB (en millones US\$) - GDP (million of US\$)	4,102.4	4,026.0	4,101.5	4,464.7	4,872.0	6,763.7	7,423.4	8,497.0	8,298.7
Población (miles de habitantes) ^{8/} - Population (thousands) ^{8/}	5,173.9	5,244.7	5,312.7	5,380.5	5,450.4	5,638.0	5,707.9	5,778.8	5,850.5
Base monetaria - Monetary base	3,366.3	3,623.2	4,498.4	5,345.5	6,338.1	8,121.8	9,847.8	10,369.5	12,425.7

Conceptos-Concept	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
PIB (a precios constantes) ^{1/} - Real GDP ^{1/}	130,416	138,654	147,661.4	154,936.8	162,351.3	170,093.2	178,017.4
PIB (córdobas corrientes) - Nominal GDP	187,053	219,182	247,993.9	271,529.8	308,403.1	343,737.9	377,349.1
PIB (en millones US\$) - GDP (million of US\$)	8,758.6	9,774.3	10,532.5	10,983.0	11,880.4	12,611.1	13,184.3
Población (miles de habitantes) ^{8/} - Population (thousands) ^{8/}	5,923.1	5,996.6	6,071.0	6,134.3	6,198.2	6,262.7	6,327.9
Base monetaria - Monetary base	14,549.8	18,278.0	19,174.4	20,466.9	23,502.5	29,661.4	29,138.0

Fuente: Informe Anual del BCN -2016.

Anexo – 10– Cuadro – 132: Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Trafico de la oficina de Diagnostico, Evaluación de pavimentos y puentes.

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, Cuadriciclos, 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 2017.

Anexo – 11 (Fotos): Tipos de Vehículos que transitan sobre el tramo.

Foto 7: Vehículo Liviano (Moto).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Foto 8: Vehículo Liviano (Carro).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Foto 9: Vehículo Liviano (Camioneta).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Foto 10: Vehículo Liviano (Camioneta).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Foto 11: Vehículo Liviano (Jeep).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Foto 12: Vehículo Liviano (Jeep).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Foto 13: Vehículo de Carga (C2 Liviano).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Foto 14: Vehículo de Carga (C2 Liviano).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Foto 15: Vehículo de Carga (C2 > 5ton).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Foto 16: Vehículo de Carga (C2 > 5ton).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Foto 17: Vehículo de Carga (C3).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Foto 18: Vehículo de Carga (C3).



Fuente: Levantado por Sustentantes.

Anexo – 12 (Cuadro – 133): Diagrama de cargas permisibles para Vehículos Liviano y Pasajeros.

Tipo de Vehículo	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	11000/22000

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).

Anexo – 13 (Cuadro –134): Diagrama de cargas permisibles para Vehículos Pesados.

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

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura vial (MTI).

Anexo – 14 (Cuadro – 135): Factores de Carga para Pavimentos, ejes simples.

Tabla 3.1. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, $p_t = 2.0$

Carga por eje (kips)	(KN)	SN					
		1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2.2	8.9	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002
4.4	17.8	.002	.003	.002	0.002	.002	.002
	26.7	.009	.012	.011	0.10	.009	.009
8.8, 9.9	35.6	.030	.035	.036	.033	.031	.029
	44.5	.075	.085	.090	.085	0.79	.076
11	53.4	.165	.177	.189	.183	.174	.168
	62.3	.325	.338	.354	.350	.338	.331
14.3	71.2	.589	.598	.613	.612	.603	.596
17.6	80.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	89.0	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
	97.9	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
	106.8	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
	115.7	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
	124.6	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
	133.5	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
	142.4	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
	151.3	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
	160.0	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
	169.1	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
	178.0	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
	186.9	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
	195.8	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
	204.7	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
	213.6	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
	222.5	113	108	97	86	81	82

Fuente: Manual AASHTO– 93 Design Requirements.

Anexo – 15 (Cuadro –136): Factores de Carga para Pavimentos, ejes Tándem.

Tabla 3.2. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tándem, $p_i = 2.0$

Carga por eje		SN					
(kips)	(KN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	pulg 3.0 (76.2)	(mm) 4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	8.9	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
4	17.8	.0003	.0003	.0003	.0002	.0002	.0002
6	26.7	.001	.001	.001	.001	.001	.001
8	35.6	.003	.003	.003	.003	.003	.002
10	44.5	.007	.008	.008	.007	.006	.006
12	53.4	.013	.016	.016	.014	.013	.012
14	62.3	.024	.029	.029	.026	.024	.023
16	71.2	.041	.048	.050	.046	.042	.040
18	80.0	.066	.077	.081	.075	.069	.066
20	89.0	.103	.117	.124	.117	.109	.105
22	97.9	.156	.171	.183	.174	.164	.158
24	106.8	.227	.244	.260	.252	.239	.231
26	115.7	.322	.340	.360	.353	.338	.329
28	124.6	.447	.465	.487	.481	.466	.455
30	133.5	.607	.623	.646	.643	.627	.617
32	142.4	.810	.823	.843	.842	.829	.819
34	151.3	1.06	1.07	1.08	1.08	1.08	1.07
36	160.0	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38
38	169.1	1.76	1.75	1.73	1.72	1.73	1.74
40	178.0	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16	2.18
42	186.9	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66	2.70
44	195.8	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24	3.31
46	204.7	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91	4.02
48	213.6	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68	4.83
50	222.5	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56	5.77
52	231.4	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56	6.83
54	240.3	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69	8.03
56	249.2	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0	9.4
58	258.1	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4	10.9
60	267.0	14.3	13.8	12.7	11.9	12.0	12.6
62	275.9	16.6	16.0	14.7	13.7	13.8	14.5
64	284.7	19.3	18.6	17.0	15.8	15.8	16.6
66	293.6	22.2	21.4	19.6	18.0	18.0	18.9
68	302.5	25.5	24.6	22.4	20.6	20.5	21.5
70	311.4	29.2	28.1	25.6	23.4	23.2	24.3
72	320.3	33.3	32.0	29.1	26.5	26.2	27.4
74	329.2	37.8	36.4	33.0	30.0	29.4	30.8
76	338.1	42.8	41.2	37.3	33.8	33.1	34.5
78	347.0	48.4	46.5	42.0	38.0	37.0	38.6
80	355.9	54.4	52.3	47.2	42.5	41.3	43.0
82	364.8	61.1	58.7	52.9	47.6	46.0	47.8
84	373.7	68.4	65.7	59.2	53.0	51.2	53.0

35.20
36.30

Fuente: Manual AASHTO– 93 Design Requirements.

Anexo – 16 (Cuadro – 137): Clasificación de suelos, según AASHTO.

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	50 máx.										
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
N° 200	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											
Límite Líquido			NO PLÁSTICO	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 máx.
Índice de Plasticidad	6máx	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
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 ente 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, AASHTO 93.

Anexo – 17: Requerimiento mínimo NIC– 2000 (Banco N°1).

Cuadro – 138: Requisitos que debe cumplir el material, para ser utilizado como base y subbase.

<i>Prueba</i>	<i>Requerimiento mínimo NIC– 2000</i>	<i>Banco de préstamo N°1</i>	<i>Valoración</i>
<i>Graduación</i>	Cuadro 1003.10	Cumple	Cumple
<i>Desgaste, Los Ángeles</i>	Máx. 50%	39%	Cumple
<i>Intemperismo Acelerado</i>	Max 12	8%	Cumple
<i>Índice de plasticidad</i>	Máx. 10%	N.P	Cumple
<i>CBR al 95% de AASHTO modificado</i>	Min. 80%/ Base	61%	No Cumple
<i>CBR al 95% de AASHTO modificado</i>	Min. 40%/Subbase	61%	Cumple

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC 2000.

Cuadro – 139: Requisitos graduación de agregados.

<i>Designación de tamiz (mm)</i>	<i>% que pasa por los tamices</i>		<i>Valoración</i>
	NIC– 2000	Banco San Pedro	
75	100	99	Cumple
4.75	30– 70	71	No Cumple
0.075	0– 15	31	No Cumple

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC 2000.

Anexo – 18: Requerimiento mínimo NIC– 2000 (Banco N°2).

Cuadro – 140: Requisitos que debe cumplir el material, para ser utilizado como base.

<i>Prueba</i>	<i>Requerimiento mínimo NIC– 2000</i>	<i>Banco La Thompson</i>	<i>Valoración</i>
<i>Graduación</i>	Cuadro 1003.10	Cumple	Cumple
<i>Desgaste, Los Ángeles</i>	Máx. 50%	48%	Cumple
<i>Índice de plasticidad</i>	Máx. 10%	N.P	Cumple
<i>Intemperismo Acelerado</i>	Max 12	11%	Cumple
<i>CBR al 95% de AASHTO modificado</i>	Min. 80%	86%	Cumple

Fuente:Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC 2000.

Cuadro – 141: Requisitos graduación de agregados.

<i>Designación de tamiz (mm)</i>	<i>% que pasa por los tamices</i>		<i>Valoración</i>
	NIC– 2000	Banco La Thompson	
75	100	100	Cumple
4.75	30– 70	39	Cumple
0.075	0– 15	7	Cumple

Fuente:Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes NIC 2000.

GLOSARIO.

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

- ✓ **Calicatas:** Son excavaciones de profundidad pequeña a media, permiten la inspección directa del suelo que se desea estudiar y, por lo tanto, es el método de exploración que normalmente entrega la información más confiable y completa para conocer la estratigrafía del subsuelo y caracterizar geotécnicamente cada uno de sus estratos. La calicata permite la toma de muestras in situ.

- ✓ **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. Mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para sub- rasante, sub base y base de pavimentos.

- ✓ **Humedad Óptima:** La humedad óptima es parte del ensayo de compactación, es la cantidad de agua a la cual se obtiene el mayor grado de compactación y se evalúa según la curva de compactación.

- ✓ **Índice de Plasticidad:** Es el rango de humedades en el que el suelo tiene un comportamiento plástico. Por definición es la diferencia entre límite líquido y el límite plástico.

- ✓ **Límites de Atterberg:** Es el procedimiento analítico que permite determinar el contenido de humedad en el cual se producen los cambios de estado de un suelo. Los límites definidos son sólido, semi- sólido, plástico o semilíquido.

- ✓ **Limite líquido:** Es el contenido de humedad correspondiente al límite entre el estado semi- líquido y plástico. Se les practican estos ensayos a los materiales que pasen la malla No.40.

- ✓ **Limite plástico:** Es el contenido de humedad correspondiente al límite entre el estado plástico y semi- sólido.

- ✓ **Módulo Resiliente:** Es una medida de la propiedad elástica de los suelos, fundamentalmente para caracterizar los materiales que constituyen la sección de un pavimento de una carretera.

- ✓ **PIB: El producto interno bruto (PIB),** es una medida macroeconómica que expresa el valor monetario de la producción de bienes y servicios de demanda final de un país durante un período determinado de tiempo.

- ✓ **Posteadora:** Es una herramienta, manual muy simple que se usa para perforaciones o sondajes en suelos blandos hasta profundidades de 5m a 6m.