UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Tecnología de la Construcción.

Monografía.

“DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO DE 4.8 KM DEL SUB-TRAMO DE CARRETERA ESTELI – COMUNIDAD SAN ROQUE. UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ESTELI, POR EL MÉTODO DE AASHTO-93”.

Para optar al título de ingeniero civil

Elaborado por

Br. Jussak Isrrael Sobalvarro Olivas.

Br. Livington David Sobalvarro Cruz.

Tutor

Msc.Ing. Jimmy Sierra Mercado.

Managua, Mayo 2018.

Managua, 07 de Mayo 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 monografía que lleva por nombre: **"DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO DE 4.8 KM DEL SUB-TRAMO DE CARRETERA ESTELI – COMUNIDAD SAN ROQUE. UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ESTELI, POR EL MÉTODO DE AASHTO-93",** está lista para entrar en el proceso de defensa, la cual fue realizada por los Bachilleres: **Jussak Isrrael Sobalvarro Olivas, Livington David Sobalvarro Cruz.** Bajo mi tutoría.

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

Sin más a que hacer referencia, le saludo.

Atentamente,

_____

Ing. Jimmy Sierra Mercado.

CC: Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC-FTC-REF-No.129
Managua, Agosto 28 del 2017

Bachilleres
JUSSAK ISRRAEL SOBALVARRO OLIVAS
LIVINGTON DAVID SOBALVARRO CRUZ
Su atención

Estimados Bachilleres:

Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su Tema **MONOGRAFICO**, titulado **"DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO DE 4,8 KM DEL SUB-TRAMO DE CARRETERA ESTELÍ - COMUNIDAD SAN ROQUE UBICADO EN EL MUNICIPIO DE ESTELÍ, POR EL MÉTODO DE AASHTO-93".** Ha sido aprobado por esta Decanatura.

Asimismo les comunico estar totalmente de acuerdo, que el **Ing. Jimmy Sierra,** sea el tutor de su trabajo final.

La fecha límite, para que presenten concluido su documento, debidamente revisado por el tutor guía será el **28 de Febrero del 2018.**

Esperando puntualidad en la entrega de la Tesis, me despido.

Atentamente,

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción
DECANO
MANAGUA, NICARAGUA

Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano

CC: Protocolo
Tutor
Archivo*Consecutivo
IJGG*Dara

DEDICATORIA.

A Dios por habernos permitido llegar a este punto y habernos dado salud para lograr nuestros objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A nuestras madres María Cristina Olivas e Irma Cruz, por todo el sacrificio a lo largo de nuestros estudios, por sus consejos, motivación día a día, valores inculcados, que nos han permitido ser unas personas de bien, pero más que nada por su amor y lealtad.

A nuestros distinguidos maestros, el siguiente trabajo va dirigido como una expresión de gratitud, ya que con nobleza y entusiasmo trasmitieron sus conocimientos.

AGRADECIMIENTO.

Agradecemos primeramente a Dios, por ser el ser supremo y guiarnos en el camino de la enseñanza.

A nuestros padres que han dado todo el esfuerzo para que nosotros ahora estemos culminando esta etapa de nuestras vidas, por apoyarnos en todos los momentos difíciles y por la confianza brindada para que el día de hoy seamos hombres de bien.

A nuestro tutor Msc. Ing. Jimmy Sierra Mercado, por su gran apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales y principalmente para la elaboración de nuestra monografía, además del tiempo compartido e impulsar el desarrollo de nuestra formación, a cada uno de nuestros maestros por apoyarnos en su momento para llegar a obtener este logro.

A la universidad Nacional de Ingeniería UNI, por brindarnos la oportunidad de estudiar y formar profesionales de calidad.

A la alcaldía Municipal de Estelí, por habernos brindado el apoyo durante la realización de esta monografía.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo monográfico, comprende todos los criterios y estudios técnicos necesarios para la realización del proyecto titulado: Diseño de la estructura de pavimento articulado de 4.8 km del Tramo Estelí- Comunidad de San Roque, por medio del método de la AASHTO 93.

Estructura del contenido.

I. Generalidades.

II. Estudio de Trafico.

III. Estudio Geotécnico.

IV. Diseño Estructural de Pavimento.

V. Estudio Hidrológico y Diseño Hidráulico

CAPÍTULO I: GENERALIDADES.

En este capítulo se aborda las generalidades del proyecto como donde estará ubicado, una breve introducción, antecedentes, justificación sobre la importancia del diseño de los 4.8 km de adoquinado y objetivos planteados necesarios para lograr con éxito su diseño final.

CAPÍTULO II: ESTUDIO DE TRÁFICO.

Se basa analizar la condición actual del tráfico sobre el tramo de carretera en estudio y su respectiva proyección; tomando como parámetro los volúmenes de tránsito obtenidos mediante aforos en el sitio de estudio, ya que el tráfico es uno de los aspectos más significativos a considerar en el diseño de pavimentos

El aforo vehicular se realizó durante 7 días sobre la vía durante 12 horas diurnas, con la finalidad de obtener el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).

Además, se estimó una tasa de crecimiento tomando en cuenta los datos históricos del TPDA de la estación de conteo vehicular más cercana a la vía (Estación 107), se realizaron las correlaciones del TPDA-PIB y del TPDA-Población.

Se proyectó el tráfico actual, considerando un periodo de diseño de 20 años en dependencia de la clasificación funcional de la vía, y por último se obtuvo el número de repeticiones por eje equivalente (ESAL's) *o* $\boldsymbol{W_{18}}$.

CAPÍTULO III: ESTUDIO GEOTÉCNICO.

Se analizaron los sondeos manuales sobre la vía a diseñar, con el objetivo de identificar las propiedades y clasificación de los diferentes estratos existentes hasta una profundidad máxima de 1.50 metros, dicho proceso inicio en la estación 0+000 y finalizó en la estación 4+800.

Se escogió el banco de materiales **Nº2 (Las Pintadas),** los datos de laboratorio de los bancos de materiales fueron facilitados por la Alcaldía de Estelí y realizados por la empresa Institutos de Suelos y Materiales S.A (INSUMA).

Los suelos que predominan a lo largo del tramo son A-2-7 y A-2-6. Según las especificaciones (NIC Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes. NIC 2000), son suelos de regular calidad para sub-rasante.

CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO.

Conociendo las propiedades del suelo y una vez realizada las proyecciones del tráfico se procedió a calcular los espesores del paquete estructural utilizando los nomogramas y se finalizó haciendo uso del software WinPAS (Pavement Analysis Software versión (1.0.4).

Se diseñó una alternativa de pavimento articulado aplicando la metodología AASHTO 93.

Las principales variables para determinar los espesores estructura de pavimento articulado del tramo en estudio 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.**

En este capítulo se utilizó el SoftwareWinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4), para verificar los cálculos realizados de forma manual con los resultados del programa, con el objetivo de verificar que el diseño cumpla a los esfuerzos que será sometido.

CAPÍTULO V: Estudio Hidrológico y Diseño Hidráulico.

El desarrollo de este capítulo comprende un estudio hidrológico del tramo Estelí – Comunidad San Roque de 4.8 Kilómetros, para las obras de drenajes existentes que son 12 alcantarillas las cuales según la evaluación todas cumplen con el caudal de diseño y se conservaran los diámetros. Entre las nuevas obras de drenaje, se identificaron 10 Micro-cuencas que se analizaron de las cuales 3 son Badenes y 7 cunetas tipo triangulares, los cálculos hidráulicos fueron realizados utilizando el programa Hcanales.

ÍNDICE

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION. 1
1.2 ANTECEDENTES. 2
1.3 JUSTIFICACION. 3
1.4 OBJETIVOS. 4
1.4.1 Objetivo General. 4
1.4.2 Objetivos Específicos. 4

CAPITULO II

ESTUDIO DE TRÁNSITO

2.1 Generalidades. 5
2.2. Recopilación de datos. 5
2.2.1. Tipos de vehículos. 6
2.2.2. Clasificación del tipo de vehículo por la disposición de sus ejes. 7
2.3. Procesamiento de información. 7
2. 4. Análisis de la información obtenida. 7
2.5 Ubicación de Conteo vehicular. 7
2. 6 Procesamiento de datos. 8
2. 6. 1 Resumen del aforo vehicular. 9
2. 7 Composición Vehicular. 12
2. 7. 1 Determinación de tasas. 13
2. 7. 2 Tasas de crecimiento. 14
2. 7. 3 Análisis del Producto Interno Bruto (PIB). 17
2. 7. 4 Análisis de Población (POB). 17
2. 7. 5 Proyección de tráfico. 18
2. 7. 6 Calculo de Proyección de tráfico. 21
2. 8 Análisis de la información obtenida. 23
2. 9 Tráfico de diseño. 24
2. 9. 1 Factor de Crecimiento. 24

2. 9. 2 Período de Diseño (PD).....24
2. 9. 3 Factor Distribución Por Dirección (FD). 25
2. 9. 4 Factor Distribución Por Carril (fc).....25
2. 9. 5 El Índice de Serviciabilidad Inicial (Po). 26
2. 9. 6 El Índice de Serviciabilidad Final (Pt). 26
2. 9. 7 Pérdida de Serviciabilidad (ΔPSI). 26
2. 9. 8 Número Estructural Asumido (SN).....27
2. 9. 10 Factor de Equivalencia (FESAL).....27
2. 10 Ejes Equivalentes (ESAL o W18). 27

CAPITULO III

ESTUDIO GEOTECNICO

3.1 Metodología. 31
3.2. Ensayos de Suelos en Línea. 31
3.2.1. Resultados de Ensayes a Muestras de Sondeos de Línea. 32
3.3. Resultados de Ensayes a Muestras de Fuentes de Materiales. 33
3.3.1. Consideraciones para elección del banco a utilizar. 34
3.4. Banco de materiales propuesto para la capa Base. 36
3.5. Banco de materiales propuesto para la capa Sub-Base. 37
3.6. Determinación del CBR de Diseño. 39
3.6.1. Identificación de la Sub-rasante. 39

CAPITULO IV

DISEÑO DE PAVIMENTO

4.1. Generalidades. 44
4.2. Consideraciones del Diseño AASHTO 93 44
4.2.1. Carga de Ejes Simples Equivalentes. 44
4.2.2. Confiabilidad. 45
4.2.3. Desviación estándar. 46
4.2.4. Serviciabilidad. 47
4.2.5. Coeficiente de drenaje. 47
4.2.6. Cálculo del CBR de diseño. 48
4.2.7. Módulo de Resiliencia (MR). 48
4.2.9. Número Estructural. 53
4.3. Calculo de Espesores. 53

4.3.1. Cálculo del espesor de la base (D_2) y Sub-base (D_3). 55
4.3.2. Espesores finales de Diseño. 56
4.4. Uso del programa WinPAS. 58

CAPITULO V

ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DISEÑO HIDRÁULICO

5.1. Metodología. 62
5.1.1. Estudio Hidrológico. 62
5.1.1.1. Método Racional para Cuencas menores a 300 Hectáreas. 63
5.2. Diseño Hidráulico. 82
5.2.1. Coeficiente de Rugosidad (n). 82
5.2.2. Cunetas. 83
5.2.3. Badén. 86
CONCLUSIONES. 99
RECOMENDACIONES. 101
BIBLIOGRAFÍA 103

INDICE DE ANEXOS

Anexos Capítulo I: Generalidades. I

Imagen 51. Macro localización. I

Imagen 52.Micro localización. II

Fotos de la Situación actual del tramo. III

Anexo Capítulo II: Estudio de Tráfico..... VI

Tabla 66. Formato para conteo de Tráfico Vehicular por Día. VI

Tabla 67.Conteo de Tráfico Vehicular por Día. VI

Tabla 68. Formato para conteo de Tráfico Vehicular por Día. VII

Tabla 69.Conteo de Tráfico Vehicular por Día. VII

Tabla 70. Formato para conteo de Tráfico Vehicular por Día. VIII

Tabla 71.Conteo de Tráfico Vehicular por Día. VIII

Tabla 72. Formato para conteo de Tráfico Vehicular por Día. IX

Tabla 73.Conteo de Tráfico Vehicular por Día. IX

Tabla 74. Tipología y Descripción Vehicular X

Tabla 75. Factores de Expansión EMC 107 XI

Tabla 76.Listado Histroico de TPDA Estacion 107. XII

Tabla 77.Diagrama de cargas permisibles por tipo de vehículo. XII

(Vehículos Liviano y Pasajeros) XII

Tabla 78.Diagrama de cargas permisibles por tipo de vehículo. (Vehículos Pesados) XIII

Tabla 80. Factores Equivalentes de Cargas, Ejes Tándem. XV

Anexos Capítulo III: Estudio Geotécnico XVI

Tabla 81. Resultados ensayos de suelos. XVI

Tabla 82. Resultados ensayos de suelos. XVII

Tabla 83. Resultados ensayos de suelos. XVIII

Tabla 84. Clasificación de suelos, según AASHTO. XIX

Gráfico 37. Estratigrafía del Terreno. XX

Gráfico 38. Estratigrafía del Terreno. XX

Gráfico 39. Estratigrafía del Terreno. XXI

Anexo Capítulo V: Estudio Hidrológico y diseño Hidráulico XXII

Imagen 53. Micro Cuenca Identificada (MC-1). XXII

Imagen 54. Micro Cuenca Identificada (MC-2, MC-3). XXII
Imagen 55. Micro Cuenca Identificada (MC-4, MC-5). XXIII
Imagen 56. Micro Cuenca Identificada (MC-6, MC-7). XXIII
Imagen 57. Micro Cuenca Identificada (MC-8,MC-9, MC-10, MC-11,MC-12). XXIV
Imagen 58. Micro Cuenca Identificada (MC-13,MC-14, MC-15, MC-16, MC-17). XXIV
Imagen 59. Micro Cuenca Identificada (MC-18, MC-19). XXV
Imagen 60. Micro Cuenca Identificada (MC-20, MC-21, MC-22). XXV
Imagen 61. Mapa de estaciones IDF. XXVI
Tabla 85. Intensidades en mm/h estación de Condega. XXVI
Gráfico 40. Curvas IDF estación Condega. XXVII
Fotos de Obras de Drenaje existente. XXVII
GLOSARIO. XXXII

GENERALIDADES

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCION.

Este documento consideró la teoría y metodología para luego realizar el diseño de 4.8 kilómetros de adoquinado del sub-tramo de carretera Estelí- Comunidad San Roque **(*Ver Anexo Cap. I, Imagen 52, pág. II*),** el proyecto se localiza en una de las zonas más productivas de la ciudad, el tramo a diseñar se encuentra en la parte sur-oeste del casco urbano del 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 Cap. I, Imagen 51, pág. I*)**

La carpeta de rodamiento de este tramo actualmente es de macadán, durante la época de invierno la vía queda socavada y en muy mal estado, lo que complica el acceso de los vehículos que transitan en esta vía. Con la propuesta se pretende resolver este problema de movilidad, seguridad y confort de los vehículos públicos y privados; esta es la única vía de acceso que comunica a la comunidad de San Roque con la ciudad de Estelí, es de vital importancia realizar el estudio de tránsito, análisis geotécnico, hidrológico, para poder diseñar los espesores de pavimento articulado.

El proyecto beneficiará directamente a los pobladores de la comunidad San Roque y otras comunidades aledañas como Las Pintadas, los Lirios y Plan Grande, garantizando el acceso permanente a la zona del proyecto, garantizando así un sistema vial de calidad que traerá el desarrollo socioeconómico de la región y la disminución del deterioro progresivo del parque vehicular.

El diseño se hará partiendo de los estudios básicos y de acuerdo a la metodología de la AASHTO 93, cumpliendo con los criterios y las especificaciones necesarias, lo cual permitirá generar un mejor diseño y una estructura que brinde mayor seguridad y comodidad a los usuarios. El método considera criterios de serviciabilidad, coeficientes de drenaje y el número de ejes que pasará por el carril de diseño.

1.2 ANTECEDENTES.

El deterioro de las vías de comunicación se produce por diversas causas, principalmente por las lluvias intensas, la falta de mantenimiento 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 su drenaje está deteriorado en la mayoría del tramo, que ocasionan baches y atolladeros, 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 gran número de fallas, como cárcavas, baches y un material suelto a causa de las lluvias ha ocasionado que no exista un buen flujo vehicular libre, tanto del transporte privado como colectivo, la calidad y comodidad del mismo es afectado, y a su vez el riesgo de incremento de enfermedades tipo epidemiológicas para los pobladores debido a la poca salubridad de la vía.

Durante el gobierno de ex presidente Dr. Enrique Bolaños Geyer en el año 2006, se revistió con material selecto la carpeta de rodamiento, este no tiene un ancho definido a lo largo del tramo y solo en ciertas partes existen obras de drenaje.

En los últimos años no se le ha dado el mantenimiento adecuado a este tramo de carretera, pese a la demanda de la población por lo cual no conserva un nivel de servicio adecuado ya que el último mantenimiento se efectuó en el año 2010, que consistió únicamente en la mejora de pequeños baches.

Actualmente el tramo se encuentra compuesto por una carpeta de rodamiento con material selecto, la cual presenta condiciones de circulación con aproximadamente 20 cm de espesor, este casi ha desaparecido en su totalidad en los últimos años, debido a las constantes lluvias y desgaste. **(*Ver Anexo Cap. I, Fotos, pág. III*).**

1.3 JUSTIFICACION.

El área de influencia es una zona altamente ganadera y productora de lácteos lo cual en el aspecto económico genera empleos y es la principal fuente de ingresos para los pobladores de la comunidad San Roque, pero debido al mal estado de esta vía, los costos productivos se ven notablemente alterados, por la dificultad trasladar los productos, trabajadores y ganado.

El estado actual del sitio es crítico ya que las condiciones del camino reducen el tráfico vehicular, a los transportistas no les gusta acceder a la comunidad y esto provoca inconformidad con los pobladores, porque la mayoría necesita trasladarse o transportar sus productos, estos son afectados por los altos costos del pasaje del transporte colectivo y las ganancias son reducidas, al mismo tiempo la producción muchas veces es retenida generando menos ingresos.

La alcaldía se beneficiará directamente al brindarles un diseño de la estructura de pavimento articulado, que le servirá para que se gestione fondos para la formulación de este proyecto.

Al ejecutarse este proyecto se estará contribuyendo a crear las condiciones necesarias para garantizar un mejor desarrollo económico, facilitar la circulación vehicular y peatonal, reducción de tiempo de viaje, de igual forma embellecer la comunidad. Se beneficiará a una población directa de 1,623 habitantes, e indirectamente a 942 habitantes de las comunidades aledañas, de diferentes estratos sociales, económicos y culturales.

Este trabajo surge por la iniciativa de realizar el diseño del pavimento articulado de 4.8 kilómetros del sub- tramo Estelí-San Roque ,utilizando el método AASHTO 93 ya que es uno de los métodos más 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 Objetivo General.

- Diseñar la estructura de pavimento articulado de 4.8 km del sub-tramo de carretera Estelí – Comunidad San Roque, ubicado en el municipio de Estelí, por el método de AASHTO-93".

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 (Versión 1.0.4.)

- Realizar un estudio hidrológico de las sub-cuencas del sitio para la evaluación y diseño hidráulico de obras de drenaje menor.

ESTUDIO DE TRÁNSITO

CAPITULO II

2.1 Generalidades.

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

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

2.2. Recopilación de datos.

Se realizó por medio de Conteo Vehicular, que consiste en medir el volumen de tráfico que transita durante un período de tiempo equivalente a 12 horas diurnas. La recolección de datos se realizó durante 7 días, desde el 15 hasta el 22 de Junio del año 2017, de 06:00 horas y las 18:00 horas, a fin de evaluar las condiciones de tráfico normales, basándonos para esto en la Tipología y Descripción Vehicular que brinda la Revista Anuario de Tráfico del Ministerio de Transporte 2016. Para realizar el aforo, se utilizó el Formato mostrado en el ***(Ver Anexo Cap. II, Tabla 66, pág. VI).***

Los datos de Tráfico Promedio Diario Anual, (TPDA) así como los factores de ajuste estacional, el número promedio de ejes y otros parámetros, fueron obtenidos de los datos de campo y de los cálculos de gabinete. La estación de Conteo Vehicular fue ubicada en una zona con adecuada visibilidad y con amplitud en los hombros, logrando captar el cien por ciento de los vehículos en ambos sentidos de la vía. Los resultados del Conteo y Clasificación por Día (12.0 horas), del tramo en estudio se muestran en anexo. **(*Ver Anexo Cap. II, Tablas 67, 68, 69, 70, 71, 72,73, págs. VI, VII, VIII, IX*).**

2.2.1. Tipos de vehículos.

Para el levantamiento de la información de campo es necesario tener en cuenta las características de los vehículos, en nuestro país actualmente hay una gran variedad de vehículos, en total el MTI presenta una clasificación vehicular compuesta por 17 tipos de vehículos, por lo que es conveniente agruparlos en cuatro categorías**.(*Ver Anexo Cap. II, Tabla 74, pág. X*).**

2.2.1.1. Motocicletas.

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

2.2.1.2. Vehículos Livianos.

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

2.2.1.3. Vehículos Pesados de Pasajeros.

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

2.2.1.4. Vehículos Pesados de Carga.

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

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

La diversidad de vehículos que circulan sobre un pavimento durante su periodo de diseño, traen como consecuencia un amplio espectro de ejes de cargas, con diferentes distancias entre ejes, lo que origina una amplia gama de esfuerzos y deformaciones aplicados a un determinado punto de la estructura. Se ha clasificado el tipo de vehículos de acuerdo con el número y disposición de sus ejes de la forma que se muestra en el Diagrama de Cargas Permisibles. **(*Ver Anexo Cap. II, Tablas 77, 78, pág. XII, XIII*).**

2.3. Procesamiento de información.

Es la etapa de trabajo de gabinete en la cual procesamos toda la información obtenida de los conteos mediante el Software Microsoft Excel, esto con el fin de obtener los mejores resultados, basándonos para esto en la Revista Anuario de Tráfico del Ministerio de Transporte 2016.

2. 4. Análisis de la información obtenida.

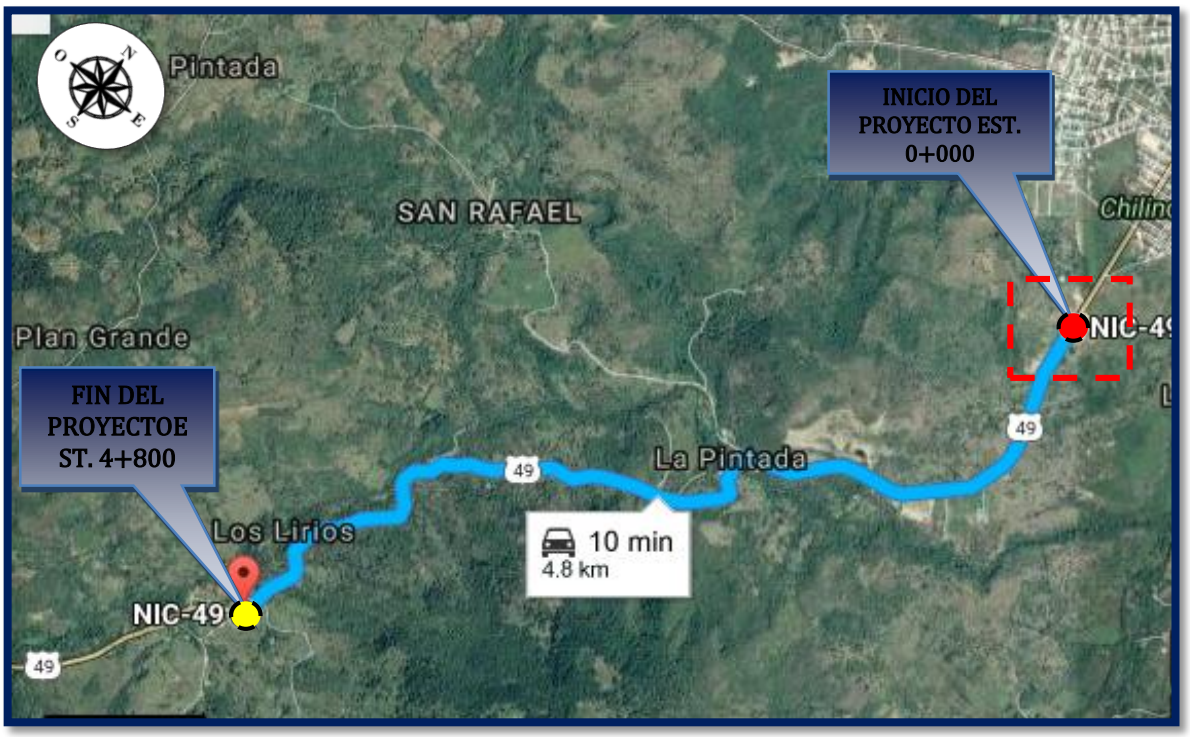
En este proceso se usó los criterios para comprender de una mejor manera los resultados obtenidos

2.5 Ubicación de Conteo vehicular.

Se escogió la ubicación de la estación de control, a fin de ejecutar los conteos de volumen de tráfico vehicular, con la finalidad de determinar el volumen vehicular en un punto específico de la vía La estación de Conteo se ubicó en un lugar estratégico, que permitieron captar el 100% del tráfico en el tramo en estudio. ***(Ver Imagen1, pág. 8)***

.

Imagen 1. Ubicación del punto de conteo vehicular.



***Fuente**: Google Earth.*

Punto de conteo vehicular.

Se realizó un aforo de 7 días de duración, comenzando la actividad a partir del día Jueves 15 de Junio, y concluyendo esta actividad el día Miércoles 21 de Junio año 2017, realizando un conteo y clasificación vehicular de 12.0 horas diurnas.

2. 6 Procesamiento de datos.

La tabulación de la información corresponde directamente al trabajo de gabinete, luego de haberse realizado el trabajo de campo, siendo esta procesada en el Software Microsoft Excel, mediante hojas de cálculo. De la información recogida de los conteos, se obtuvo el volumen de tráfico en el tramo de la carretera del sub-tramo Estelí - comunidad San Roque, por día y tipo de vehículo.

En la Tabla 1, se muestran los Conteos de Tráfico Diarios, Composición Vehicular; así como el promedio del período de evaluación en consolidado para ambos sentidos del tramo en estudio.

2. 6. 1 Resumen del aforo vehicular.

Para obtener resultados adecuados, se contó y clasificó el cien por ciento de los vehículos que circula en ambas direcciones de la estación de conteo.

Para obtener el Tráfico Promedio Diurno Semanal (TPDS) fue necesario aplicar la **ecuación 1**:

$$TPDiS = \frac{Total\ \text{Diurno Semanal}}{7dias} \qquad \text{Ec.1.}$$

Tabla 1.Tráfico Promedio Diurno Semanal (TPDiS).

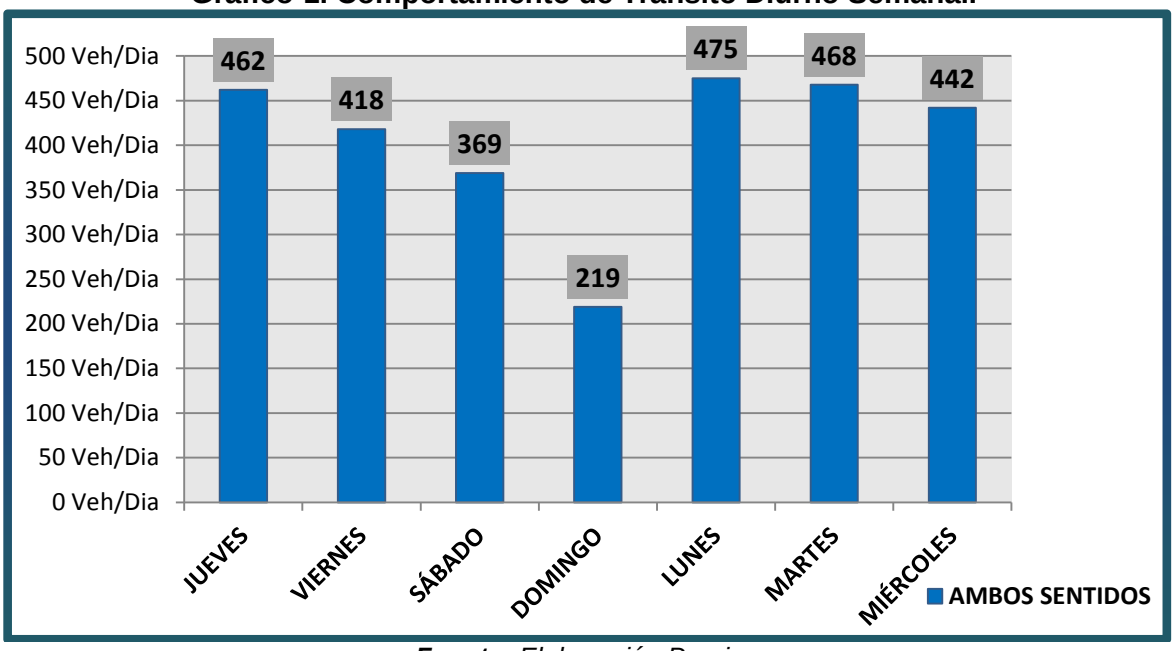
Estación: (0+000) Inicio del Tramo.												
Tipo de Veh.		Vehículos Livianos			Pesados de Pasajeros			Vehículos Pesados de Carga				
Día	Motos	Autos	Jeep	Cta	Mbus	Mb> 15 P	Bus	Liv C2	C2	C3	C2R2	TOTAL
Jueves	188	17	36	164	5	1	10	18	15	6	2	**462**
Viernes	152	16	47	140	6	2	10	20	24	1	0	**418**
Sábado	153	12	46	126	1	1	8	7	11	4	0	**369**
Domingo	95	2	18	73	0	0	4	11	11	5	0	**219**
Lunes	171	19	78	146	3	1	8	16	27	6	0	**475**
Martes	199	18	38	154	5	0	8	17	19	8	2	**468**
Miércoles	195	15	34	144	0	1	8	22	19	4	0	**442**
Total Diurno	**1153**	**99**	**297**	**947**	**20**	**6**	**56**	**111**	**126**	**34**	4	**2853**
TPDiS (Veh/12 hrs)	**165**	**14**	**42**	**135**	**3**	**1**	**8**	**16**	**18**	**5**	**1**	**408**

Fuente: *Elaboración Propia.*

Como se aprecia en la **Tabla-1,** una vez que se obtuvo el consolidado del conteo vehicular, se procedió a determinar el Tránsito Promedio Diurno Semanal (TPDiS) correspondiente al tramo en estudio, que resulto de **408** vehículos y un total Diurno Semanal de **2,853** vehículos.

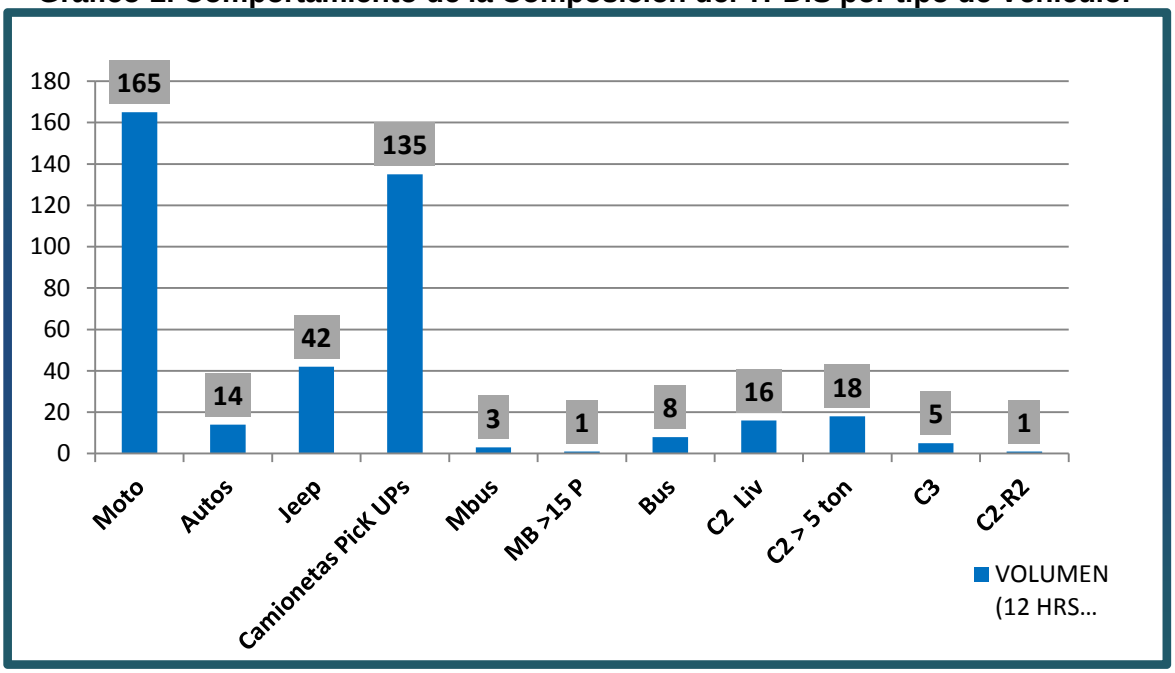
Posterior se realizaron dos gráficos para ver el comportamiento del tránsito diurno semanal así como su composición vehicular. **(Ver a continuación)**

Gráfico-1. Comportamiento de Tránsito Diurno Semanal.



Fuente: *Elaboración Propia.*

Gráfico-2. Comportamiento de la Composición del TPDiS por tipo de Vehículo.



Fuente: *Elaboración Propia.*

En el **Gráfico-1** se muestra el comportamiento del tránsito vehicular donde se aprecia que los días de mayor demanda son los lunes y martes, manteniendo un flujo vehicular similar, luego tenemos días de menor demanda, son sábado y Domingo. El resto de días mantienen un tránsito bastante estable de vehículos.

En el **Gráfico-2** se aprecia claramente, el comportamiento de la composición vehicular predominando los Vehículos Livianos, seguido de los vehículos pesados y menor cantidad los vehículos de pasajeros.

Para obtener el TPDA fue necesario usar factores de ajustes diarios, obtenidos del anuario estadístico del MTI del año 2016, publicado por el Ministerio de Transporte e Infraestructura –DAV, Para expandir (TPDS a TPDA), se identificó que la estación más cercana es la Estación de Corta Duración N°142 la cual no posee registros continuos, por lo cual se utilizó la estación 107, que es la Estación de Mayor Cobertura, permanente más cercana al tramo de estudio.

La expansión de Tránsito Promedio diurno de 12.0 horas (TPDiS), se multiplico por el factor día de las Estación Nº 107 (Sébaco – Empalme San Isidro), luego se multiplico por el factor expansión, para pasar de un tránsito promedio diurno de 24.0 horas a Tránsito promedio anual (TPDA). Los Factores de Tránsito Promedio Diurno semanal calculados en la Tabla anterior se afectaron con los siguientes factores de ajustes.

Tabla 2.Factores de Ajuste a Utilizados (Estación N° 107).

Factor / Tipo de Vehículo	Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Veh. Pesados.			
	Moto	Autos	Jeep	Ctas	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C2r2
Factor Día (Fd)	1.23	1.33	1.21	1.25	1.21	1.5	1.18	1.3	1.45	1.37	1.00
Factor Expansión (Ft)	1.04	0.99	1.08	1.03	1.02	1.16	1.02	0.97	1.07	1.02	1.00

Fuente: *Anuario de Aforos de Tráfico, MTI (Año 2016).*

Cabe mencionar que para la proyeccion del TPDiS a TPDA los factores de ajustes utilizados son factor dia (Fd) y factor expasion (Ft),en contrado en el (anuario de trafico 2016) existen otros factores como factor semana (Fs) y factor fin de semana , sin embargo estos no se utilizan ya que el conteo vehicular es de 7 dias 12 horas. **(*Ver Anexo Cap. II, Tabla 75, pág. XI)***

Para calcular el Tráfico Promedio Diario Anual se utilizó la **ecuación 2**:

$$\mathbf{TPDA = TPDi_{12H} * Fd * Ft} \qquad \underline{\mathbf{Ec.2.}}$$

Dónde:

$\mathbf{TPDi_{12H}}$:Tráfico promedio Diurno 12 horas.

Fd: Factor día.

Ft: Factor temporada (Expansión a TPDA).

Tabla 3. Tránsito Promedio, Aplicando Factores de Ajuste.

ESTACIÓN: (0+000) INICIO DEL TRAMO.												
Factor / Tipo de Vehículo	Vehículos Livianos				Pesados de Pasajeros			Pesados de cargas				Total
	Moto	Auto	Jeep	Cta.	Mbus	Mb> 15 P	Bus	Liv C2	C2	C3	C2R2	
$TPDi_{12H}$	165	14	42	135	3	1	8	16	18	5	1	408
FACTOR DIA	1.23	1.33	1.21	1.25	1.21	1.5	1.18	1.3	1.45	1.37	1	
FACTOR EXPANSION	1.04	0.99	1.08	1.03	1.02	1.16	1.02	0.97	1.07	1.02	1	
TPDA INVIERNO	212	19	55	174	4	2	10	21	28	7	1	533
%TPDA	39.8%	3.6%	10.3%	32.6%	0.8%	0.4%	1.9%	3.9%	5.3%	1.3%	0.2%	
% TPDA Vehículos Livianos											86.3%	
%TPDA Vehículos de Pasajeros											3.0%	
%TPDA Vehículos Pesados											10.7%	

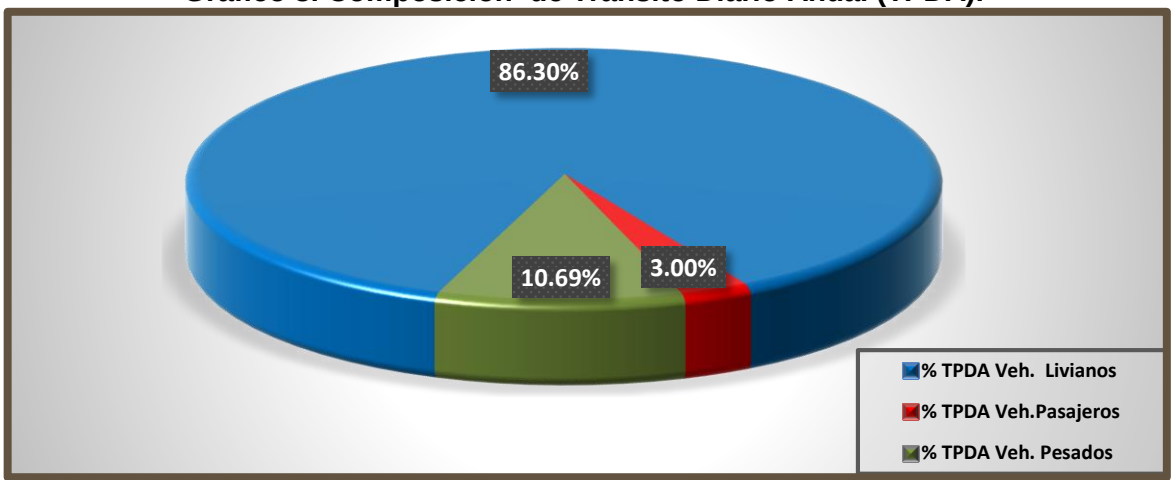
Fuente: Elaboración Propio.

El cálculo para el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) correspondiente al tramo de estudio resulta de **533** vehículos por día.

2. 7 Composición Vehicular.

A partir de los resultados de clasificación vehicular de campo, se procedió a determinar la composición vehicular de la muestra la cual está conformada de la siguiente manera obteniendo una composición vehicular de: vehículos livianos 86.3 %, vehículos pesados 10.7 %, de vehículos de pasajeros 3.0%. ***(Ver el siguiente Gráfico 3)***

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



Fuente: *Elaboración Propia.*

2. 7. 1 Determinación de tasas.

Para determinar las tasas de crecimiento para el tráfico vehicular futuro para el Sub-tramo Estelí–Comunidad San Roque, se realizaron correlaciones entre los registros históricos del tránsito promedio diario anual "TPDA" y el producto interno bruto "PIB", así como con la población, a fin de estimar una tasa diferenciada de crecimiento basado en datos históricos.

Tabla 4. Registros históricos del PIB, TPDA y Población.

AÑO	TPDA	T.C	PIB (Miles $)	T.C	POB(miles)	T.C
2003	3428.0	-	5322.0	-	5312.7	-
2004	3622.0	5.66	5796.0	8.91	5380.5	1.28
2005	3405.0	-5.99	6321.0	9.06	5450.4	1.30
2006	3849.0	13.04	6786.3	7.36	5638.0	3.44
2007	3853.0	0.10	7458.1	9.90	5707.9	1.24
2008	4092.0	6.20	8491.4	13.85	5778.8	1.24
2009	4101.0	0.22	8380.7	-1.30	5850.5	1.24
2010	4334.0	5.68	8741.3	4.30	5923.1	1.24
2011	4517.0	4.22	9755.6	11.60	5996.6	1.24
2012	4843.0	7.22	10532.5	7.96	6071.0	1.24
2013	4954.0	2.29	10983.0	4.28	6134.3	1.04
2014	5350.0	7.99	11880.4	8.17	6198.2	1.04
2015	5994.0	12.04	12747.7	7.30	6262.7	1.04
2016	6935.0	15.70	13230.1	3.78	6327.9	1.04
Promedio	**4519.8**	**5.7%**	**9030.4**	**7.3%**	**5859.5**	**1.4%**

Fuente: *Banco Central de Nicaragua (año 2016).*

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 14 años ***(Ver Tabla 4)***, donde se aprecia el comportamiento histórico del PIB, desde el año 2003 al año 2016.

2. 7. 2 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 Sub-tramo Estelí – comunidad San Roque, se ha comparado los datos históricos del tránsito promedio diario anual "TPDA" de la Estación 142 (Empalme San Nicolás – Estelí), por ser la más cercana al tramo y la Estación 107 Sébaco empalme San Isidro, por ser la de mayor cobertura.

Considerando los registros históricos del tráfico vehicular de ambas estaciones, se puede apreciar que los mismos han experimentado crecimientos importantes durante los últimos años. Al inicio de período se cuentan con crecimientos moderados, hasta llegar al año 2016 que se encuentra con una TPDA mucho mayor a los anteriores, elevando su tasa de crecimiento promedio en un 20.7% para la Estación 142 y una tasa de crecimiento promedio para la Estación 107 de 5.7%. ***(Ver Tabla 5 y Tabla 6, pág. 15)***

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

$$\mathbf{TC} = \left[\left(\frac{\boldsymbol{Año_n}}{\boldsymbol{Año_{n-1}}}\right) - \mathbf{1}\right] * \mathbf{100} \qquad \textbf{Ec.3.}$$

Dónde:

TC: Tasa de crecimiento.

Año n: Año actual.

Año n– 1: Año anterior.

Tabla 5. Evolución TPDA de la Estación 142.

AÑO	TPDA	TCA
2003	1,893	
2004		68.09
2005	3,182	
2006		
2007		
2008	3,884	-6.46
2009		
2010	3,633	
2011		
2012	4,196	15.50
2013		
2014		
2015	4,337	
2016	4,582	5.65
Promedio	**3,672**	**20.7%**

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

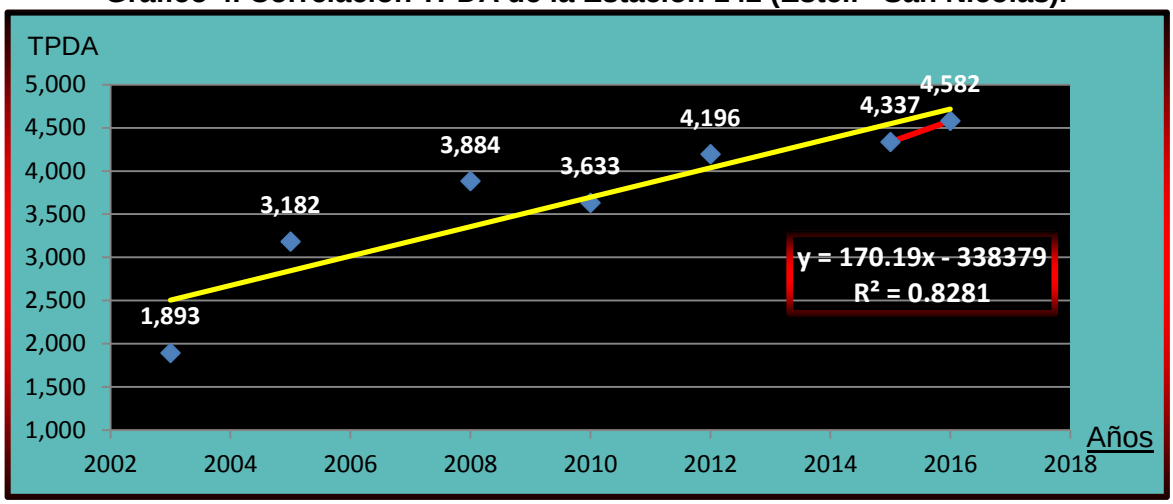
Tabla 6. Evolución TPDA de la Estación 107.

AÑO	TPDA	T.C
2003	3428.0	-
2004	3622.0	5.66
2005	3405.0	-5.99
2006	3849.0	13.04
2007	3853.0	0.10
2008	4092.0	6.20
2009	4101.0	0.22
2010	4334.0	5.68
2011	4517.0	4.22
2012	4843.0	7.22
2013	4954.0	2.29
2014	5350.0	7.99
2015	5994.0	12.04
2016	6935.0	15.70
Promedio	**4773.1**	**5.7%**

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

La Estacion **142** (**Estelí–San Nicolás**), no posse registros suficientes y continuos, lo cual indica que no existe una buena correlacion de las variables, el valor R^2 en este caso resuta de **0.8281**, si bien el valor es mayor a 0.75, se considera como una estacion poco confiable. A continuacion ver gráfico:

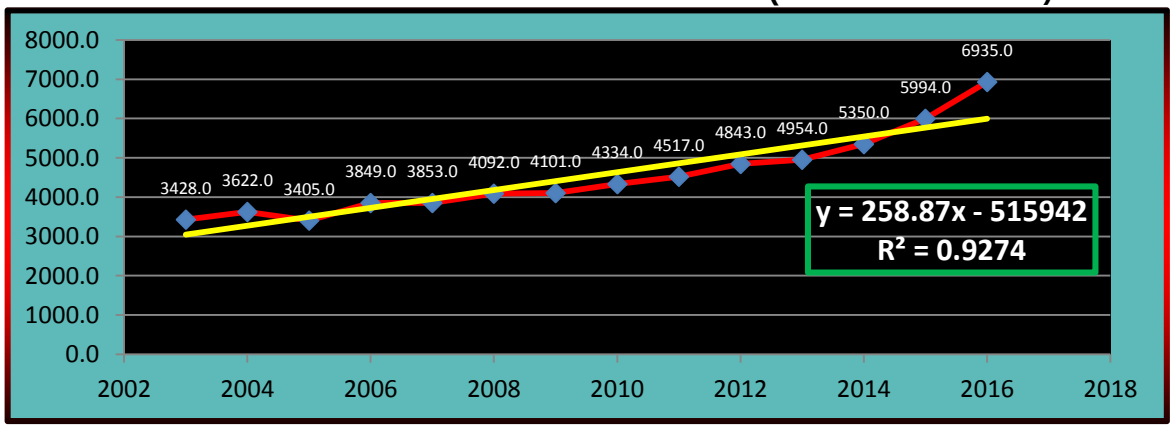
Gráfico 4. Correlación TPDA de la Estación 142 (Estelí –San Nicolás).



Fuente: *Elaboración Propia.*

La Estacion **107(Sébaco-San Isidro),** al inicio de período se cuentan con crecimientos moderados, hasta llegar al año 2016 que se encuentra con una TPDA mucho mayor a los anteriores, lo cual indica que existe una buena correlacion de las variables, el valor R^2 en este caso es de **0.9274** mayor a 0.75, lo que se considera como una estacion confiable ya que hay continuidad de datos. A continuacion ver gráfico:

Gráfico 5. Correlación TPDA de la Estación 107(Sébaco- San Isidro).



Fuente: *Elaboración Propia.*

2. 7. 3 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 (Producto Interno Bruto) de los últimos 14 años, donde se aprecia el comportamiento histórico, desde el año 2003 al año 2016. El PIB promedio es de 9,030.4 Millones de dólares, con una tasa de crecimiento promedio de 7.3%. **(Ver siguiente tabla):**

Tabla 7. Datos Históricos del PIB.

AÑO	PIB/Millones	T.C
2003	5322.0	-
2004	5796.0	8.91
2005	6321.0	9.06
2006	6786.3	7.36
2007	7458.1	9.90
2008	8491.4	13.85
2009	8380.7	-1.30
2010	8741.3	4.30
2011	9755.6	11.60
2012	10532.5	7.96
2013	10983.0	4.28
2014	11880.4	8.17
2015	12747.7	7.30
2016	13230.1	3.78
PROMEDIO	**9,030.4 Millones/$**	**7.3%**

Fuente: *Banco Central –Indicadores Económicos 2016.*

2. 7. 4 Análisis de Población (POB).

Partiendo de la información del Banco Central de Nicaragua, se elaboró una tabla con los datos históricos existentes del POB (Poblacion) de los últimos 14 años, donde se aprecia el comportamiento histórico, desde el año 2003 al año 2016. El POB promedio es de 5,859.5 Miles de habitantes, con una tasa de crecimiento promedio de 1.4%.A continuación se muestra en la **Tabla 8.**

Tabla 8. Datos Históricos del POB.

AÑO	POB/Miles	T.C
2003	5312.7	
2004	5380.5	1.28
2005	5450.4	1.30
2006	5638.0	3.44
2007	5707.9	1.24
2008	5778.8	1.24
2009	5850.5	1.24
2010	5923.1	1.24
2011	5996.6	1.24
2012	6071.0	1.24
2013	6134.3	1.04
2014	6198.2	1.04
2015	6262.7	1.04
2016	6327.9	1.04
PROMEDIO	5859.5 Miles/Habitantes	1.4%

Fuente: *Banco Central –Indicadores Económicos 2016.*

2. 7. 5 Proyección de tráfico.

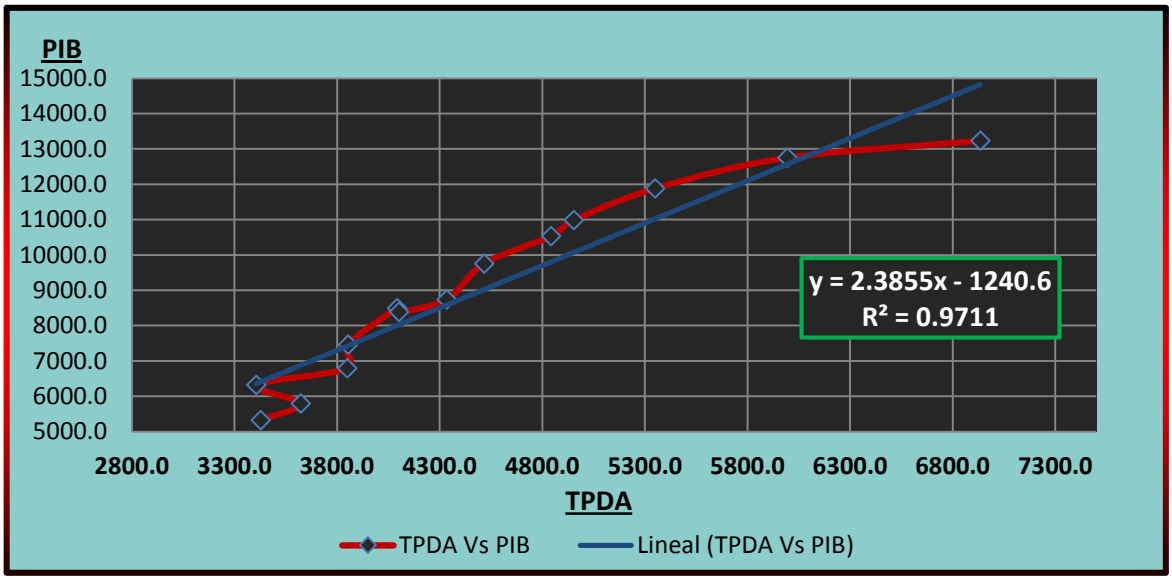
En la **Tabla-9** se presenta el comportamiento del Producto Interno Bruto (PIB), de los últimos 14 años (período 2003 – 2016), y posterior se muestra la representación gráfica con la ecuación de correlación del TPDA de la Estación Nº 107 (Sébaco –Empalme san Isidro), con el Producto Interno Bruto, una vez que se realizó la correlación se procede a realizar una segunda aplicando logaritmo natural.

Tabla 9. Correlación TPDA Vs PIB.

Año	TPDA vs PIB		LN TPDA vs LN PIB	
	TPDA	PIB (millones)	LN TPDA	LN PIB
2003	3428.0	5322.0	8.14	8.58
2004	3622.0	5796.0	8.19	8.66
2005	3405.0	6321.0	8.13	8.75
2006	3849.0	6786.3	8.26	8.82
2007	3853.0	7458.1	8.26	8.92
2008	4092.0	8491.4	8.32	9.05
2009	4101.0	8380.7	8.32	9.03
2010	4334.0	8741.3	8.37	9.08
2011	4517.0	9755.6	8.42	9.19
2012	4843.0	10532.5	8.49	9.26
2013	4954.0	10983.0	8.51	9.30
2014	5350.0	11880.4	8.58	9.38
2015	5994.0	12747.7	8.70	9.45
2016	6935.0	13230.1	8.84	9.49

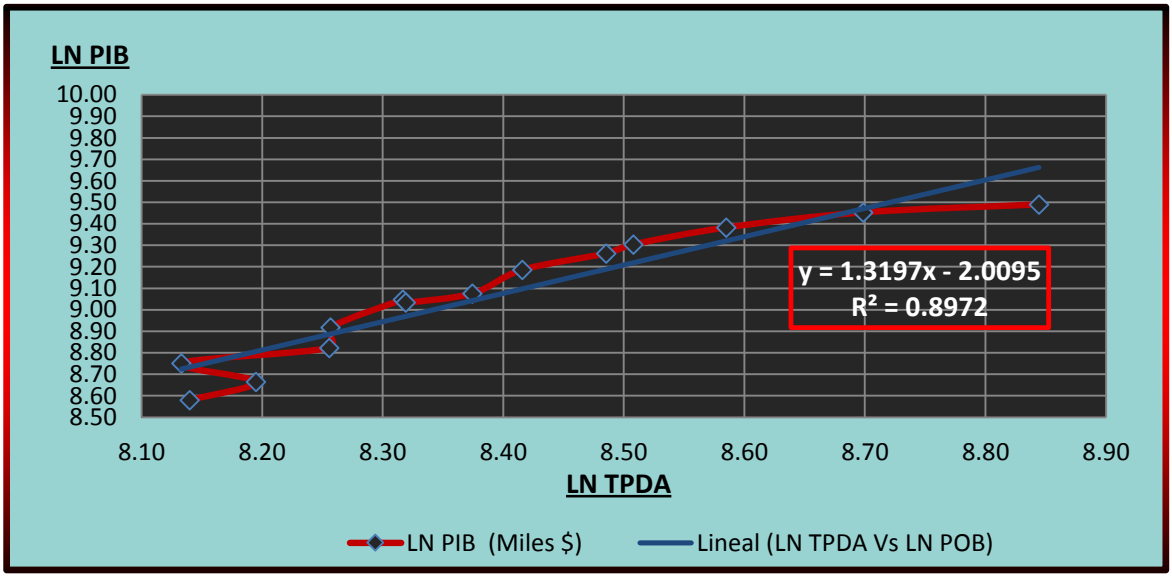
Fuente: *Elaboración Propia.*

Gráfico 6. Correlación TPDA Vs PIB.



Fuente: *Elaboración Propia.*

Gráfico 7. Correlación LN TPDA Vs LN PIB.



Fuente: *Elaboración Propia.*

La correlación de las variables TPDA Vs PIB genera un coeficiente de determinación (R^2) igual a **0.9711** y la correlación de las variables LN TPDA Vs LN PIB genera un coeficiente de determinación (R^2) igual a **0.8972**. Se decidió utilizar el primero 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.

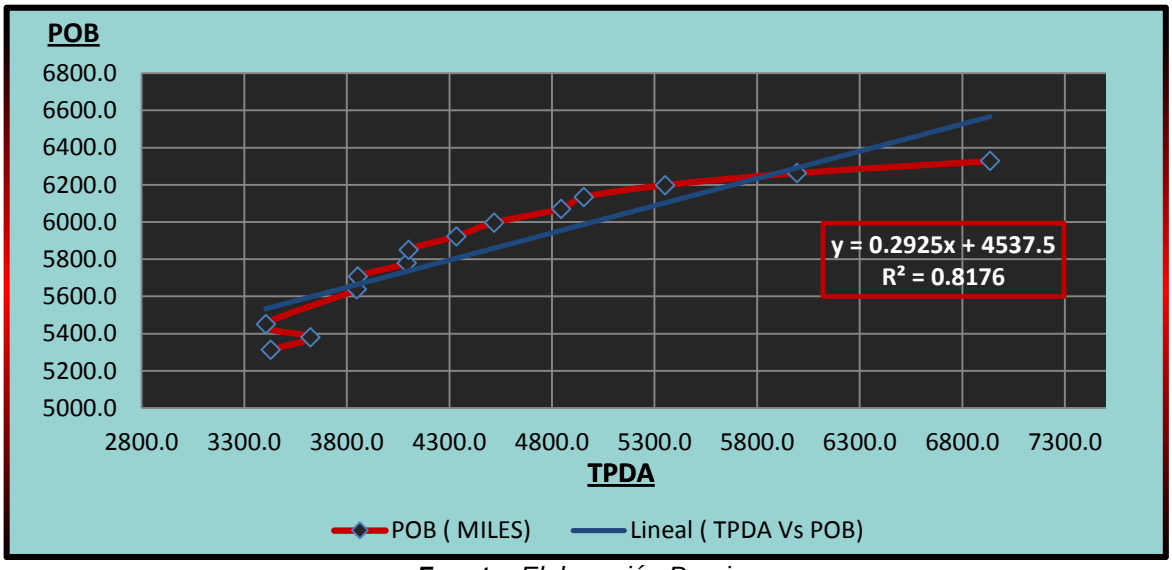
El cuadro siguiente, presenta el comportamiento del TPDA – Población, en el período 2003 – 2016 y la representación gráfica con la ecuación de correlación del TPDA vs POB de la Estación Nº 107 (Sébaco –Empalme san Isidro).**Ver siguiente tabla:**

Tabla 10. Correlación TPDA Vs POB.

Año	TPDA vs POB		LN TPDA vs LN POB	
	TPDA	POB (miles)	LN TPDA	LN POB
2003	3428.0	5312.7	8.14	8.58
2004	3622.0	5380.5	8.19	8.59
2005	3405.0	5450.4	8.13	8.60
2006	3849.0	5638.0	8.26	8.64
2007	3853.0	5707.9	8.26	8.65
2008	4092.0	5778.8	8.32	8.66
2009	4101.0	5850.5	8.32	8.67
2010	4334.0	5923.1	8.37	8.69
2011	4517.0	5996.6	8.42	8.70
2012	4843.0	6071.0	8.49	8.71
2013	4954.0	6134.3	8.51	8.72
2014	5350.0	6198.2	8.58	8.73
2015	5994.0	6262.7	8.70	8.74
2016	6935.0	6327.9	8.84	8.75

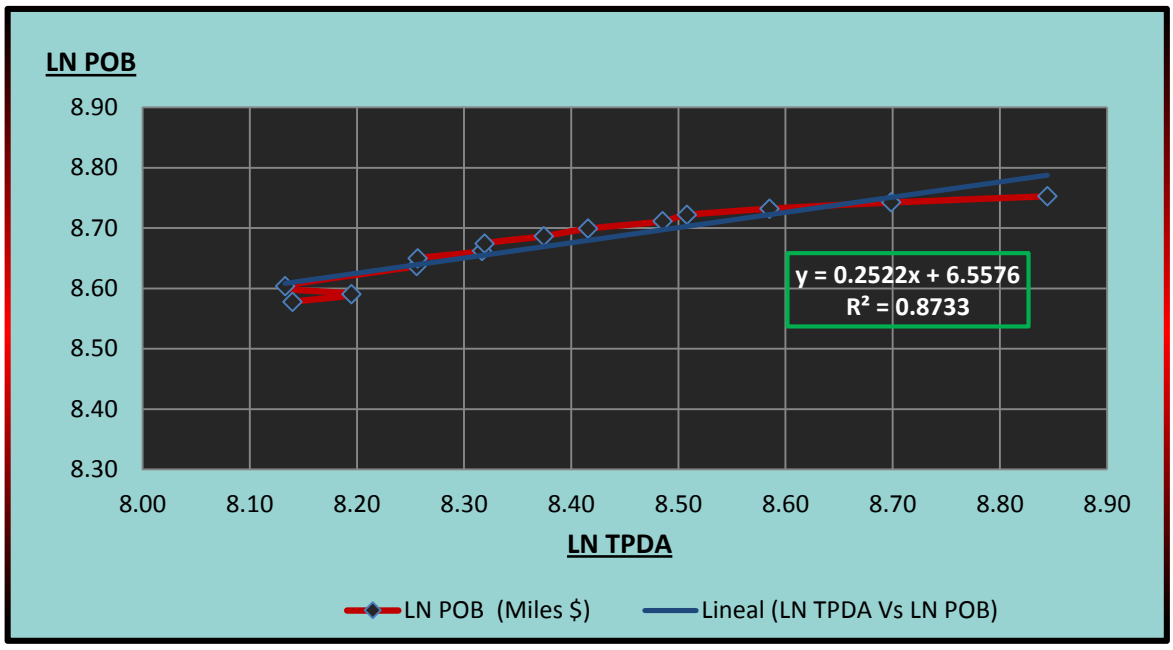
Fuente: *Elaboración Propia.*

Gráfico 8. Correlación TPDA Vs POB.



Fuente: *Elaboración Propia.*

Gráfico 9. Correlación LN TPDA Vs LN POB.



Fuente: *Elaboración Propia.*

La correlación de las variables TPDA Vs POB genera un coeficiente de determinación (R^2) igual a **0.8176** y la correlación de las variables Logaritmo Natural TPDA Vs Logaritmo Natural POB genera un coeficiente de determinación (R^2) igual a **0.8733**. En este caso utilizaremos el valor (R^2) igual a **0.8733** el cual fue mejorado con (LN), ya que poseen un coeficiente (R^2), mayor a 0.8176.

Se escoge el segundo dato por tener un valor más alto y confiable, para determinar las tasas de crecimiento del tráfico de Pasajeros, que son los vehículos de transporte que mueven la mayor cantidad de población hacia los diferentes destinos.

2. 7. 6 Calculo de Proyección de tráfico.

Las tasa de crecimiento para PIB y POB serán afectados por las elasticidades de las correlaciones realizadas anteriormente elasticidades que se tomaron en base a los (R^2), de mayor confiabilidad. Procedemos a calcular las tasas de crecimiento utilizando los datos históricos de TPDA, PIB, POB, para cada uno de ellos. ***(Ver Tabla 11, Pág. 22)***

Tabla 11: Elasticidades Resultantes de las Correlaciones.

Gráficos	Correlación	Elasticidad	Gráficos	Correlación	Elasticidad
Grafico 6	TPDA Vs PIB	2.3855	Grafico 7	LN TPDA-PIB	1.3197
Grafico 8	TPDA Vs POB	0.2925	Grafico 9	LNTPDA-POB	0.2522

Fuente: *Elaboración propia.*

Tabla 12. Datos Históricos (TPDA, PIB, POB).

AÑO	TPDA	PIB (Miles $)	POB (miles)
2003	3428.0	5322.0	5312.7
2004	3622.0	5796.0	5380.5
2005	3405.0	6321.0	5450.4
2006	3849.0	6786.3	5638.0
2007	3853.0	7458.1	5707.9
2008	4092.0	8491.4	5778.8
2009	4101.0	8380.7	5850.5
2010	4334.0	8741.3	5923.1
2011	4517.0	9755.6	5996.6
2012	4843.0	10532.5	6071.0
2013	4954.0	10983.0	6134.3
2014	5350.0	11880.4	6198.2
2015	5994.0	12747.7	6262.7
2016	**6935.0**	**13230.1**	**6327.9**

Fuente: *Elaboración Propia.*

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

$$TC_{TPDA} = \left[\left(\frac{TPDA_i}{TPDA_o}\right)^{1/n} - 1\right] * 10 \quad \text{Ec.4.}$$

Dónde:

$\mathbf{TPDA_i}$: Tráfico Promedio Diario Actual.

$\mathbf{TPDA_o}$:Tráfico Promedio Diario Actual del año base.

n: La diferencia de años.

Las tasas de crecimiento calculadas son:

$$\mathbf{TC_{TPDA}} = \left[\left(\frac{6{,}935}{3{,}428}\right)^{1/14} - 1\right] * 100 = \mathbf{5.16\%}$$

$$\mathbf{TC_{PIB}} = \left[\left(\frac{13{,}230.1}{5{,}322.0}\right)^{1/14} - 1\right] * 100 = \mathbf{6.72\%}$$ **Afectar por elasticidad (2.3855)**

$$\mathbf{TC_{POB}} = \left[\left(\frac{6{,}327.9}{5{,}312.7}\right)^{1/14} - 1\right] * 100 = \mathbf{1.26\%}$$ **Afectar por elasticidad (0.2522)**

2. 8 Análisis de la información obtenida.

Una vez que se calcularon las tasas de crecimiento para (**PIB**, **POB**) deben de ser afectadas por las elasticidades seleccionadas anteriormente**. (Ver Tabla-11)**

(PIB) 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 16.03%.

$$\mathbf{TC_{PIB}} = 6.72\ \% \text{ x } (\mathbf{2.3855}\ \text{Elasticidad}) = \mathbf{16.03\%}$$

(POB) población: aplicando la **ecuación 4**, y multiplicándolo por su elasticidad obtuvimos una tasa de 0.32**%** para el crecimiento poblacional.

$$\mathbf{TC_{POB}} = 1.26\ \% \text{ x } (\mathbf{0.2522}\ \text{Elasticidad}) = \mathbf{0.32\%}$$

A nuestro criterio se decidió utilizar la tasa de crecimiento vehicular de **5.16%** para todo el tráfico, dato que resulta aceptable en relación al registro histórico de las Estaciones Permanentes y de las Estaciones de Mayor Cobertura “EMC” del país, aconsecuencia de que las tasas de crecimiento afectadas por la elasticidad para carga, resulta muy alta de **16.03%** y para pasajeros de **0.32%** muy baja según sus registros históricos.

2. 9 Tráfico 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 5:**

$$\mathbf{TD} = \boldsymbol{TPDA} * \boldsymbol{FC} * \boldsymbol{FD} * \boldsymbol{fc} * \mathbf{365} \qquad \textbf{Ec.5.}$$

2. 9. 1 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 6:**

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

Dónde:

FC: Factor de Crecimiento.

i: Tasa anual de Crecimiento.

n: Periodo de Diseño.

$$FC = \frac{(1 + 0.0516)^{20} - 1}{0.0516} = \mathbf{33.64}$$

2. 9. 2 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 las características geométricas de la vía y al volumen actual de tránsito que circula por ella, elegimos 20 años para el período de diseño, ya que tenemos un TPDA de **533 Vehículos/día.**

Tabla 13. Período de Diseño.

Tipo de carretera	Período de Diseño
Gran volumen de Tránsito Urbano	30 – 50 años
Gran volumen de Tránsito Rural	20– 50 años
Bajo volumen pavimentado	**15– 25 años**

Fuente: *Diseño de Pavimentos AASHTO-93*

2. 9. 3 Factor Distribución Por Dirección (FD).

Este valor se pude 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 aunque hay casos en que puede ser mayor en una dirección que en otra. ***(Ver Tabla 14)***

Tabla 14. Factor de Distribución por Dirección.

Número de carriles en ambas direcciones	LD
2	50
4	45
6 o más	40

Fuente: *Manual centroamericano de normas para el diseño de carreteras regionales, SIECA, 2011.*

Como podemos ver el factor de distribución por dirección a usarse para nuestro diseño es **0.50.**

2. 9. 4 Factor Distribución Por Carril (fc).

El carril de diseño es por el que circulan el mayor número de ejes equivalentes (ESAL'S). **En la Tabla 15** que se presenta a continuación podemos observar el factor carril.

Tabla 15. Factor Distribución por Carril.

Número de carriles en una sola dirección	LC[11]
1	1.00
2	0.80 - 1.00
3	0.60 - 0.80
4	0.50 - 0.75

Fuente: *Manual centroamericano de normas para el diseño de carreteras regionales, SIECA, 2011.*

El factor de distribución por carril a usarse es **1.00**.

2. 9. 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 Sub-tramo de carretera Estelí comunidad San Roque se trabajó con un valor de **Po=4.2.**

2. 9. 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, ramales, secundarias y agrícolas se toma un valor de **pt = 1.8– 2.0** según el manual SIECA Capitulo 3 Pág. 4. En este caso se decidió tomar el valor de **Pt=2.0.**

2. 9. 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–7:**

$$\Delta PSI = Po - Pt \qquad \text{Ec.7.}$$

En el Diseño de la Estructura de Pavimento articulado del tramo Empalme los Jobos hasta comunidad Estanzuela se trabajó con un valor de:

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

2. 9. 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. 9. 10 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 Anexo Cap. II, Tablas 79, 80, pág. XIV, XV*)**.Si los factores de equivalencia de cargas en los ejes no se encuentran en estas tablas se deben de Interpolar dichos valores.

2. 10 Ejes Equivalentes (ESAL o W18).

Este se obtiene conociendo El Tránsito de Diseño (TD) y los factores de equivalencia (ESAL). Se calcula utilizando la siguiente expresión:

ESAL o W18= TD*FESAL **Ec.8.**

El Tráfico pesado es el que mayor daño produce a la estructura de pavimento por lo que deberá de estimarse con la mayor precisión posible.

En base a los datos anteriormente definidos se realizó la determinación de los Ejes equivalente (FESAL), para cada eje y tipo de vehículos aplicando la siguiente**:**

$$\mathbf{T_D = TPDA \times F_C \times F_D \times f_C \times 365} \qquad \textbf{Ec.9.}$$

En base a los datos anteriormente definidos con apoyo del software Excel se procedió a la determinación del tránsito de diseño para cada eje y tipo de vehículos, tal como se muestra en la **Tabla 16.**

Tabla 16.Tránsito de Diseño.

Tipo de vehículos	Tránsito Actual (2017)	F.C.	Días año	Tránsito de diseño	Factor por carril(Fc)	Factor de Dirección (Fs)	Tránsito para el carril de diseño
Carro	19.00	33.64	365	233,293.40	0.50	1.00	116,647.00
Jeep	55.00	33.64	365	675,323.00	0.50	1.00	337,662.00
Ctas	174.00	33.64	365	2,136,476.40	0.50	1.00	1,068,238.00
MicBus	4.00	33.64	365	49,114.40	0.50	1.00	24,557.00
MB >15 P	2.00	33.64	365	24,557.20	0.50	1.00	12,279.00
Bus	10.00	33.64	365	122,786.00	0.50	1.00	61,393.00
C2 Liviano	21.00	33.64	365	257,850.60	0.50	1.00	128,925.00
C2 > 5 ton	28.00	33.64	365	343,800.80	0.50	1.00	171,900.00
C3	7.00	33.64	365	85,950.20	0.50	1.00	42,975.00
C2R2	1.00	33.64	365	12,278.60	0.50	1.00	6,139.00
TD /TOTAL							**1,970,715**

Fuente: *Elaboración Propia.*

Una vez conocido el Tránsito de Diseño, se procede a realizar el cálculo ESAL´S del Carril de Diseño, como en algunos caso el peso por eje Kips no está dado en la tabla factores Equivalentes de Cargas Ejes Simples, y Ejes tándem.

Se deberá interpolar el valor exacto utilizando la siguiente:

$$yx = \mathbf{y}_0 + \frac{x - x_0}{\mathbf{x^1 - x_0}} \left(\mathbf{y^1 - y^0}\right) \qquad \textbf{Ec.10.}$$

Tabla 17. Factores de ejes Kips a Interpolar.

Factores de ejes Kips	
Ejes Sencillos	**Ejes Dobles**
2.2, 4.4, 8.8, 9.9, 11, 17.6, 19.8	**36.30**

Fuente: *Elaboración Propia.*

$y_{2.2} = 0.0002 + \frac{2.2-2}{4-2}(0.002-0.0002)$ $y_{2.2} = 0.0002 + \frac{0.2}{2}(0.0018)$ $y_{2.2} = \mathbf{0.00038}$	$y_{4.4} = 0.002 + \frac{4.4-4}{6-4}(0.009-0.0002)$ $y_{4.4} = 0.002 + \frac{0.4}{2}(0.007)$ $y_{4.4} = \mathbf{0.0034}$
$y_{8.8} = 0.031 + \frac{8.8-8}{10-8}(0.079-0.031)$ $y_{8.8} = 0.031 + \frac{0.8}{2}(0.048)$ $y_{8.8} = \mathbf{0.0502}$	$y_{9.9} = 0.031 + \frac{8.8-8}{10-8}(0.079-0.031)$ $y_{9.9} = 0.031 + \frac{0.8}{2}(0.048)$ $y_{9.9} = \mathbf{0.0766}$
$y_{11} = 0.079 + \frac{11-10}{12-10}(0.174-0.79)$ $y_{11} = 0.079 + \frac{1}{2}(0.095)$ $y_{11} = \mathbf{0.1265}$	$y_{17.6} = 0.603 + \frac{17.6-16}{18-16}(1.00-0.603)$ $y_{17.6} = 0.603 + \frac{1.6}{2}(0.397)$ $y_{17.6} = \mathbf{0.9206}$
$y_{19.8} = 1.00 + \frac{19.8-18}{20-18}(1.57-1.00)$ $y_{19.8} = 1.00 + \frac{1.8}{2}(0.57)$ $y_{19.8} = \mathbf{1.513}$	$y_{36.3} = 1.38 + \frac{36.3-36}{38-36}(1.73-1.38)$ $y_{36.3} = 1.38 + \frac{0.3}{2}(0.35)$ $y_{36.3} = \mathbf{1.4325}$

Fuente: Elaboración propia.

Conocido los valores de los factores de Equivalencia (FESAL), se procede a aplicar la **Ecuación 8** para el cálculo de ESAL´S.

Tabla 18. Cálculo ESAL´S del Carril de Diseño.

Tipo de vehículos	Peso X eje(Ton. met)	Peso X eje (Kips)	Tipo de eje	To. 2017	TD	Factor ESAL	ESAL´S de diseño
Autos	1.00	2.20	Simple	19.00	116,647.00	0.00038	44
	1.00	2.20	Simple			0.00038	44
Jeep	1.00	2.20	Simple	55.00	337,662.00	0.00038	128
	1.00	2.20	Simple			0.00038	128
Camionetas	1.00	2.20	Simple	174.00	1,068,238.00	0.00038	406
	2.00	4.40	Simple			0.0034	3632
Mic Bus	2.00	4.40	Simple	4.00	24,557.00	0.0034	83
	4.00	8.80	Simple			0.0502	1233
MB >15 P	4.00	8.80	Simple	2.00	12,279.00	0.0502	616
	8.00	17.60	Simple			0.9206	11304
Bus	5.00	11.00	Simple	10.00	61,393.00	0.1265	7766
	10.00	22.00	Simple			2.35	144274
C2 Liviano	4.00	8.80	Simple	21.00	128,925.00	0.0502	6472
	8.00	17.60	Simple			0.9206	118688
C2 > 5 ton	5.00	11.00	Simple	28.00	171,900.00	0.1265	21745
	10.00	22.00	ple			2.3500	403965
C3	5.00	11.00	Simple	7.00	42,975.00	0.1265	5436
	16.50	36.30	Doble			1.4325	61562
C2R2	4.50	9.9	simple	1.00	6,139.00	0.0766	470
	9.00	19.80	simple			1.513	9288
	4.00	8.80	simple			0.0502	308
	4.00	8.80	simple			0.0502	308
Total ESAL´S de diseño(W18)							797,900.00= 7.97E+05

Fuente: *Elaboración Propia.*

Nuestro **ESAL¨S W18** resulta de **797,900.00** o **= 7.979E+05**. Que se refiere al Número de aplicaciones de cargas equivalentes de 80 kN o 18 kips acumuladas en un periodo de diseño **de 20 años,** con un SN=5 y una servicialidad final =2.0.

ESTUDIO GEOTECNICO

CAPITULO III

3.1 Metodología.

En este capítulo se detallarán los procedimientos llevados a cabo a lo largo del tramo en estudio, con el propósito de evaluar y analizar las características físicas, mecánicas y condiciones de soporte del suelo, y así poder contar con la información básica necesaria para la determinación de los espesores a colocar a lo largo de la vía. Los ensayos de laboratorio y caracterización física de los suelos serán proporcionados por la Alcaldía de Estelí en colaboración con el Institutos De Suelos y Materiales S.A (INSUMA), laboratorio responsable de realizar dichos estudios en el año 2016.

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

Tabla 19. Tipos de ensayos para estudio de suelos.

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

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

3.2. Ensayos de Suelos en Línea.

Según los estudios de suelos se tomaron muestras representativas alternadas a uno y otro lado de la vía, a una distancia de 200 metros. Con una profundidad de hasta 1.50 metros, dicho procedimiento se inició en la estación 0+000 hasta la estación 4+800. Se efectuaron 25 sondeos manuales, en estos sondeos se tomaron 61 muestras alteradas representativas de cada estrato encontrado, marcando las profundidades respectivas. **(*Ver Anexo Cap. III, Tablas 81, 82,83, pág. XVI, XVII, XVIII*).**

El material extraído fue colocado secuencialmente, de acuerdo a cada cambio de estratos observado en el lugar, a orillas de la excavación y posteriormente introducido en bolsas plásticas las cuales fueron identificadas con una ficha que detalló el nombre del proyecto, el número de sondeo, la estación progresiva, el número de la muestra, la profundidad a que fue tomada y el peso estimado.

La agrupación de todas las bolsas que contienen los materiales extraídos, es decir, las muestras tomadas, constituyen la "radiografía" inicial del sitio en estudio.

3.2.1. Resultados de Ensayes a Muestras de Sondeos de Línea.

A continuación, se muestra el tipo de suelo que predomina en cada uno de los tramos en estudio, según los resultados de clasificación obtenidos en los sondeos manuales realizados para cada caso:

El primer estrato de suelos estudiados cuenta con una profundidad que varía entre 12 y 30 cm. A partir de los resultados, se logró conocer que existe un tipo de material bien definido en este primer estrato el cuales **A – 2 – 4**. Este tipo de material encontrado, presentan un mejor comportamiento en cuanto a sus características físicas y mecánicas. El Límite Líquido determinado se ubica entre 26 y 37, mientras que el Índice de Plasticidad tiene un valor entre 7 y 10. Los suelos del tipo **A – 2 – 4** presentan valores de CBR que varían entre 23.8 y 29.

El segundo estrato cuenta con una profundidad que varía entre 30 cm y 150 cm, en la composición del material predominan los suelos con clasificación **A – 2 – 7**, **A – 1 – a** y **A – 2 – 6**. Estos materiales se encuentran por debajo de la actual carpeta de rodamiento.

El tercer estrato cuenta con una profundidad que varía entre 40 cm y 150 cm, en la composición del material predominan los suelos con clasificación **A – 2 – 7**, **A – 7 –6, A – 2 – 6** y **A– 6**. Este estrato también se encuentra por debajo de la actual carpeta de rodamiento.

Los suelos del tipo **A – 2 – 7** presentan valores de CBR que varían entre 14.1 y 18, para su uso como subrasante está categorizada como de regular a buena calidad El Límite Líquido de este tipo de suelo se ubica entre 38 y 55, mientras que el Índice de Plasticidad tiene un valor entre 12 y 29.

Los suelos del tipo **A – 1 – a** presentan valores de CBR que varían entre 48 y 60, para su uso como subrasante esta categorizada como de muy buena calidad. Este tipo de suelo no posee Límite Líquido y es un suelo No Plástico.

Los suelos del tipo **A – 2 – 6** presentan valores de CBR que varían entre 18.2 y 18.5, para su uso como subrasante esta categorizada como de regular a buena calidad. El Límite Líquido de este tipo de suelo se ubica entre 33 y 39, mientras que el Índice de Plasticidad tiene un valor entre 12 y 22.

El suelo del tipo **A – 6** presenta un valor de CBR de 11.3, para su uso como subrasante esta categorizada como de regular calidad. Este tipo de suelo su Límite Líquido es de 36 y su Índice de Plasticidad es de 20.

Los suelos del tipo **A – 7 – 6** presentan valores de CBR que varían entre 2.3 y 4.7, para su uso como subrasante esta categorizada como de muy mala calidad. El Límite Líquido de este tipo de suelo se ubica entre 41 y 45, mientras que el Índice de Plasticidad tiene un valor entre 17 y 20.

Para detallar los tipos de suelos y su profundidad, en base al trabajo de campo y los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio se realizó la secuencia estratigráfica del sitio en estudio. **(*Ver Anexo Cap. III, Gráficos 37, 38,39, pág. XX, XXI)***

3.3. Resultados de Ensayes a Muestras de Fuentes de Materiales.

En base en los reportes técnicos de campo y los resultados de laboratorios suministrados por la Alcaldía de Estelí, se analizaron dos (2) Bancos de Préstamo identificados a lo largo de la vía en estudio; para así poder conocer la función que puede desempeñar estos, al ser usado ya sea como material base o sub-base. Los cuales se presentan a continuación:

Tabla 20. Banco de materiales.

No. del Banco	Ubicación	Volumen Aproximado (m ^{3})	Uso Recomendado (Según la Nic-2000)
Nº 1	Est. 0+300; 2.0m derecha.	18,000	Material Selecto para capa Subbase
Nº 2	Est. 2+200; 40 m derecha.	25,200	Material Selecto para capa base

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí - Institutos de Suelos y Materiales S.A (INSUMA).

Tabla 21. Dimensiones de los bancos de materiales.

No. del Banco	Dueño	Nombre	Dimensiones en metros (largo x alto x ancho)
Banco Nº 1	Luis Rodríguez	La Unión	60x10x30
Banco Nº 2	Serapio Catillo	Las Pintadas	75x12x28

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí - Institutos de Suelos y Materiales S.A (INSUMA).

Tabla 22. Características de los Bancos de materiales.

No. Del Banco	% que pasa por tamiz									L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIF. AASHTO	CBR al 95%
	2"	1½"	1"	3/4"	3/8"	#4	#10	#40	#200				
Nº 1	100	99	91	84	77	71	62	43	31	37	9	A-2-4 (o)	58
Nº 2			100	84	70	48	14	7	2	··	NP	A-1-a (o)	84
Observaciones: L.L= Limite Liquido, I.P= Índice de Plasticidad													

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí - Institutos de Suelos y Materiales S.A (INSUMA).

3.3.1. Consideraciones para elección del banco a utilizar.

3.3.1.1. Consideraciones para la Sub-Base.

Esta se puede definir como aquella capa que se coloca por debajo de la capa base y está alejada de las cargas que resiste directamente la capa de rodamiento, no se requieren materiales de gran resistencia como los de la capa base, por lo que su módulo de elasticidad es menor. Debe de cumplir las especificaciones de la tabla siguiente.

Tabla 23. Especificaciones de los materiales para la Sub – base.

N°	Propiedad	Limites	Norma de Prueba
1	Límite líquido	25% Máx.	AASHTO T-89
2	Limite Plástico	6% Máx.	AASHTO T-90
3	C.B.R	40% Mín.	AASHTO T-193
4	Desgaste de los Ángeles	50% Máx.	AASHTO T-96
5	Intemperismo Acelerado	12% Máx.	AASHTO T-104
6	Compactación	95% mín. del peso volumétrico seco máx. obtenido por medio de la prueba Proctor modificado	AASHTO T-191 y/o T-238

Fuente: Especificaciones Nic-2000.Sección: 1003.09 (a y b). 1003.23.II (a).

3.3.1.2. Consideraciones para la Base.

Esta es la capa que se encuentra colocada por debajo de la carpeta de rodamiento, por lo que su ubicación muy cercana a la aplicación de las cargas se requiere materiales de gran calidad y resistencia. Por lo tanto deben de cumplir las especificaciones que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 24. Especificaciones de materiales empleados en una base granular.

N°	Propiedad	Limites	Norma de Prueba
1	Límite líquido	25% Máx.	AASHTO T-89
2	Limite plástico	6% Máx.	AASHTO T-90
3	C.B.R	80% Mín.	AASHTO T-193
4	Desgaste de los Ángeles	50% Máx.	AASHTO T-96
5	Intemperismo Acelerado	12% Máx.	AASHTO T-104
6	Compactación	95% mín. del peso volumétrico seco máx. obtenido por medio de la prueba Proctor modificado.	AASHTO T-191 y/o T-238

Fuente: Especificaciones Nic-2000.Sección: 1003.09 (a y b). 1003.23.II (b)

3.4. Banco de materiales propuesto para la capa Base.

De acuerdo a los resultados de laboratorio obtenidos, se considerará utilizar como fuente de materiales para capa de base granular el Banco Las Pintadas (**Banco Nº 2**), debido a que su granulometría y resistencia (CBR) 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, después de colocado y compactado.

Tabla 25. Requisitos graduación de agregados.

Cuadro 1003.10 de NIC 2000, Requisitos graduación de agregados.			
Tamiz (mm)	**% que debe pasar por los tamices**	**Banco Nº 2 Las Pintadas**	**Valoración**
75	100	100	**Cumple**
4.75	30-70	48	**Cumple**
0.075	0-15	2	**Cumple**

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

El Banco de Materiales Las Pintadas (**Banco Nº 2**), está conformado por materiales granulares de clasificación **(A-1-a)**, con índice de grupo 0. Según el sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO**, este material se caracteriza por ser bueno para ser utilizado como material de base y sub-base en estructuras de pavimento.

El ensaye de CBR para el banco de materiales Las Pintadas (**Banco Nº 2**), con suelo (A-1-a) al 95% es de 84%**,** el cual cumple las Especificaciones Generales de la NIC–2000, ya que su CBR se ajusta a los requisitos mínimos que debe cumplir un material para poder ser utilizado como base, el cual después de colocado y compactado debe tener como mínimo un CBR de 80% al 95% de compactación. Los resultados de los requerimientos que debe cumplir el banco Nº 2 se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 26. Requisitos graduación de agregados.

Prueba	Requerimiento mínimo NIC-2000	Banco Nº 2 Las Pintadas	Valoración
Graduación	Cuadro 1003.10	Cumple	**Cumple**
Desgaste	Máx. 50%	-	**-**
Índice de plasticidad	Máx. 10%	N.P.	**Cumple**
CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación	Min. 80%	84%	**Cumple**

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

3.5. Banco de materiales propuesto para la capa Sub-Base.

Se consideró utilizar como fuente de materiales para capa de Sub-base granular el Banco La Unión (**Banco Nº 1**), debido a que su granulometría y resistencia (CBR), no 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, después de colocado y compactado.

Tabla 27. Requisitos graduación de agregados.

Cuadro 1003.10 de NIC 2000, Requisitos graduación de agregados.			
Tamiz (mm)	% que debe pasar por los tamices	Banco Nº 1 La Unión	Valoración
75	100	100	**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.

El Banco de Materiales La Unión (**Banco Nº 1**), está conformado por materiales gravas y limos de clasificación (A-2-4) con índice de grupo 0. Según el sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO**, este material se considera como bueno para ser utilizado como material de sub-base en estructuras de pavimento.

El ensaye de CBR para el banco de materiales La Unión (**Banco Nº 1**), con suelo (A-2-4) al 95% es de 58%**,** el cual no cumple las Especificaciones Generales de la NIC–2000, ya que su CBR se ajusta a los requisitos mínimos que debe cumplir un material para poder ser utilizado como base.

Pero si cumple con requisitos mínimos que debe cumplir un material para poder ser utilizado como sub-base, el cual después de colocado y compactado debe tener como mínimo un CBR de 40% al 95% de compactación. Los resultados de los requerimientos que debe cumplir el banco **La Unión** se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 28. Requisitos graduación de agregados.

Prueba	Requerimiento mínimo NIC-2000	Banco Nº 1 La Unión	Valoración
Graduación	Cuadro 1003.10	Cumple	**Cumple**
Desgaste	Máx. 50%	-	**-**
Índice de plasticidad	Máx. 10%	9	**Cumple**
CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación	Min. 80% para Base	58%	**No Cumple**
CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación	Min. 40% para Sub-Base	58%	**Cumple**

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

3.6. Determinación del CBR de Diseño.

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

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

1) Identificar los Valores utilizar en el diseño del CBR, los cuales son todos los valores que se encuentran debajo de la línea de la Sub-rasante.

2) Ordenar los Valores de Menor a Mayor, se determina la frecuencia de cada uno de ellos y el porcentaje de valores iguales o mayores de cada uno.

3) Se dibuja un gráfico que represente los valores de CBR contra los porcentajes calculados y con la curva que se obtenga, se determina el CBR con el percentil que corresponda, dependiendo del número de ejes equivalentes en el carril de diseño.

3.6.1. Identificación de la Sub-rasante.

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.

Se puede apreciar en los perfiles estratigráficos que este tramo cuenta con una capa de rodadura de un espesor no mayor a 30 cm, el cual corresponde de acuerdo con la clasificación de suelos AASHTO como **A-2-4 (0)**, el cual se considera está constituido sobre la subrasante.

Según las recomendaciones de la Nic-2000 el material de la carpeta rodamiento existente **(A-2-4)**, actualmente no cumple con las especificaciones mínimas de CBR al 95%, ya que según los resultados de laboratorio este tipo de suelo obtuvo valores de Soporte al 95% que varían desde 23.9% mínimo hasta 29% máximo, valores que se encuentran por debajo del mínimo recomendado para capa Base (80% mínimo), y de capa Subbase (40% mínimo). Es por eso que dicho estrato no será incluido para diseño del CBR de la subrasante, porque este será reemplazado con material proveniente de los Bancos de Materiales más próximos al Tramo.

En este diseño tomaron todos los valores de CBR que están por debajo de 30 cm, pero solo se tomaron los suelos que corresponden a el material existente a el Estrato más cercano a la Capa de Rodamiento (Estrato 2), de la subrasante, ya que es donde se encuentra el suelo que soportara la estructura de pavimento a Diseñar y con mejores valores de Soporte al 95%.

En la siguiente tabla se presentan las especificaciones para subrasante.

Tabla 29. Especificaciones para terraplenes y materiales para subrasante.

No.	Propiedad	Terraplenes	Capa Sub-rasante	Metodología
1	% de malla Nº 200	40 % máx.	30% máx.	AASHTO T-11
2	Limite Líquido	40 % máx.	30% máx.	AASHTO T-89
3	Índice Plástico	15 % máx.	10 % máx.	AASHTO T-90
4	CBR	10 % Min.	20 % Min.	AASHTO T-193
5	Compactación	95 % máx. del peso volumétrico seco máx. obtenido por medio de la prueba proctor modificado. (AASHTO-99)	95 % máx. del peso volumétrico seco máx. obtenido por medio de la prueba proctor modificado. (AASHTO-T-180)	AASHTO T-191 y/o T-238 (in situ)

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

El método más difundido para calcular el CBR de diseño es el propuesto por el instituto de Asfalto, el cual recomienda tomar un valor total que el 60%, el 75% o el 87.5% de los valores individuales obtenidos que sea iguales o mayor que él, de acuerdo con el tránsito que se espera circule por el pavimento.

Tomando en cuenta que el ESAL's es **de 797,900.00** por tanto para nuestro diseño utilizaremos un percentil de **75%**, tal y como se indica en la tabla Nº30.

Tabla 30. Criterio del Instituto de Asfalto para determinar CBR de Diseño.

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

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements.

En la siguiente tabla se muestra la acumulación de los valores de CBR de diseño y el tipo de suelo al que corresponde a el material existente del Estrato más cercano a la Capa de Rodamiento (Estrato 2), de la subrasante:

Tabla 31. Selección de CBR de diseño para la subrasante.

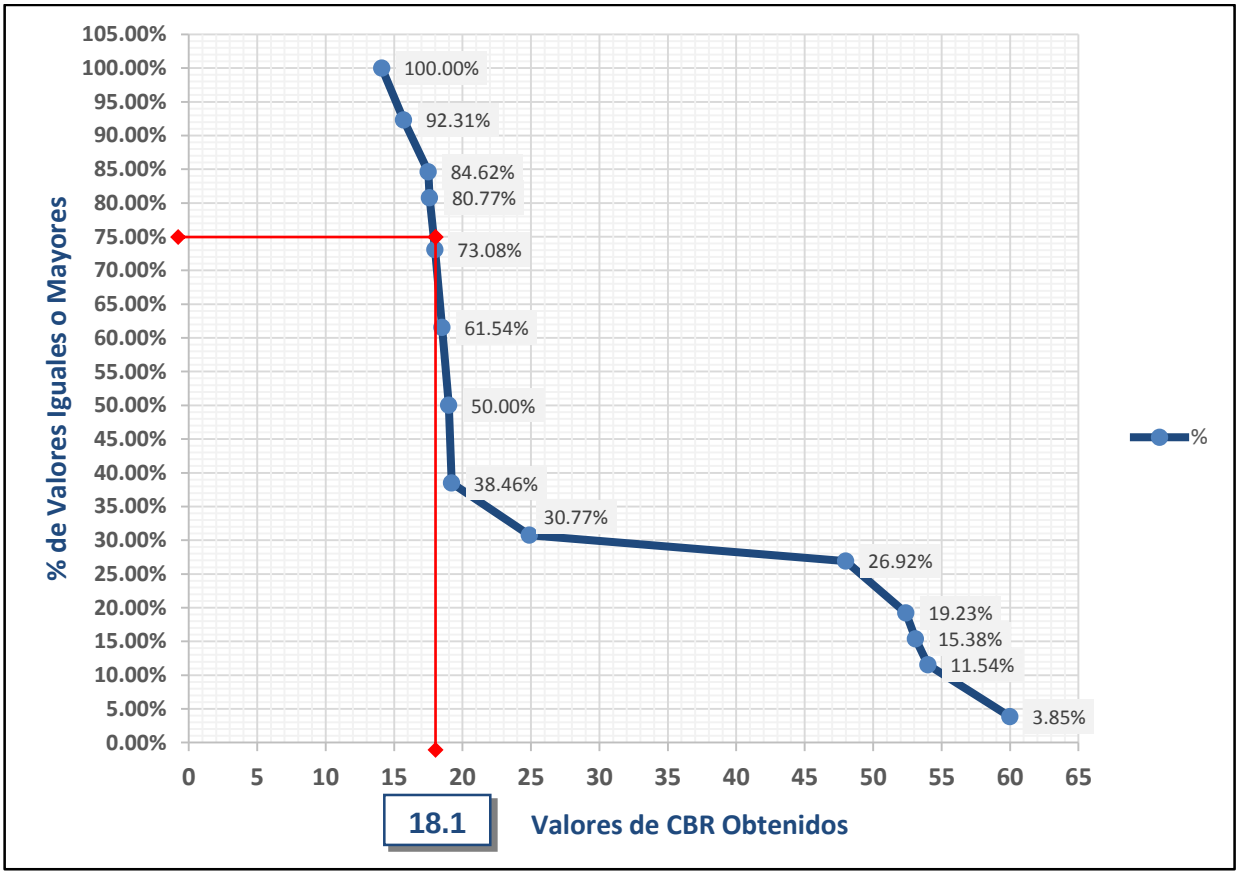
Tipo de Suelo	CBR	Frecuencia	Cantidad de Valores Iguales o Mayores	%
A-2-7	**14.1**	2	26	**100.00%**
A-2-7	**15.7**	2	24	**92.31%**
A-2-7	**17.5**	1	22	**84.62%**
A-2-7	**17.6**	2	21	**80.77%**
A-2-7	**18**	3	19	**73.08%**
A-2-6	**18.5**	3	16	**61.54%**
A-2-6	**19**	3	13	**50.00%**
A-2-6	**19.2**	2	10	**38.46%**
A-2-4	**24.9**	1	8	**30.77%**
A-1-a	**48**	2	7	**26.92%**
A-1-a	**52.4**	1	5	**19.23%**
A-1-a	**53.1**	1	4	**15.38%**
A-1-a	**54**	2	3	**11.54%**
A-1-a	**60.0**	1	1	**3.85%**
TOTAL DE MUESTRAS		**26**		

Fuente: Elaboración Propia.

Con los valores CBR y porcentaje de valores se dibuja un gráfico donde se determina el CBR de diseño para subrasante.

De acuerdo al tránsito que se espera que circule en la vía, determinado en el estudio de tránsito de este proyecto, y sabiendo que éste será de **797,900.00**; según la Tabla 30 se tomó un valor percentil para el diseño de subrasante del 75% de los valores mayores o iguales, el cual se intersectó con la curva de los valores de CBR como se aprecia en el **gráfico 10**, para encontrar el CBR de diseño de la subrasante.

Gráfico 10. Selección del CBR de Diseño.



Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo al **gráfico 10,** el valor de CBR de diseño resultante es de 18.1%, el cual de acuerdo a la clasificación de CBR de la Tabla 32, clasifica a la subrasante existente como de regular a buena, es por eso que en este caso no se propone reemplazar o mejorar esta capa, ya que esta presenta características aceptables para material de subrasante. Tal y como se muestra a continuación:

Tabla 32. Clasificación del CBR.

Rango de CBR	Valoración
0-5	Sub-rasante muy mala
5-10	Sub-rasante mala
10-20	Sub-rasante regular a buena
20-30	Sub-rasante muy buena
30-50	Sub-base buena
50-80	Base buena
80-100	Base muy buena

Fuente: Crespo Villalaz, C. (2008).

DISEÑO DE PAVIMENTO

CAPITULO IV

4.1. Generalidades.

El método de Diseño de Espesores de pavimento de la AASHTO 1993, es el más usado y cuenta con técnicas de diseño para estructuras de pavimentos rígidos, semi-rígidos, flexibles y articulados. Se ha elegido el método AASHTO, porque a diferencia de otros métodos introduce el concepto de Serviciabilidad en el diseño de pavimentos como una medida de su capacidad para brindar una superficie lisa y suave al usuario. Seguidamente se utilizaron los nomogramas de la AASHTO, y criterios de diseño ajustados a la Buena Práctica en Ingeniería (BPI).

En Nicaragua se utilizan 4 tipos de carpeta de rodamiento en la construcción de carreteras: macadam, asfáltica, de concreto hidráulico y adoquinado. Debido a su fácil manejo y otras características en este estudio se eligió adoquines, en todo caso resulta una alternativa económica y de fácil mantenimiento.

4.2. Consideraciones del Diseño AASHTO 93:

4.2.1. Carga de Ejes Simples Equivalentes.

Se refiere al deterioro que produce cada vehículo en un pavimento, éste corresponde al número de ejes equivalentes llamado también “eje estándar”, el cual tiene un peso de 8.2 ton. (18,000 libras) y se presentará en el carril de diseño. Se considera que el “eje estándar” tiene un factor de daño F=1.

Al realizar el estudio de tráfico, se clasifican todos los vehículos livianos y pesados según su peso por eje, encontrando así los volúmenes de tránsito, luego dichos volúmenes se proyectan a un período de diseño en concordancia a una tasa de crecimiento que se determina según las condiciones económicas y sociales de la zona, el proceso anterior nos permite determinar el tránsito de diseño (TD), posteriormente se afecta este tránsito de diseño por un factor de equivalencia de carga, la sumatoria de todos los procesos anteriores para cada vehículo clasificado se denomina ESAL de diseño. En el tramo en estudio, el ESAL de diseño es 797,900.00.

4.2.2. Confiabilidad.

La confiabilidad se define como la probabilidad de que el sistema de pavimento durante todo el período de diseño se comporte de manera satisfactoria bajo las condiciones de carga.

.

Esta variable trata de llegar a cierto grado de certeza en el método de diseño, cuyo valor depende de variaciones al azar tanto en la predicción del tránsito como en la predicción del comportamiento, del nivel de confiabilidad elegido y del error estándar combinado, para asegurar que las diversas alternativas de la sección estructural que se obtengan se desempeñarán satisfactoriamente sobre las cargas de tráfico y condiciones ambientales que durarán como mínimo el período de diseño.

De acuerdo con la clasificación funcional de la vía, el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las carreteras Regionales, SIECA 2004 recomienda diferentes niveles de confiabilidad. Para el tramo en estudio se utilizará un valor de confiabilidad **R** del **80%,** que corresponde a un valor recomendado para una Carretera Colectora suburbana lo cual se muestra en la tabla 33. Esta confiabilidad seleccionada de acuerdo al grado funcional del tipo de la carretera presenta una desviación **Zr** de **-0.841**, lo cual se muestra en la tabla 34.

Tabla 33. Niveles de Confiabilidad R en función del tipo de carretera.

Tipo de Carretera	Niveles de confiabilidad R	
	Suburbanas	Rurales
Autopista Regional	85-99.9	80-99.9
Troncales	80-95	75-95
Colectoras	50-80	**50-80**

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

Tabla 34.Valores de Zr en función de la confiabilidad R.

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

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

4.2.3. Desviación estándar.

La desviación estándar Aplicada en este modelo, se identifica como la variación en la predicción del comportamiento de los niveles de servicio del tránsito teniendo en cuenta los errores en la predicción del mismo. Para la estimación de la deviación estándar, la AASHTO ha dispuesto ciertos valores que fueron desarrollados a partir de un análisis de varianza que existía en el Road Test y en base a predicciones futuras del tránsito.

Tabla 35. Desviación estándar dependiendo de las condiciones de servicio.

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.

4.2.4. Serviciabilidad.

La serviciabilidad se define como la capacidad del pavimento para brindar un uso confortable y seguro a los usuarios. Para su determinación se realizan estudios de calidad en dependencia del tipo de carpeta de rodamiento a evaluar.

La forma más sencilla para determinar la pérdida de serviciabilidad se muestra en el capítulo 7, página 5 del Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos (SIECA), se muestran los valores recomendados de desvío estándar comprendidos dentro de los intervalos siguientes:

Tabla 36. Factores de Serviciabilidad.

Serviciabilidad Inicial	Serviciabilidad Final
Po= 4.5 para pavimentos rígidos	Pt= 2.5 o más para caminos principales
Po= 4.2 para pavimentos flexibles	Pt= 2.0 para caminos de Tránsito menor

Fuente: Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos.

4.2.5. Coeficiente de drenaje.

El drenaje de agua en los pavimentos es un aspecto importante a considerar en el diseño de las carreteras. De lo contrario el exceso de agua combinado con el incremento de volúmenes de tránsito y cargas podrían anticipar los daños a la estructura del pavimento.

La AASHTO 93 recomienda ciertos coeficientes de drenajes que son usados para los cálculos en la estimación de los espesores de los miembros de los paquetes estructurales, la forma de consideración de los coeficientes se demuestran en la tabla 38.

La calidad del drenaje es expresado en la fórmula del numero estructural, dado que se asume una buena capacidad para drenar el agua de la vía en cada una de las capas que conforman el pavimento, el coeficiente de drenaje a utilizar es de **mi = 1.00.**

Tabla 37. Capacidad del drenaje para remover la humedad.

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

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

Tabla 38. Porcentaje del tiempo que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación.

Calidad del drenaje	P= % del tiempo que el pavimento está expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación.			
	< 1%	1% - 5%	5% - 25%	> 25%
Excelente	1.40 - 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 - 0.40	0.40

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

4.2.6. Cálculo del CBR de diseño.

La ASTM denomina a este ensayo, simplemente como “Relación de soporte” y esta normado con el número ASTM D 1883-73 y en la AASHTO con el número T-193. El CBR de diseño de este tramo es de 18.1%. Este se obtuvo con un percentil de 75%. ***(Ver Gráfico 10 del cap. III, pág.42)***

4.2.7. Módulo de Resiliencia (MR).

La base para la caracterización de los materiales de la subrasante en este método es el Módulo Resiliente, el cual es una medida de la propiedad elástica de los suelos y se determina con un equipo especial que no es de fácil adquisición.

Se han establecido correlaciones para calcularlo a partir de otros ensayos, como el CBR, la guía de diseño de la AASHTO establece las siguientes correlaciones para encontrar el Módulo Resiliente de la sub rasante.

Tabla 39. Correlación entre el CBR Y Módulo Resiliente para subrasante.

Valor de CBR	Consideración
CBR < 10%	Mr= 1500 * CBR EC. 11
CBR > 10%	Mr= 4326* Ln(CBR) + 241 EC. 12

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

En este caso como se obtuvo un CBR de diseño para la sub rasante de 18.1%, utilizaremos el primer criterio para calcular el Módulo Resiliente de la sub-rasante aplicando la ecuación 12, por tanto:

Mr=4326 x Ln (CBR) + 241 **Ec.12.**

Mr=4326 x Ln (18.1%) + 241

Mr=12,768. 7 psi

4.2.8. 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 **(Banco Nº 2).**

a_3: Para la sub-base **(Banco Nº 1).**

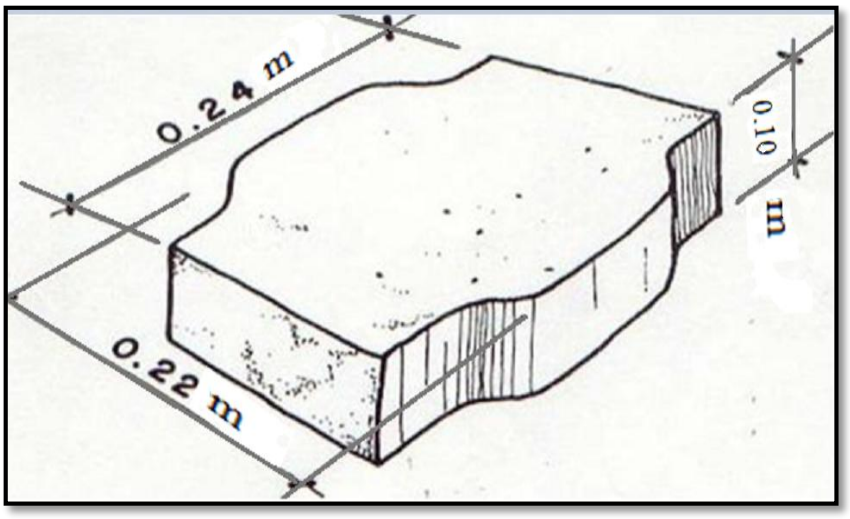
4.2.8.1. Coeficientes Estructural a_1.

La Capa de rodamiento estará conformada por elementos uniformes compactos de concreto, denominados adoquines, que se colocan ensamblados y que debido a su entrelazado y a la conformación de sus caras laterales, permiten una transferencia de cargas desde el elemento que las recibe hacia varios de sus adyacentes, trabajando sólidamente y sin posibilidad de desmontaje individual.

Cuando se utiliza adoquín como carpeta de rodamiento el coeficiente estructural será de **a_1= 0.45**, valor tomado del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, Capítulo 7, Diseño de espesores con adoquín, Método AASHTO, página 107.

El adoquín a utilizarse será tipo tráfico cuya resistencia será de 4500 PSI, como el que se muestra en la Imagen 2**.**

Imagen 2. Adoquín típico.



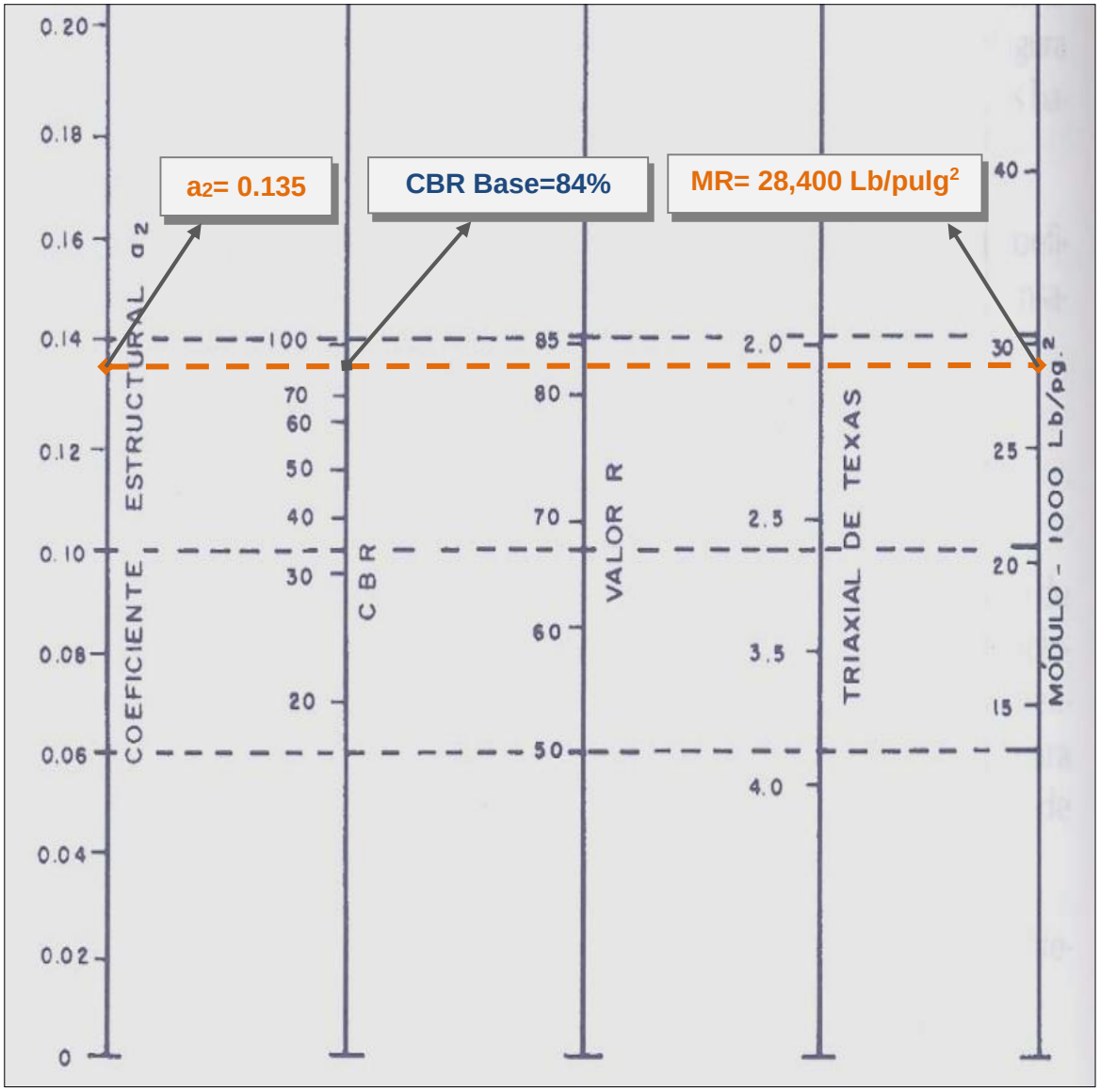
Fuente: Elaboración propia.

4.2.8.2. Coeficientes Estructural a_2.

La determinación del coeficiente estructural a_2 se realizó en base a la aplicación del nomograma para base granular proporcionado por la Guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993).

El valor de CBR usado para el cálculo de la Base es igual a **84%** que corresponde al Banco de Préstamo #2 (**Las Pintadas**), de acuerdo a la línea trazada en el nomograma se obtuvo en la escala izquierda un coeficiente estructural de **a_2 = 0.135** y en la escala derecha un módulo resiliente para base granular de **Mr = 28,400 PSI.**

Gráfico 11. Obtención del Coeficiente estructural a2 y el Módulo Resiliente, para Base Granular No tratada con Cemento.

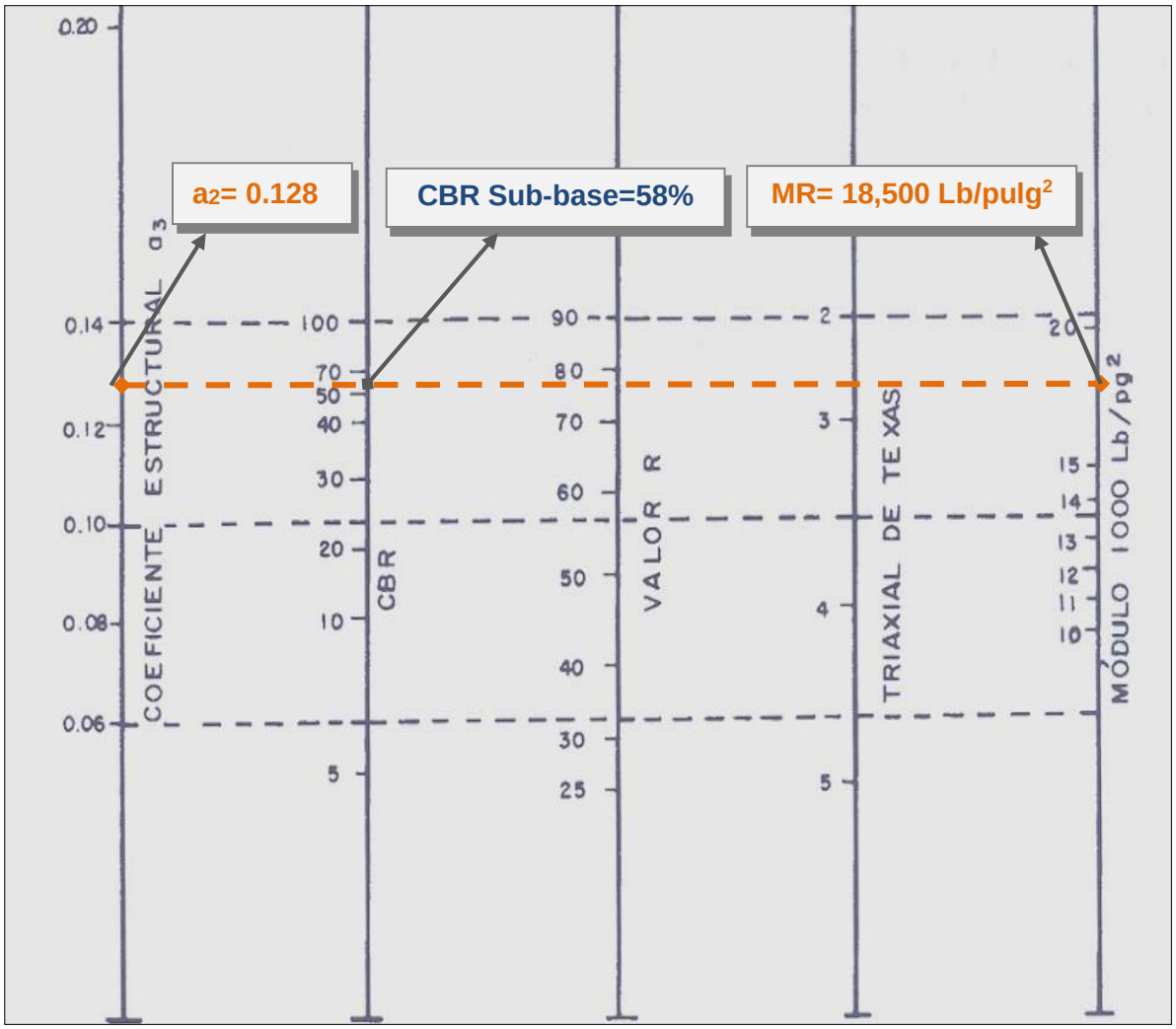


Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993.

4.2.8.3. Coeficientes Estructural a_3.

El valor de CBR usado para el cálculo de la Sub-Base es igual a **58%** que corresponde al Banco de Préstamo #1 (**La Unión**), de acuerdo a la línea trazada en el nomograma se obtuvo en la escala izquierda un coeficiente estructural de **a_3 = 0.128** y en la escala derecha un módulo resiliente para base granular de **Mr = 18,500 PSI.**

Gráfico 12. Obtención del Coeficiente estructural a_3 y el Módulo Resiliente, para Sub-Base Granular.



Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993.

4.2.9. Número Estructural.

También conocido como valor de soporte de suelo, es un número asignado para poder representar la 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.

Para cada capa se consideran coeficientes relativos que dependen del material que las conforman, por lo tanto podemos decir que el pavimento tendrá mayor capacidad de soporte mientras mayor sea el número estructural y viceversa. El número estructural (SN) se puede expresar por medio de la siguiente ecuación:

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * D2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3 \qquad \text{Ec.13.}$$

Dónde:

$D_{1, 2, 3}$= espesores de capas asfálticas, base y sub-base respectivamente en (pulgadas).

a_i= coeficiente estructural de capa i, dependiente de su módulo

m_i= 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.

4.3. Calculo de Espesores.

El espesor D1 para nuestro caso está definido, debido que utilizará adoquín como carpeta de rodamiento, por lo tanto **D_1=** 4 pulgadas.

Se calcula el número correspondiente a la capa de la siguiente forma:

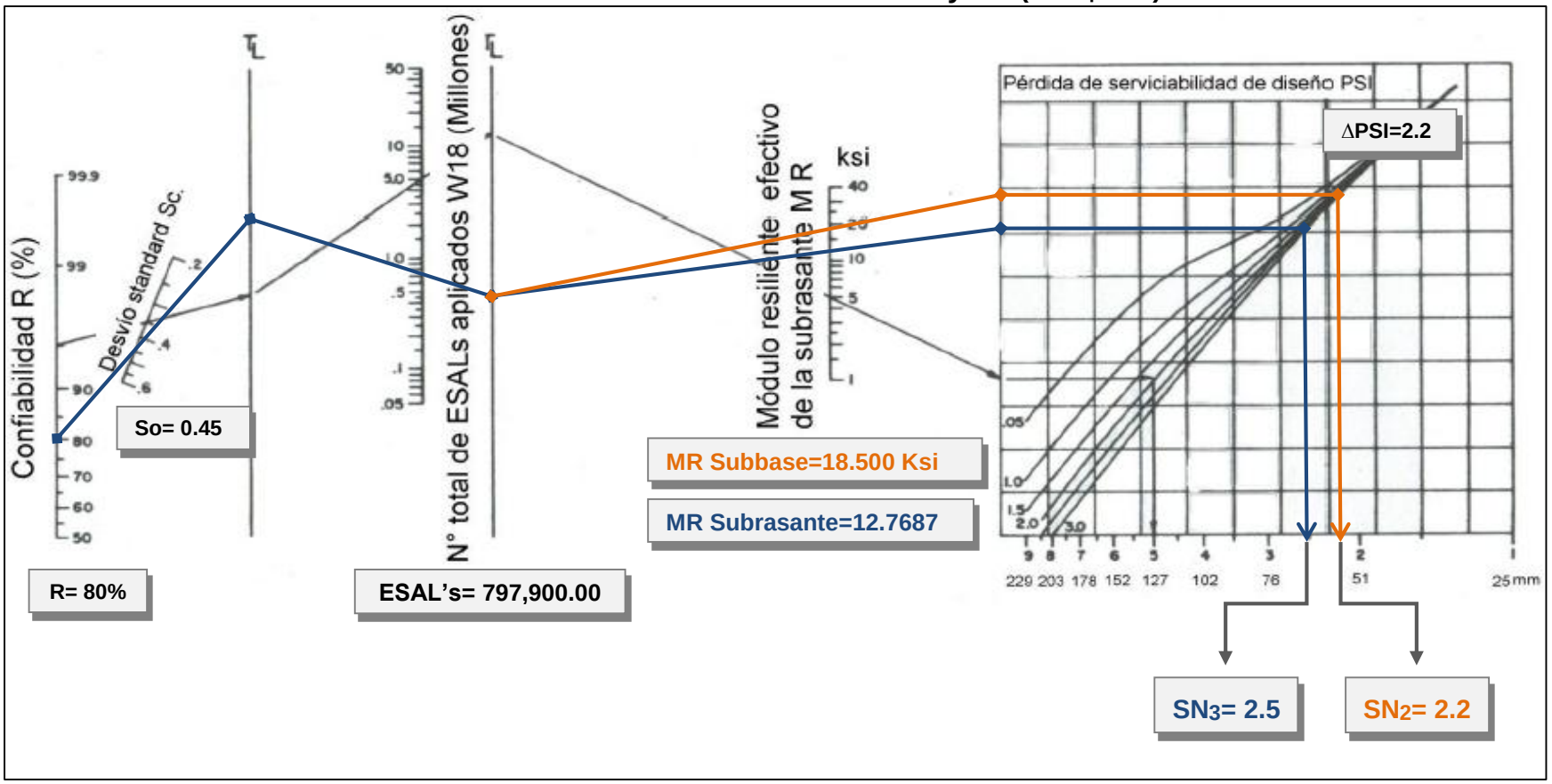
$$SN_1 = a_1 * D_1 \qquad \text{Ec.14.}$$

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

$$SN_1 = 1.8$$

Para el cálculo de **SN_2** y **SN_3 ($SN_{requerido}$),** se utilizó el Ábaco establecido por la Guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993), obteniendo un **SN_2** de **2.2** y un **SN_3** de **2.5.**

Gráfico 13. Obtención del Numero estructural SN_2 y SN_3 ($SN_{requerido}$).



Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993.

4.3.1. Cálculo del espesor de la base (D_2) y Sub-base (D_3).

Teniendo en cuenta que es conocido el valor de SN1, entonces el valor del coeficiente estructural de la base se obtiene de la siguiente manera:

Para la base (D_2):

$$D_2 = (SN_2 - SN_1) / (a_2 * m_2) \qquad \text{Ec.15.}$$

$$D_2 = (2.2 - 1.8) / (0.135 * 1.00)$$

$$D_2 = 3.00 \text{ pulgadas}$$

Las 3.00 pulgadas será el espesor que se requiere para que **D_2** (Base), resista los esfuerzos que le trasmitirá la carpeta de adoquín, comprobando este espesor de acuerdo a la tabla 40, de espesores mínimos resulta que para el Esal´s de diseño de **797,900.00** el espesor mínimo de la base granular es **6.00 pulgadas** (15 centímetros).

Tabla 40. Espesores mínimos sugeridos por capa.

Numero de ESAL´s	Espesor mínimo (pulgadas)	
	Concreto Asfaltico	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: Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993, pág. 175.

Se corrige el número estructural:

$$SN_2 = a_2 * D_2 * m_2 \qquad \text{Ec.16.}$$

$$SN_2 = (0.135) * (6.00) * (1.00)$$

$$SN_2 = 0.810$$

Para la Sub-base (D_3):

$$D_3 = SN_3 - (SN_2+SN_1) / (a_3*m_3) \qquad \text{Ec.17.}$$

$$D_3 = 2.5 - (0.810+1.8) / (0.128*1.00)$$

$$D_3 = -0.90 \text{ pulgadas}$$

Comprobación:

$$SN_1 + SN_2 \geq SNrequerido \qquad \text{Ec.18.}$$

$$1.8+0.810 \geq 2.50$$

$$2.61 \geq 2.50 \quad O.K$$

4.3.2. Espesores finales de Diseño.

En base al análisis y a los resultados obtenidos, la carpeta de rodamiento del tramo de carretera Estelí - San Roque (4.8 kilómetros), será de **4 pulgadas** la ya que este caso se utilizará adoquín y la base granular será de **6 pulgadas**, los espesores detallados son los siguientes:

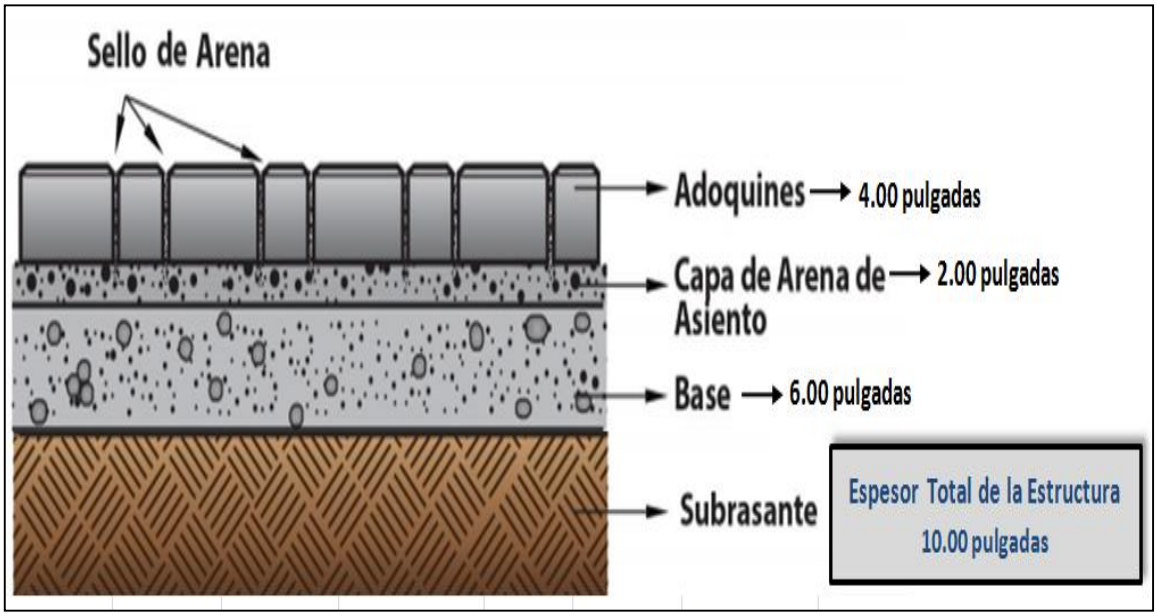
Tabla 41. Espesores de Diseño.

Capa	Espesor	
	Pulgadas	Centímetros
Capa de rodamiento(Adoquín)	4	10
Capa de arena	2	5
Base granular	6	15
Espesor Total Requerido	**10**	**25**

Fuente: Elaboración propia.

A como se observa en la tabla anterior, al utilizar adoquín como carpeta de rodamiento, el espesor de 5 centímetros de arena no es tomado en cuenta en la suma total del espesor requerido, dado que se considera que el lecho de arena no tiene ningún aporte estructural. Tal y como se muestra en la Imagen 3 la estructura total es de **10 pulgadas**.

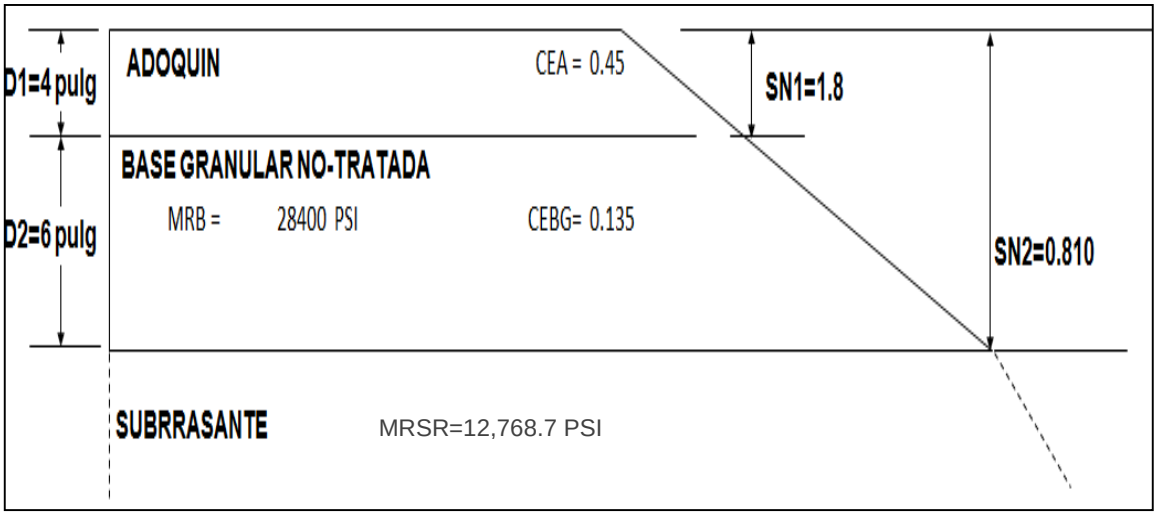
Imagen 3. Estructura de pavimento.



Fuente: Elaboración propia.

En resumen se ha obtenido como resultado la siguiente estructura de pavimento donde se muestran los valores de SN_1 y SN_2, además de los espesores D_1 y D_2.

Imagen 4. Estructura de pavimento.



Fuente: Elaboración propia.

4.4. Uso del programa WinPAS.

Para comparar y comprobar los resultados obtenidos en los cálculos anteriores, se determinaron los espesores de las diferentes capas de pavimento utilizando el programa WinPAS. El cual resulta una herramienta útil que agiliza y facilita los cálculos para el diseño.

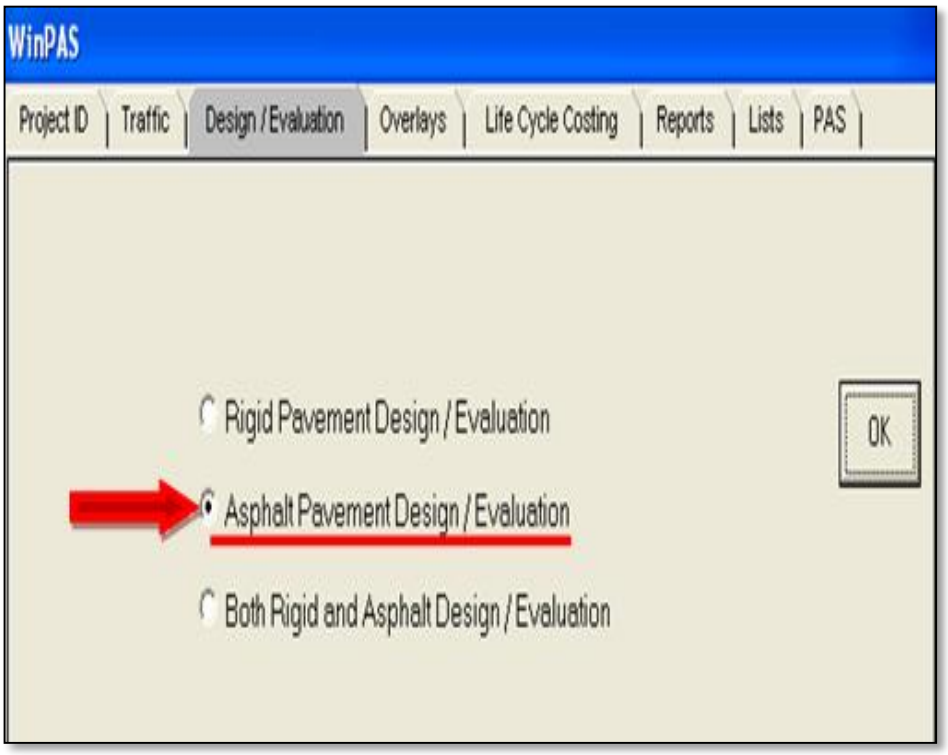
Imagen 5. Software de diseño WinPAS.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

El primer paso es seleccionar la pestaña de diseño/evaluaciones, donde se nos abrirá una nueva ventana que nos mostrará tres opciones de diseño, donde en este caso se tendrá que elegir la opción 2 de diseño/evaluaciones de pavimento asfaltico.

Imagen 6. Selección del Tipo de Pavimento a diseñar.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Luego se abrirá otra ventana que es donde se deben introducir los datos iníciales para el diseño:

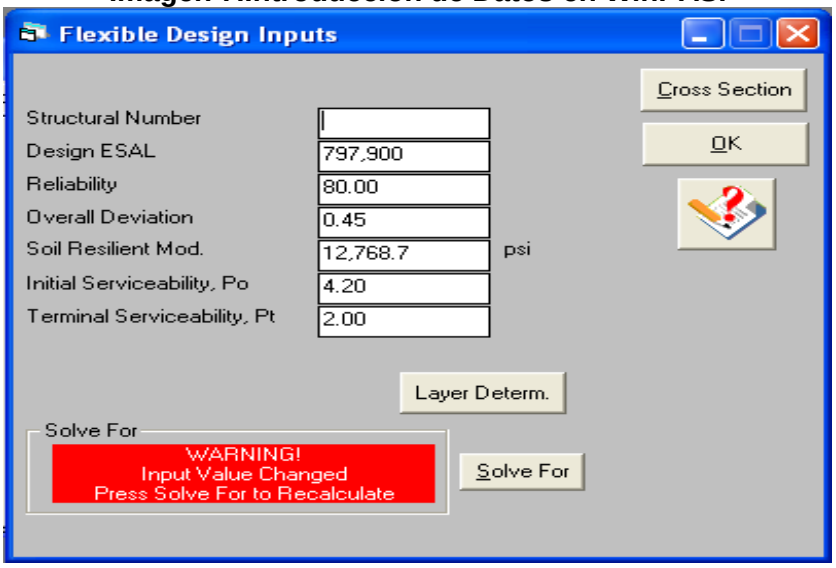
Tabla 42. Resumen de datos para calcular espesores en el programa WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Consideraciones del Diseño AASHTO 93	Valores a utilizar
ESAL de diseño	797,900.00
Confiabilidad	80%
Valor desviador (Zr)	-0.841
Desviación Estándar (So)	0.45
Módulo de Resiliencia	12,768.7
Serviciabilidad inicial (Po)	4.2
Serviciabilidad Final (Pt)	2.0
ΔPSI	2.2
Coeficiente de drenaje (mi)	1.00
Coeficiente de capa, Adoquín (a_1)	0.45
Coeficiente de capa, Base granular(a_2)	0.135

Fuente: Elaboración propia.

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

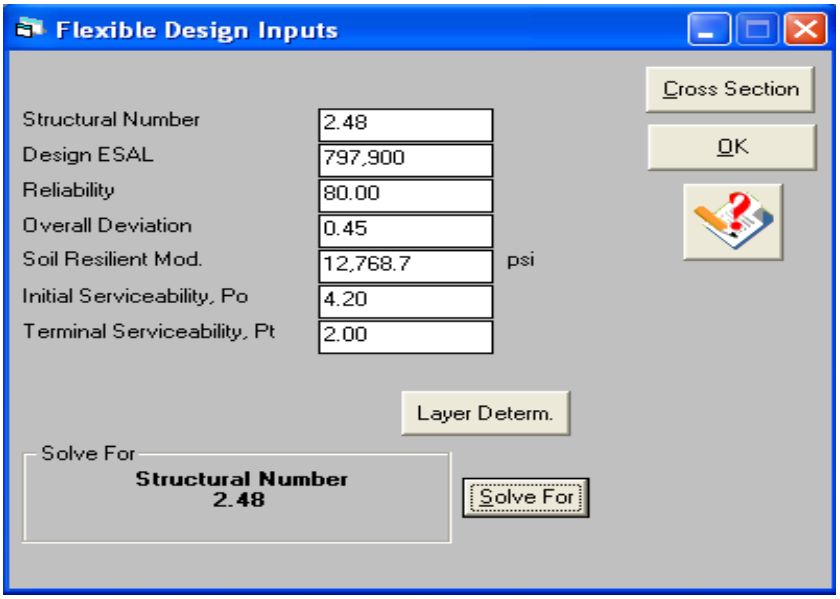
Imagen 7.Introduccion de Datos en WinPAS.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Después de haber dado click en la pestaña *resolver (Solve for).*Según el software WinPAS se requiere un SN=2.48.

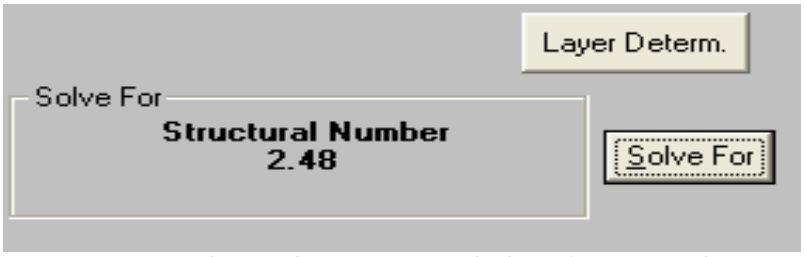
Imagen 8. Calculo de SN requerido en WinPAS.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Lo siguiente será proponer la estructura de pavimento, entrando en la pestaña Layer Determ.

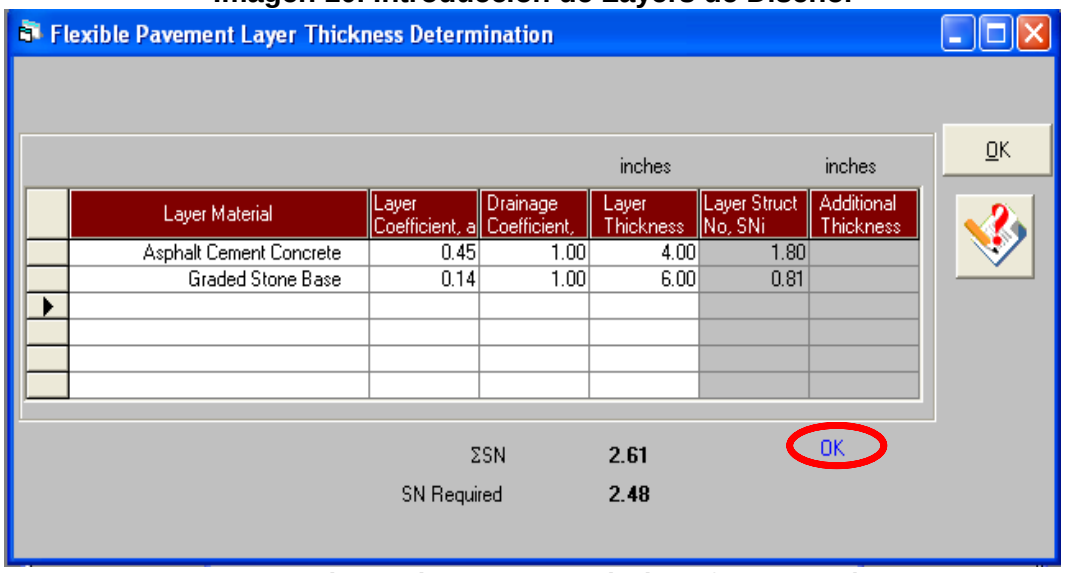
Imagen 9. SN requerido.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Se procede a introducir los coeficientes estructurales (a_1 y a_2), los coeficientes de drenaje (m_1 y m_2), y por último los espesores (D_1 Y D_2).Se puede observar que al proponer los espesores calculados manualmente, estos cumplen, ya que ΣSN=2.61, es mayor que el SN requerido=2.48.

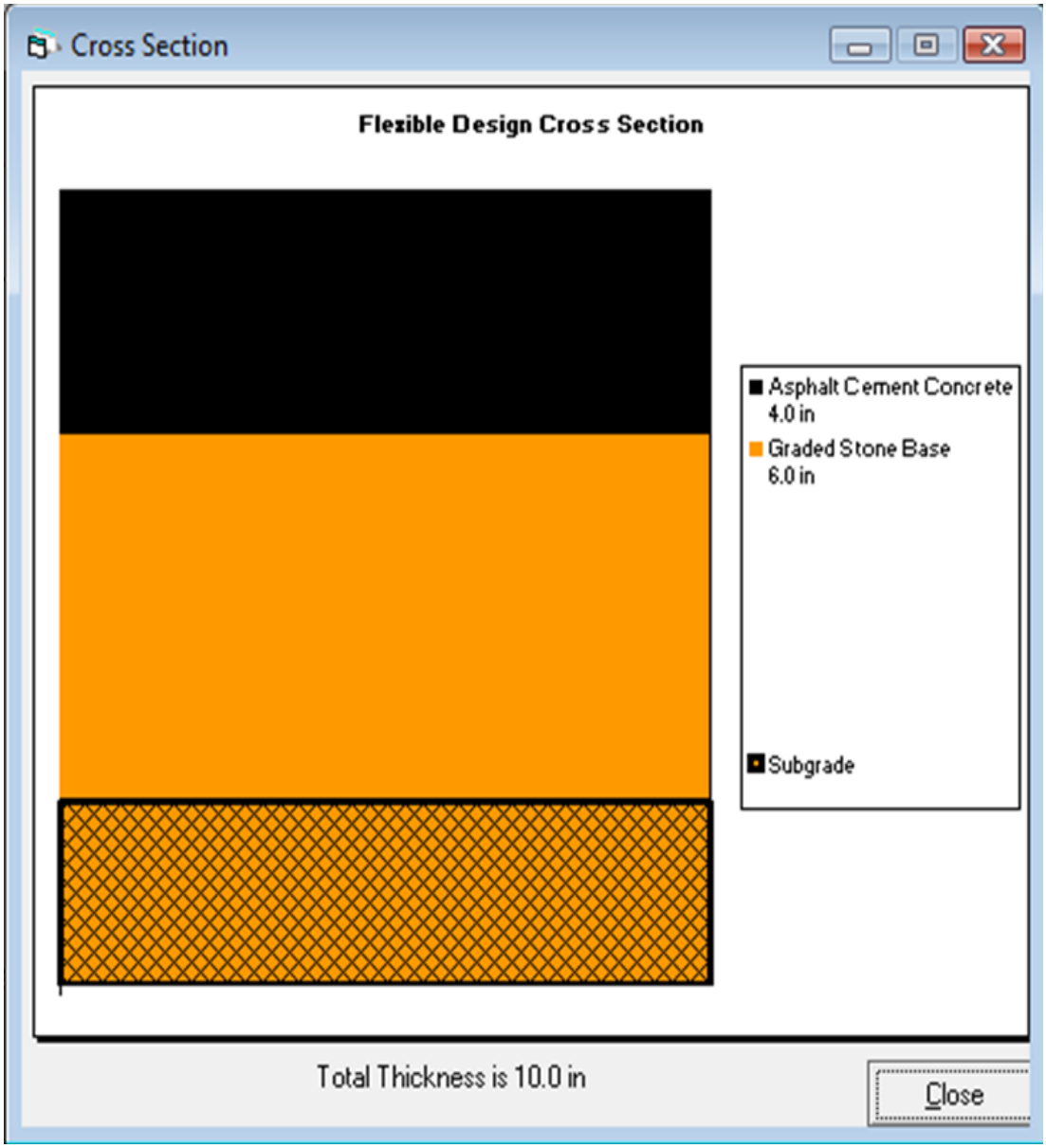
Imagen 10. Introducción de Layers de Diseño.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Y por último se Graficó espesores de pavimento en WinPAS.

Imagen 11. Espesores de Diseño.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DISEÑO HIDRÁULICO

CAPITULO V

5.1. Metodología.

El estudio consta de dos partes, el análisis hidrológico y el análisis hidráulico; para el análisis hidrológico se obtuvo los datos de intensidades de lluvia de la estación pluviométrica más cercana en este caso es la de Condega **(*Ver Anexo Cap. V, Imagen 61, pág. XXVI*)**, para estimar el caudal correspondiente, para esto fue necesario obtener información sobre las características y parámetros de la cuenca donde se desea hacer estimaciones; como el área, pendiente, el tipo de suelo entre otros; con los caudales obtenidos se diseñan cada una de las estructuras para verificar su capacidad hidráulica, sino cumpliesen, se dimensionarán nuevas estructuras.

Para alcanzar el objetivo propuesto se realizaron las siguientes actividades:

Se realizó 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 procedió a delimitar la cuenca hidrográfica de la corriente. Una vez definidos los datos de la cuenca del proyecto, se procedió a realizar los cálculos hidrológicos e hidráulicos. Se tomaron los criterios de diseño de la Guía Hidráulica para el Diseño de Estructuras de Drenaje en Caminos Rurales (PAST-DANIDA).

5.1.1. Estudio Hidrológico.

Los estudios hidrológicos permiten determinar el caudal de diseño de la estructura, el cual está en correspondencia con el tamaño y característica de la cuenca, su cubierta de suelo y la tormenta de diseño. De acuerdo a la Guía Hidráulica para el Diseño de Estructuras de Drenaje en Caminos Rurales, el estudio hidrológico se ha dividido según el tamaño en: método para cuencas menores y cuencas medianas.

5.1.1.1. Método Racional para Cuencas menores a 300 Hectáreas.

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 (Tc).

El método racional está representado por la siguiente ecuación:

$$Q = 0.2778 * C * I * A \qquad \text{Ec.19.}$$

Dónde:

Q: Caudal (m^3/s).

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

A: Área de drenaje de la sub-cuenca (kilómetros cuadrados).

C: Coeficiente de escorrentía.

5.1.1.2. Identificación de Micro-cuencas.

El tamaño de la sub-cuenca está determinado por las limitaciones del método racional que se aplica en cuencas cuya área de aportación es menor de 300 Ha. Para cada sub-cuenca se determinan las características hidrometeorológicas como son: área, longitud, pendiente, tiempo de concentración intensidad duración frecuencia y caudal.

Para la determinación del área de drenaje existen diferentes métodos, en este caso se se utilizó el programa Google Earth **(*Ver Anexo Cap. V, Imágenes 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, págs. XXXII, XXXIII, XXXIV, XXXV*)**.

Este método es de los más modernos y además de determinar el área se pueden efectuar otros procedimientos que facilitan la realización del estudio hidrológico.

Tabla 43. Características de Micro- cuencas Cunetas.

MICRO CUENCAS	Estación		Perímetro	Área	Long. de cuenca	Elev. Superior	Elev. Inferior
	Inicial	Final	m	km2	m	msnm	msnm
MC-4	2+140	1+990	383	0.00842	150	916	905
MC-5	2+509	2+331	442	0.01158	178	907	894
MC-9	3+170	3+260	220	0.00197	90	973	963
MC-11	3+260	3+345	308	0.00449	85	979	960
MC-16	4+010	3+810	512	0.01794	200	951	941
MC-18	4+290	4+010	836	0.03288	280	967	948
MC-22	4+708	4+800	294	0.0046	122	991	983

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 44. Características de Micro- cuencas Vados.

MICRO CUENCAS	Estación	Perímetro	Área	Long. de cuenca	Elev. Superior	Elev. Inferior
		metros	km2	metros	msnm	msnm
MC-3	1+715	386	0.006161	168	944	913
MC-8	3+170	375	0.008977	147	1016	965
MC-14	3+695	212	0.002077	97	966	947

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 45. Características de Micro- cuencas Alcantarillas.

MICRO CUENCAS	Estación	Perímetro	Área	Long. de cuenca	Elev. Superior	Elev. Inferior
		m	km2	m	msnm	msnm
MC-1	0+772	640	0.023897	308	915	879
MC-2	1+230	411	0.008452	185	930	901
MC-6	2+623	1774	0.130279	896	1173	921
MC-7	2+758	1160	0.047109	590	1062	943
MC-10	3+260	982	0.017828	322	992	959
MC-12	3+345	404	0.014026	195	980	961
MC-13	3+555	438	0.016688	113	986	956
MC-15	3+810	514	0.022424	154	958	941
MC-17	4+010	582	0.024925	132	963	948
MC-19	4+290	225	0.03832	100	997	973
MC-20	4+460	253	0.087617	129	998	982
MC-21	4+500	787	0.098194	313	1030	991

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.1.3. Coeficiente de Escorrentía.

El coeficiente de escorrentía “C” esta dado en dependencia de tres factores; el tipo de suelo, el uso del suelo y de la pendiente del suelo, se define como la proporción de la precipitación total que circula hacia el drenaje y está dada por la ecuación (Loaisiga, Tirado, & Lanza, 2011). Se determina con la siguiente ecuación:

$$C = Us * Ts * Pt \qquad \text{Ec.20.}$$

Dónde:

Us: uso del suelo.

Ts: tipo de suelo.

Pt: pendiente del terreno en %

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

Tabla 46. Coeficiente de escorrentía (C).

Uso del suelo	Us
Vegetación densa, bosques, 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	3.0
C = Us * Ts * Pt	

Fuente: Loaisiga Tirado & Lanza (2011).

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

Tabla 47.Datos de Us, Ts y Pt para Cunetas.

MICRO CUENCAS	Uso del Suelo	Us	Tipo de Suelo	Ts	Pt	Coeficiente de escorrentía (C)
MC-4	Vegetación Densa	0.04	semipermeables	1.25	2.0	0.100
MC-5	Vegetación Densa	0.04	semipermeables	1.25	2.0	0.100
MC-9	Maleza	0.06	semipermeables	1.25	2.5	0.188
MC-11	Vegetación Densa	0.04	semipermeables	1.25	3.0	0.150
MC-16	Maleza	0.06	semipermeables	1.25	1.5	0.113
MC-18	Maleza	0.06	semipermeables	1.25	2.0	0.150
MC-22	Maleza	0.06	semipermeables	1.25	2.0	0.150

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 48.Datos de Us, Ts y Pt para Vados.

MICRO CUENCAS	Uso del Suelo	Us	Tipo de Suelo	Ts	Pt	Coeficiente de escorrentía (C)
MC-3	Maleza	0.06	semipermeables	1.25	2.5	0.188
MC-8	Vegetación Densa	0.04	semipermeables	1.25	3.0	0.150
MC-14	Vegetación Densa	0.04	semipermeables	1.25	2.5	0.125

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 49.Datos de Us, Ts y Pt para Alcantarillas.

MICRO CUENCAS	Uso del Suelo	Us	Tipo de Suelo	Ts	Pt	Coeficiente de escorrentía (C)
MC-1	Vegetación Densa	0.04	semipermeables	1.25	2.5	0.125
MC-2	Maleza	0.06	semipermeables	1.25	2.5	0.188
MC-6	Vegetación Densa	0.04	semipermeables	1.25	3	0.150
MC-7	Maleza	0.06	semipermeables	1.25	2.5	0.188
MC-10	Sin vegetación	0.10	semipermeables	1.25	3	0.375
MC-12	Maleza	0.06	semipermeables	1.25	2.5	0.188
MC-13	Maleza	0.06	semipermeables	1.25	3	0.225
MC-15	Sin vegetación	0.10	semipermeables	1.25	2.5	0.313
MC-17	Sin vegetación	0.10	semipermeables	1.25	2.5	0.313
MC-19	Maleza	0.06	semipermeables	1.25	3	0.225
MC-20	Vegetación Densa	0.04	semipermeables	1.25	2.5	0.125
MC-21	Maleza	0.06	semipermeables	1.25	2.5	0.188

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.1.4. Pendiente (Sc).

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

$$Sc = \frac{H\text{máx} - H\text{mín}}{L} \qquad \textbf{Ec.21.}$$

Dónde:

Sc: Pendiente en m/m.

Hmáx: Elevación máxima de la sub-cuenca.

Hmín: Elevación mínima de la sub-cuenca.

L: Longitud.

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

Tabla 50.Valores de Sc para Cunetas.

MICRO CUENCAS	Estación		Long. de cuenca	Elev. Superior	Elev. Inferior	Sc	
	Inicial	Final	m	msnm	msnm	m/m	%
MC-4	2+140	1+990	150	916	905	0.0733	7.33%
MC-5	2+509	2+331	178	907	894	0.0730	7.30%
MC-9	3+170	3+260	90	973	963	0.1111	11.11%
MC-11	3+260	3+345	85	979	960	0.2235	22.35%
MC-16	4+010	3+810	200	951	941	0.0500	5.00%
MC-18	4+290	4+010	280	967	948	0.0679	6.79%
MC-22	4+708	4+800	122	991	983	0.0656	6.56%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 51.Valores de Sc para Vados.

MICRO CUENCAS	Estación	Long. de cuenca	Elev. Superior	Elev. Inferior	Sc	
		metros	msnm	msnm	m/m	%
MC-3	1+715	168	944	913	0.1845	18.45%
MC-8	3+170	147	1016	965	0.3469	34.69%
MC-14	3+695	97	966	947	0.1959	19.59%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 52.Valores de Sc para Alcantarillas.

MICRO CUENCAS	Estación	Long. de cuenca	Elev. Superior	Elev. Inferior	Sc	
		m	msnm	msnm	m/m	%
MC-1	0+772	308	915	879	0.1169	11.688%
MC-2	1+230	185	930	901	0.1568	15.676%
MC-6	2+623	896	1173	921	0.2813	28.125%
MC-7	2+758	590	1062	943	0.2017	20.169%
MC-10	3+260	322	992	959	0.1025	10.248%
MC-12	3+345	195	980	961	0.0974	9.744%
MC-13	3+555	113	986	956	0.2655	26.549%
MC-15	3+810	154	958	941	0.1104	11.039%
MC-17	4+010	132	963	948	0.1136	11.364%
MC-19	4+290	100	997	973	0.2400	24.000%
MC-20	4+460	129	998	982	0.1240	12.403%
MC-21	4+500	313	1030	991	0.1246	12.460%

Fuente: Elaboración Propia.

5.1.1.5. Tiempo de Concentración (tc).

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

$$Tc = 0.0041 * \left(\frac{3.28 * L}{\sqrt{Sc}}\right) \qquad \text{Ec.22.}$$

Dónde:

Tc: Tiempo de concentración en minutos.

L: Longitud máxima en metros.

S: Pendiente media del terreno.

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

Tabla 53.Valores de Sc para Cunetas.

MICRO-CUENCAS	Longitud de cuenca	Sc	tc
	m	m/m	minutos
MC-4	150	0.0733	1.33
MC-5	178	0.0730	1.51
MC-9	90	0.1111	0.76
MC-11	85	0.2235	0.56
MC-16	200	0.0500	1.92
MC-18	280	0.0679	2.21
MC-22	122	0.0656	1.18

Fuente: Elaboración Propia.

La Guía Hidráulica para el Diseño de Estructuras de Drenaje en Caminos Rurales recomienda que en cuencas muy pequeñas en donde los valores de Tc sean menores a 5 minutos, se debe tomar este valor como mínimo. Ya que ninguna de las micro-cuencas de la tabla 20 cumple, para cunetas se tomara **Tc=5 minutos.**

Tabla 54.Valores de Sc para Badén.

MICRO-CUENCAS	Longitud de cuenca	Sc	tc
	m	m/m	minutos
MC-3	168	0.1845	1.01
MC-8	147	0.3469	0.72
MC-14	97	0.1959	0.65

Fuente: Elaboración Propia

Ya que ninguna de las micro-cuencas de la tabla 20 cumple, para badenes se tomara **Tc=5 minutos.**

Tabla 55.Valores de Sc para Alcantarillas.

MICRO CUENCAS	Longitud de cuenca	Sc	tc
	m	m/m	minutos
MC-1	308	0.1169	1.93
MC-2	185	0.1568	1.16
MC-6	896	0.2813	3.13
MC-7	590	0.2017	2.58
MC-10	322	0.1025	2.10
MC-12	195	0.0974	1.45
MC-13	113	0.2655	0.65
MC-15	154	0.1104	1.16
MC-17	132	0.1136	1.02
MC-19	100	0.2400	0.61
MC-20	129	0.1240	0.96
MC-21	313	0.1246	1.90

Fuente: Elaboración Propia.

Ya que ninguna de las micro-cuencas de la **Tabla 55** cumple, para alcantarillas se tomara **Tc=5 minutos.**

5.1.1.6. 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:

Tabla 56.Periodo de Retorno (PR) para Cunetas.

Obra de Drenaje: Cunetas		
Periodo de Retorno (PR)	**Micro-Cuencas**	**Observación**
25 años	MC-4, MC-5, MC-9, MC-11, MC-16, MC-18, MC-22	El PR depende del tipo de carretera y el tipo de obra de drenaje a utilizarse.

Fuente: PAST-DANIDA, 2004.

Tabla 57.Periodo de Retorno (PR) para Vados.

Obra de Drenaje: Cunetas		
Periodo de Retorno (PR)	**Micro-Cuencas**	**Observación**
2 años	MC-3, MC-8 y MC-14	El caudal de diseño para un drenaje de plataforma (badén) se debe calcular para un período de retorno de 2 años

Fuente: PAST-DANIDA, 2004, p. 17.

Tabla 58.Periodo de Retorno (PR) para Alcantarillas.

Obra de Drenaje: Cunetas		
Periodo de Retorno (PR)	**Micro-Cuencas**	**Observación**
15 años	MC-1, MC-2,MC-6,MC-7,MC-10 , MC-12 , MC-13, SC-15, MC-17, MC-19, MC-20 y MC-21	La probabilidad de diseño debe ser para un período de retorno de 15 años para cuencas menores.

Fuente: PAST-DANIDA, 2004.

5.1.1.7. Intensidad Duración Frecuencia (IDF).

La intensidad se expresa como el promedio de la lluvia en mm/hora para un periodo de retorno determinado y una duración igual al tiempo de concentración (Tc) de la cuenca. Los valores de las intensidades se pueden obtener a partir de las curvas Intensidad Duración Frecuencia (IDF) que elabora INETER o determinarse mediante cálculo con las ecuaciones que se ajustan a dichas curvas calculadas por el mismo instituto.

El ajuste de los datos por medio de los mínimos cuadrados resulta en una ecuación en la cual se entra con la duración en minutos y se obtiene la intensidad:

$$I = \frac{I}{(Tc+d)^b} \qquad \text{Ec.23.}$$

Dónde:

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

I: Intensidad de lluvia (mm/hora).

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

Tabla 59.Valores a utilizar de A, d y b.

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

Fuente: Elaboración Propia.

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

Tabla 60. Intensidades y Caudales de diseño para Cunetas.

MICRO CUENCAS	Periodo de Retorno (PR)	Área	C	tc	A	d	b	I	Caudal
	años	km2		minutos				mm/hora	m3/s
MC-4	25	0.0084	0.100	5	4502.39	22	0.969	184.69	0.043
MC-5	25	0.0116	0.100	5	4502.39	22	0.969	184.69	0.059
MC-9	25	0.0020	0.188	5	4502.39	22	0.969	184.69	0.019
MC-11	25	0.0045	0.150	5	4502.39	22	0.969	184.69	0.035
MC-16	25	0.0179	0.113	5	4502.39	22	0.969	184.69	0.104
MC-18	25	0.0329	0.150	5	4502.39	22	0.969	184.69	0.253
MC-22	25	0.0046	0.150	5	4502.39	22	0.969	184.69	0.035

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 61. Intensidades y Caudales de diseño para Vados.

MICRO CUENCAS	Periodo de Retorno (PR)	Área	C	tc	A	d	b	I	Caudal
	años	km2		minutos				mm/hora	m3/s
MC-3	2	0.006161	0.188	5.00	3269.357	19	1.047	117.322464	0.038
MC-8	2	0.008977	0.150	5.00	3269.357	19	1.047	117.322464	0.044
MC-14	2	0.002077	0.125	5.00	3269.357	19	1.047	117.322464	0.008

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 62. Intensidades y Caudales de diseño para Alcantarillas.

MICRO CUENCAS	Periodo de Retorno (PR)	Área	C	tc	A	d	b	I	Caudal
	años	km2		minutos				mm/hora	m3/s
MC-1	15	0.0239	0.125	5	4069.531	21	0.97	172.5918	0.143221
MC-2	15	0.0085	0.188	5	4069.531	21	0.97	172.5918	0.075982
MC-6	15	0.1303	0.150	5	4069.531	21	0.97	172.5918	0.936954
MC-7	15	0.0471	0.188	5	4069.531	21	0.97	172.5918	0.423504
MC-10	15	0.0178	0.375	5	4069.531	21	0.97	172.5918	0.320543
MC-12	15	0.0140	0.188	5	4069.531	21	0.97	172.5918	0.126092
MC-13	15	0.0167	0.225	5	4069.531	21	0.97	172.5918	0.180028
MC-15	15	0.0224	0.313	5	4069.531	21	0.97	172.5918	0.335982
MC-17	15	0.0249	0.313	5	4069.531	21	0.97	172.5918	0.373454
MC-19	15	0.0383	0.225	5	4069.531	21	0.97	172.5918	0.41339
MC-20	15	0.0876	0.125	5	4069.531	21	0.97	172.5918	0.525111
MC-21	15	0.0982	0.188	5	4069.531	21	0.97	172.5918	0.882752

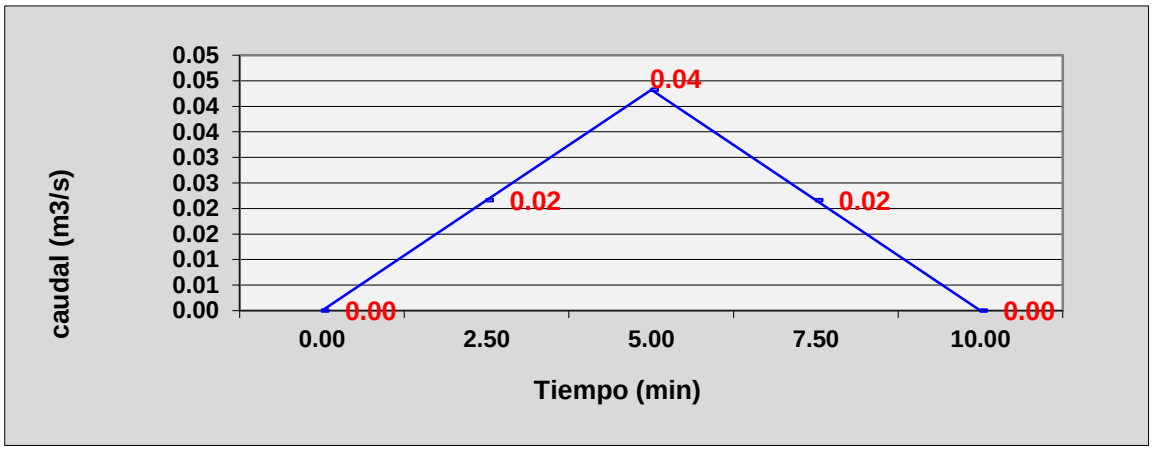
Fuente: Elaboración propia.

5.1.1.8. Hidrograma Triangular Sintético.

A partir de los datos obtenidos del tiempo de concentración y caudal, se generan los Hidrogramas correspondientes para cada sub-cuenca. 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 la realización de los Hidrogramas triangulares sintéticos donde se muestran tiempos y caudales interpolados.

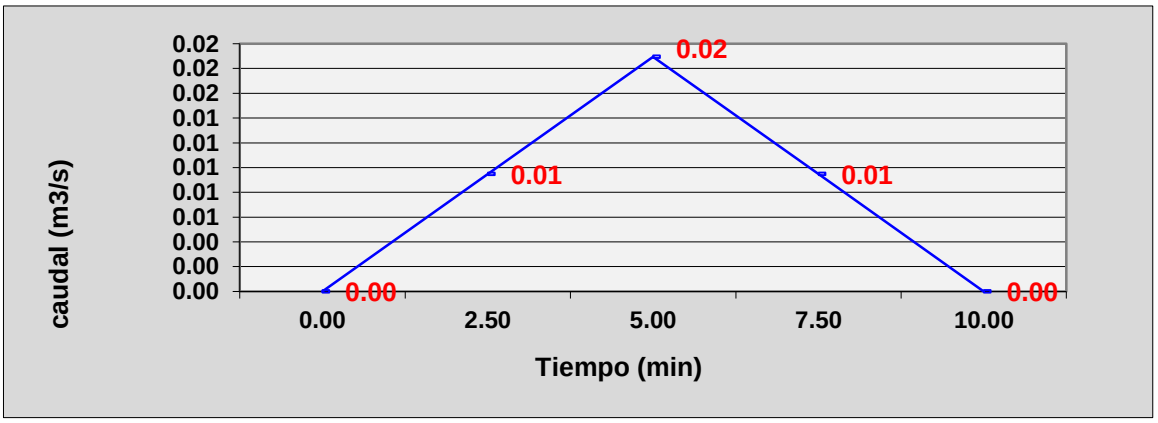
Hidrogramas Triangulares Sintéticos para Cunetas.

Gráfico 14. Cuneta MC-4.



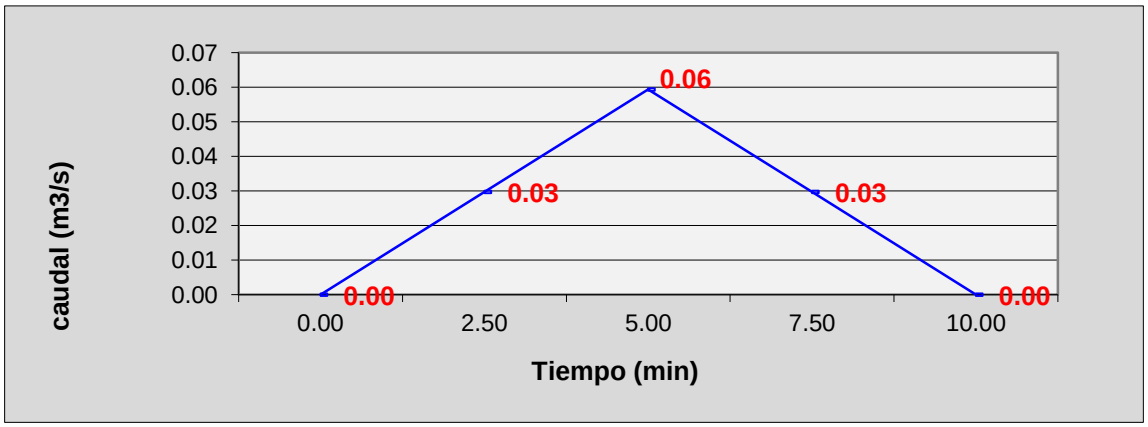
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 15. Cuneta MC-9.



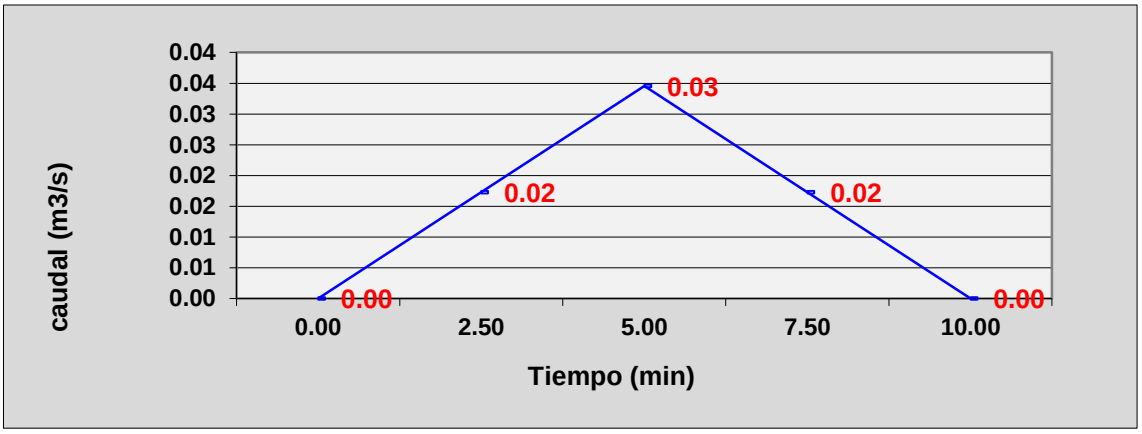
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 16.Cunetas MC-5.



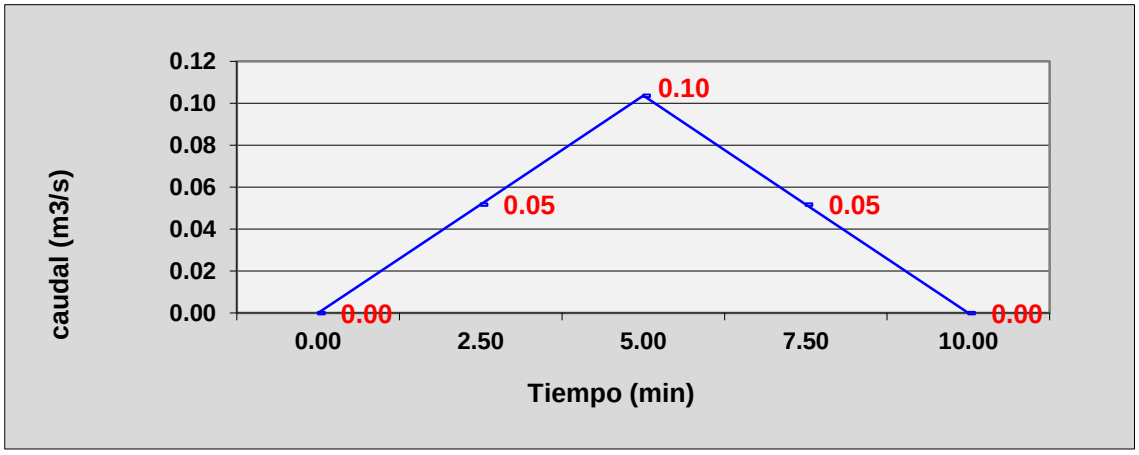
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 17.Cuneta MC-11.



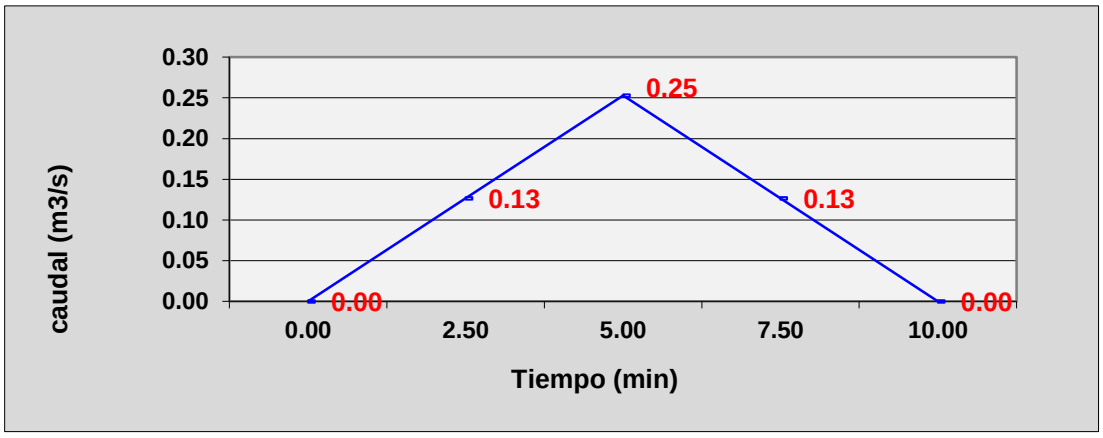
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 18.Cuneta MC-16.



Fuente: Elaboración propia.

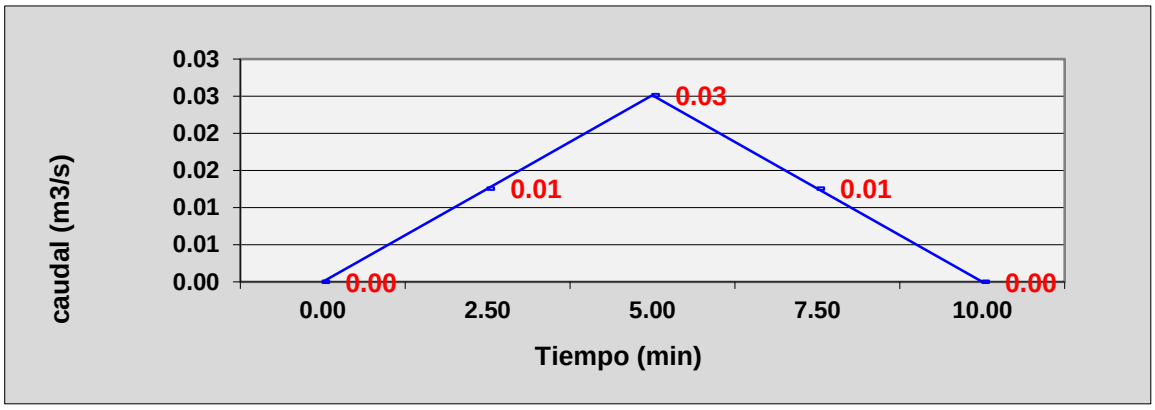
Gráfico 19.Cuneta MC-18.



Fuente: Elaboración propia.

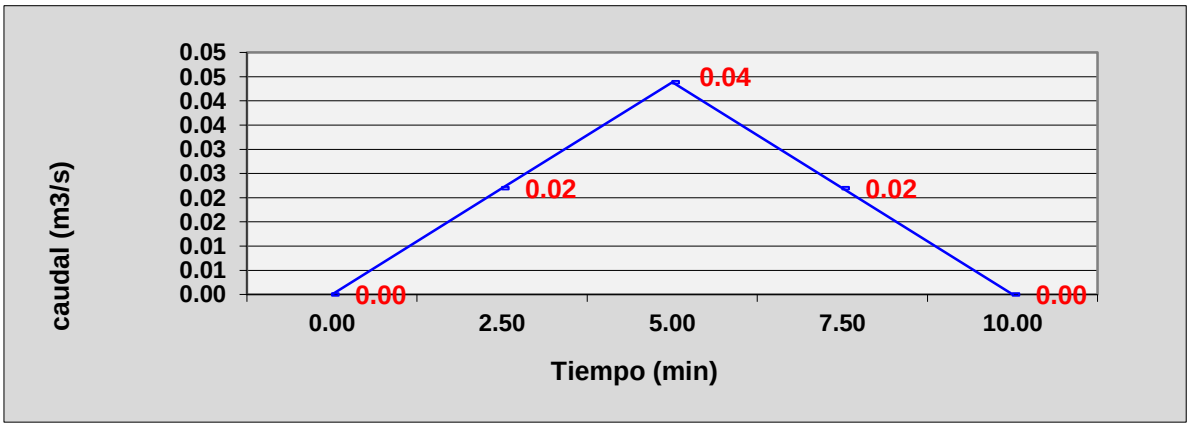
Hidrogramas Triangulares Sintéticos para Badén.

Gráfico 20.Badén MC-3.



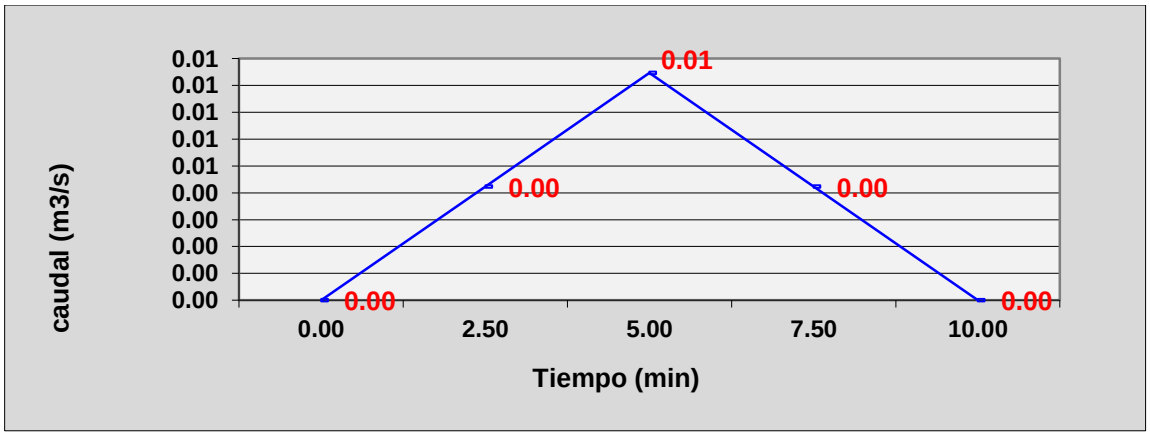
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 21.Badén MC-8.



Fuente: Elaboración propia.

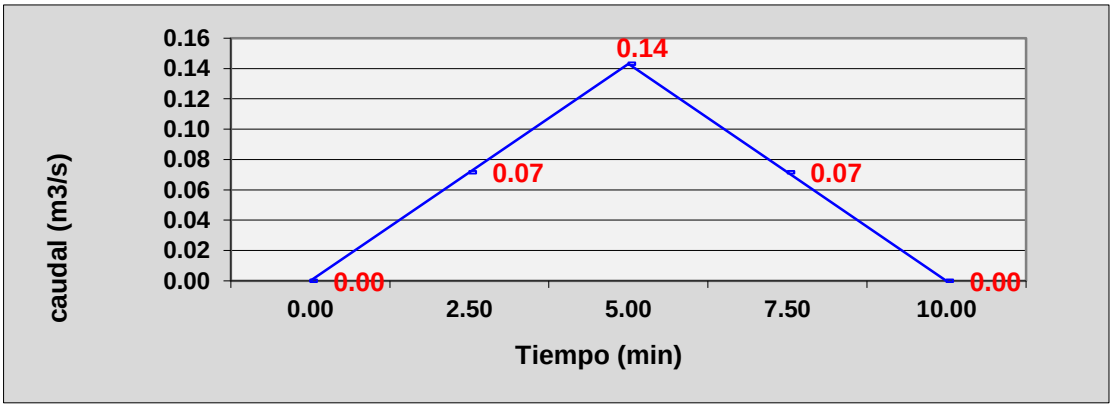
Gráfico 22.Vado MC-14.



Fuente: Elaboración propia.

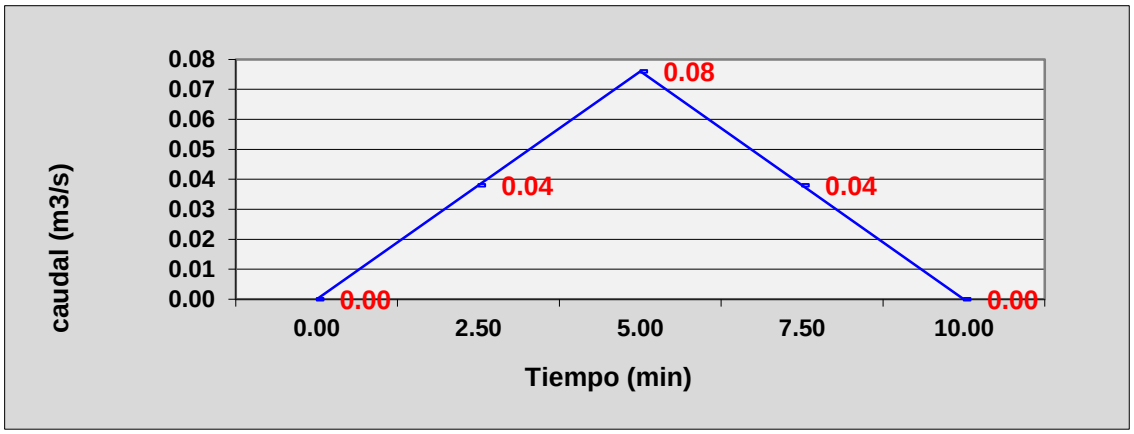
Hidrogramas Triangulares Sintéticos para Alcantarillas.

Gráfico 23.Alcantarilla MC-1.



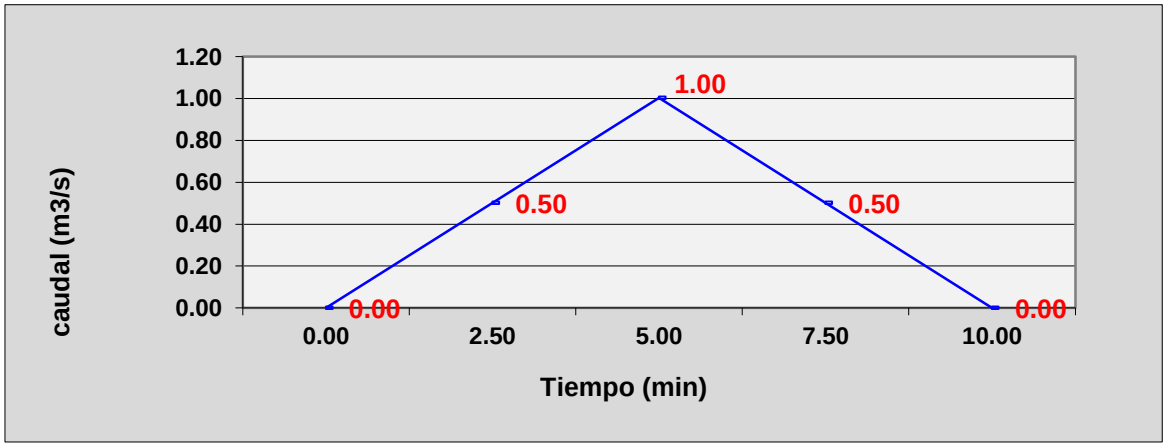
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 24.Alcantarilla MC-2.



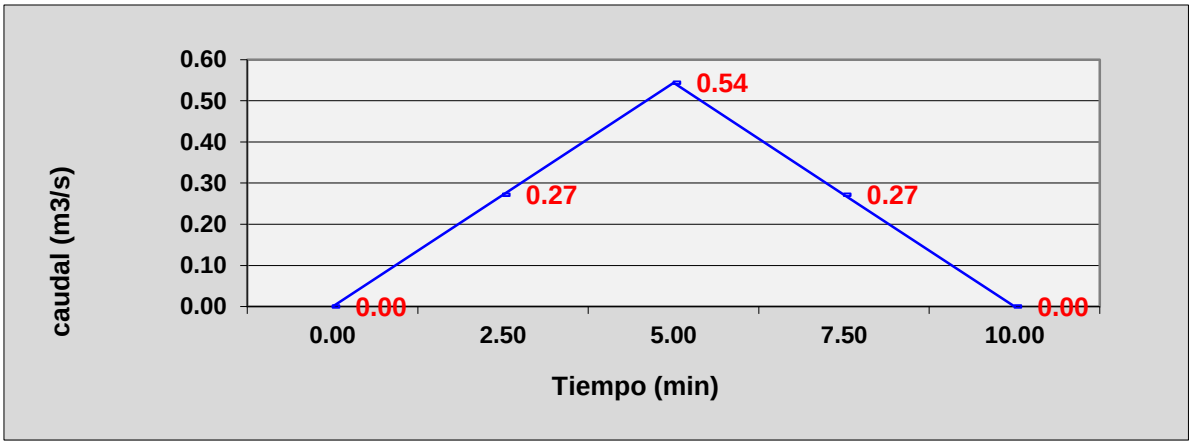
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 25.Alcantarilla MC-6.



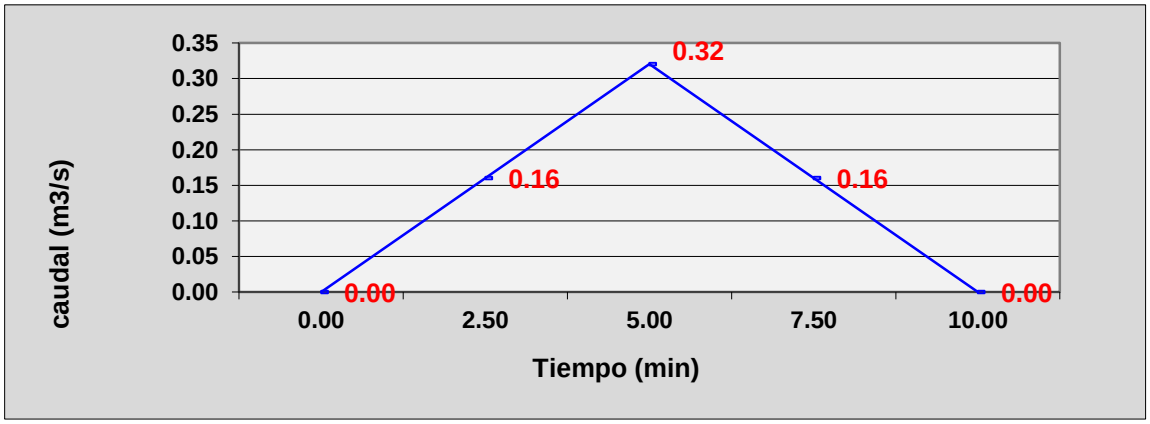
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 26.Alcantarilla MC-7.



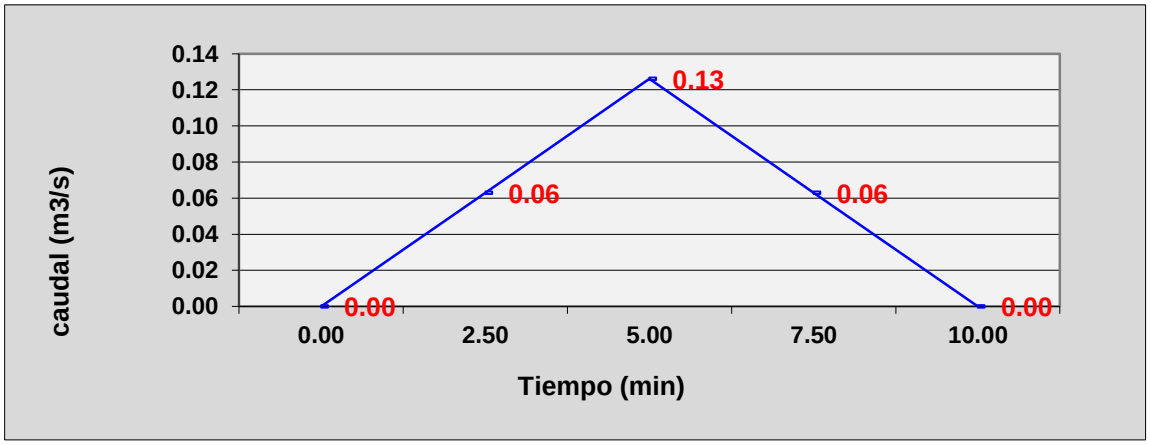
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 27.Alcantarilla MC-10.



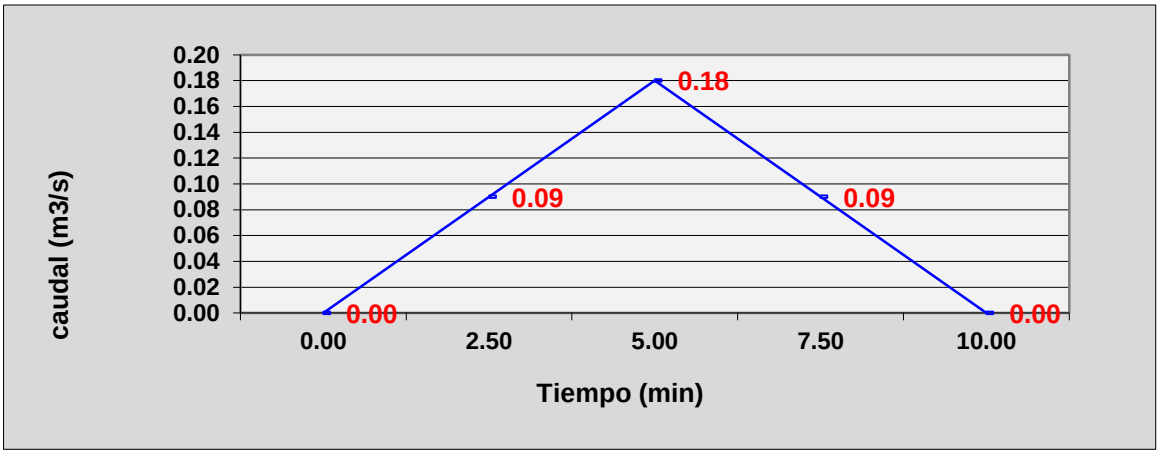
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 28.Alcantarilla MC-12.



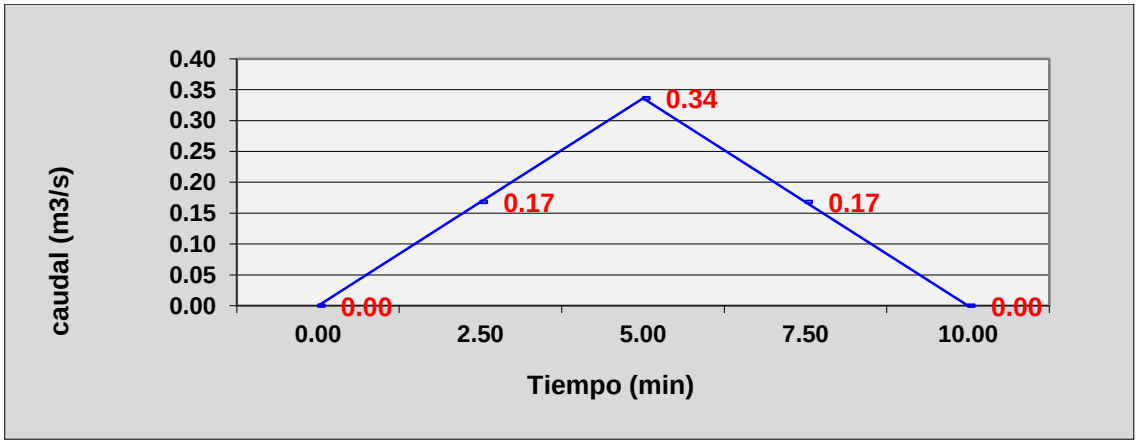
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 29.Alcantarilla MC-13.



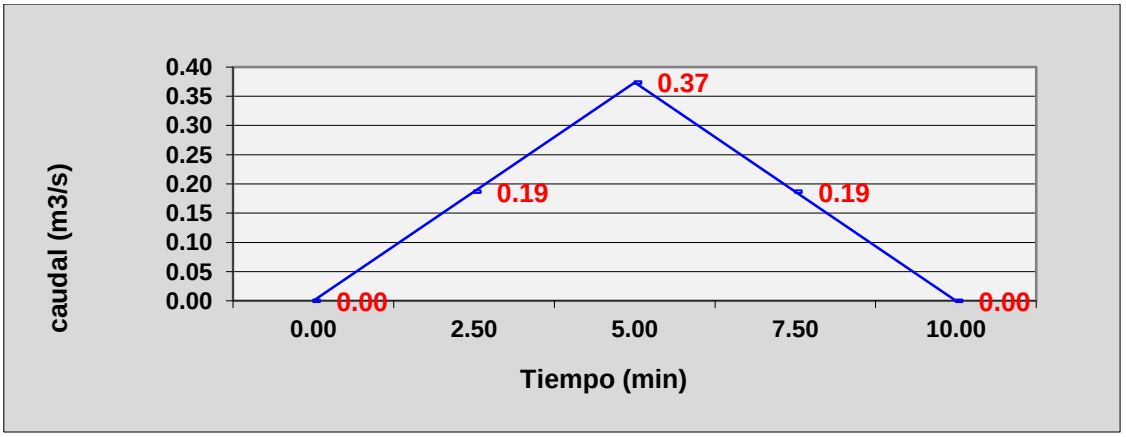
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 30.Alcantarilla MC-15.



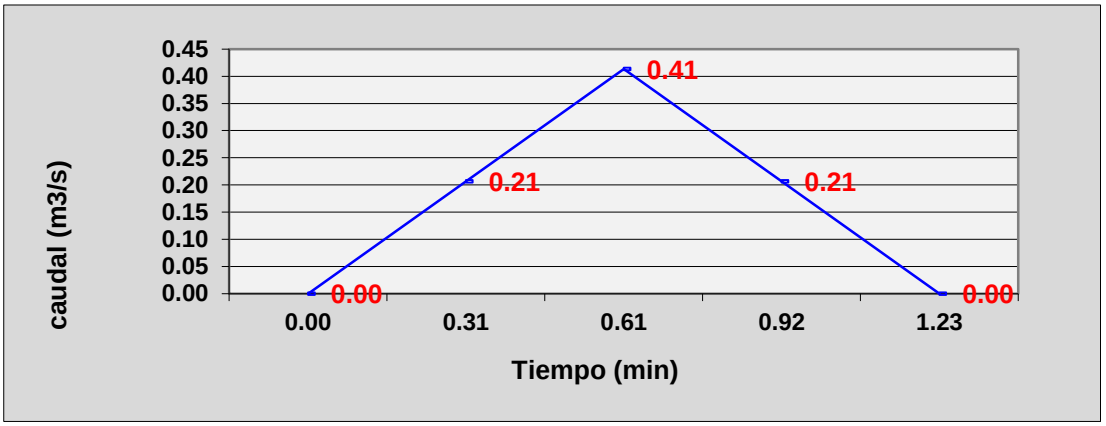
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 31.Alcantarilla MC-17.



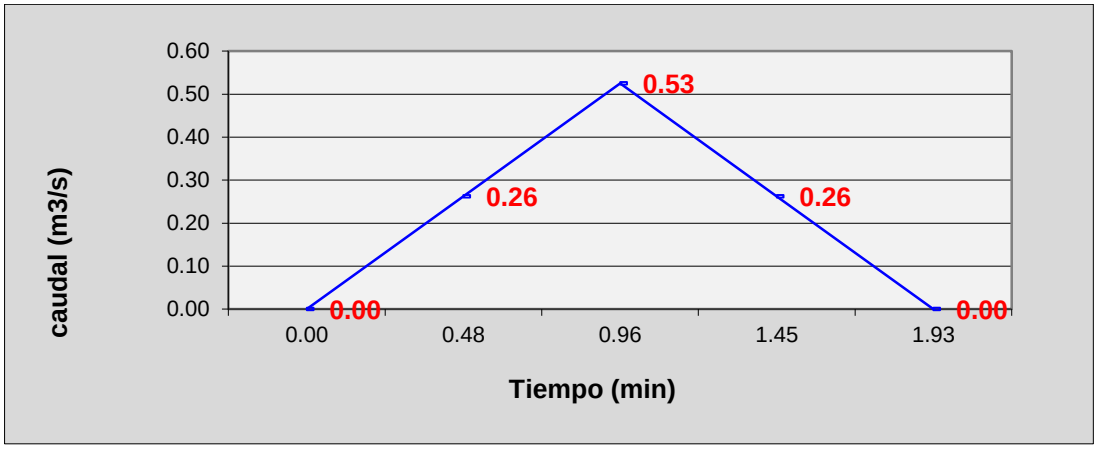
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 32.Alcantarilla MC-19.



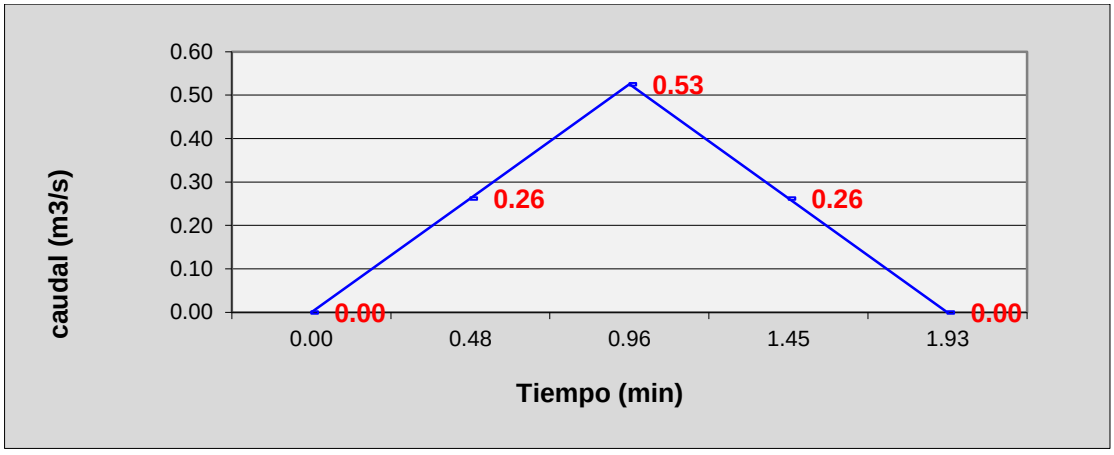
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 33.Alcantarilla MC-20.



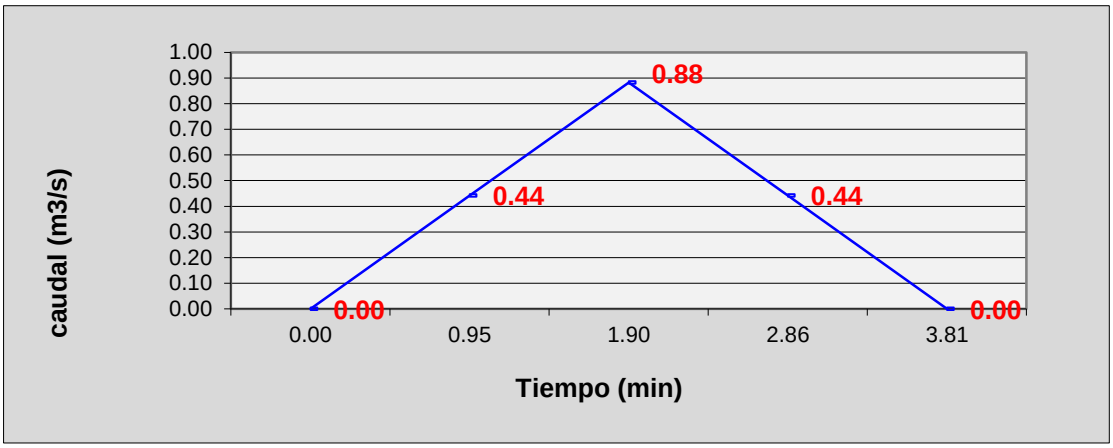
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 34.Alcantarilla MC-20.



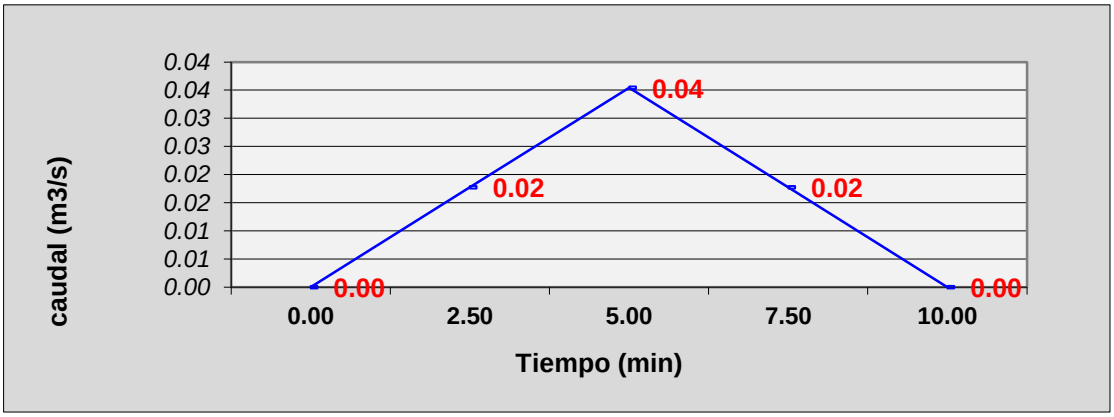
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 35. Alcantarilla MC-21.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 36.Alcantarilla MC-22.



Fuente: Elaboración propia.

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 0.013.

Tabla 63.Coeficientes de rugosidad (n).

Material	Coeficiente n
Concreto	**0.013**
Mampostería	0.025
Revestido con mortero	0.017
PVC Ribloc	0.009

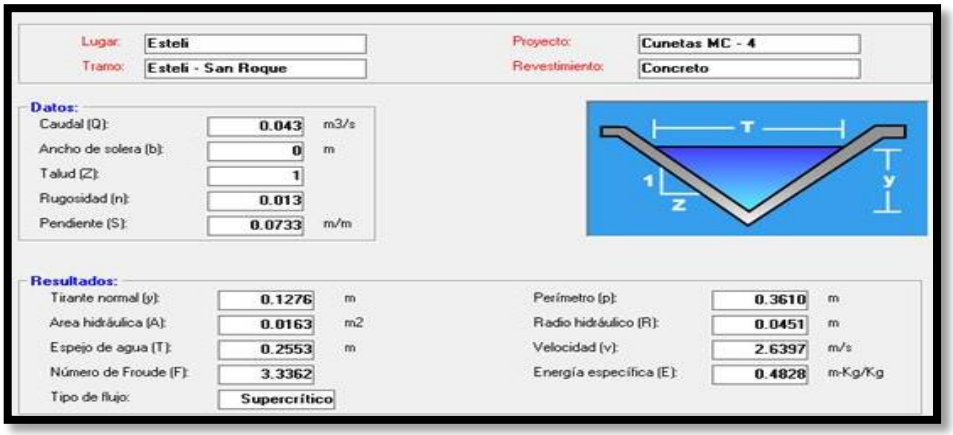
Fuente: PAST-DANIDA, 2004.

5.2.2. Cunetas.

De acuerdo a los cálculos hidrológicos se procede al dimensionamiento de cunetas las cuales tendrán una sección triangular, y a lo largo de la vía habrá de dos tipos: cuneta normal de caite y de bordillo y cuneta triangular, esta última donde el caudal a evacuar es un poco mayor. El ancho es medido desde el borde de la sub-rasante hasta la vertical que pasa por el vértice inferior. La profundidad es medida verticalmente desde el nivel del borde de la sub-rasante el fondo o vértice de la cuneta. Las zonas de descarga de las cunetas serán en desagües naturales de agua identificados en puntos tangentes de la vía.

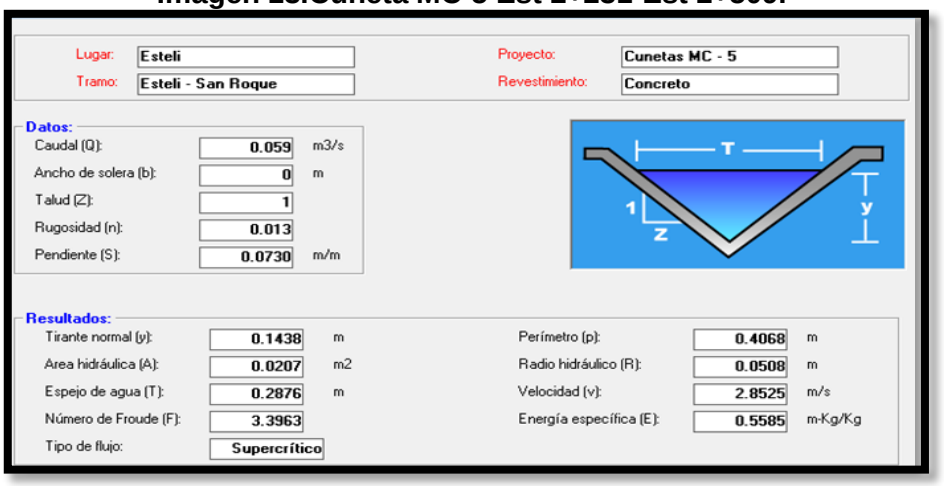
Dimensionamiento de cunetas en Hcanales.

Imagen 12.Cuneta MC-4 Est 1+990-Est 2+140.



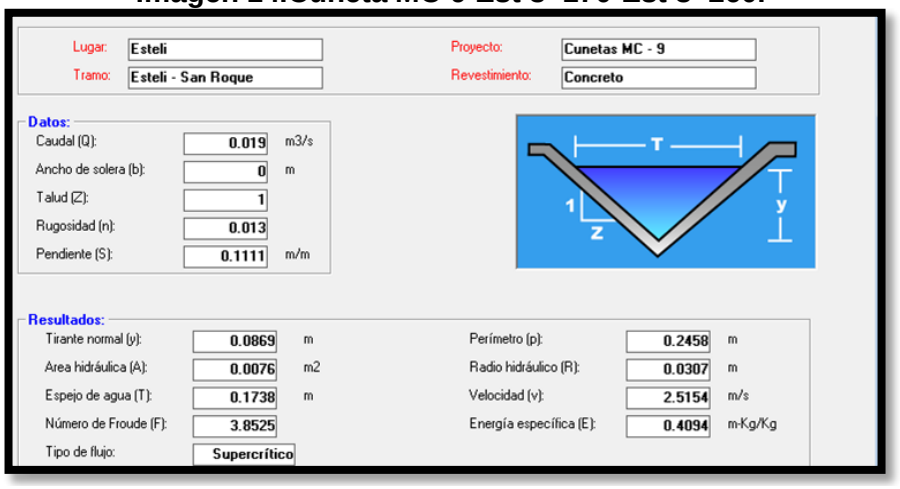
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 13.Cuneta MC-5 Est 2+231-Est 2+509.



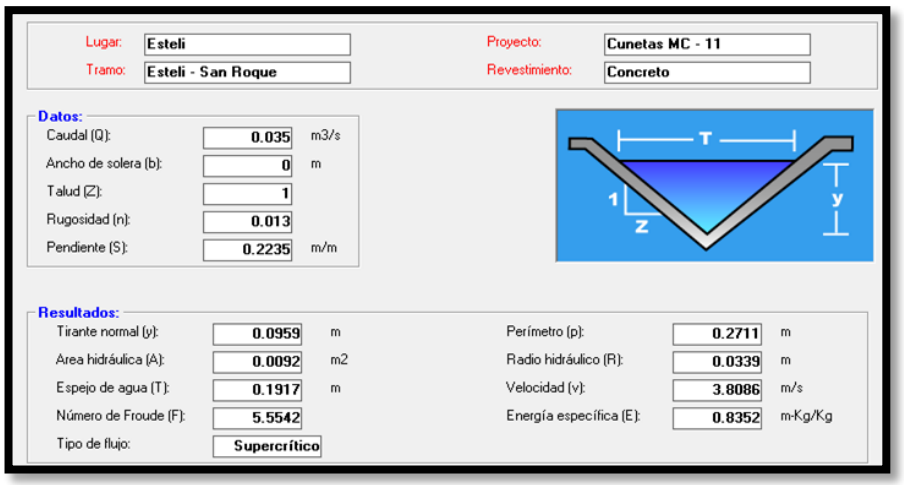
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 14.Cuneta MC-9 Est 3+170-Est 3+260.



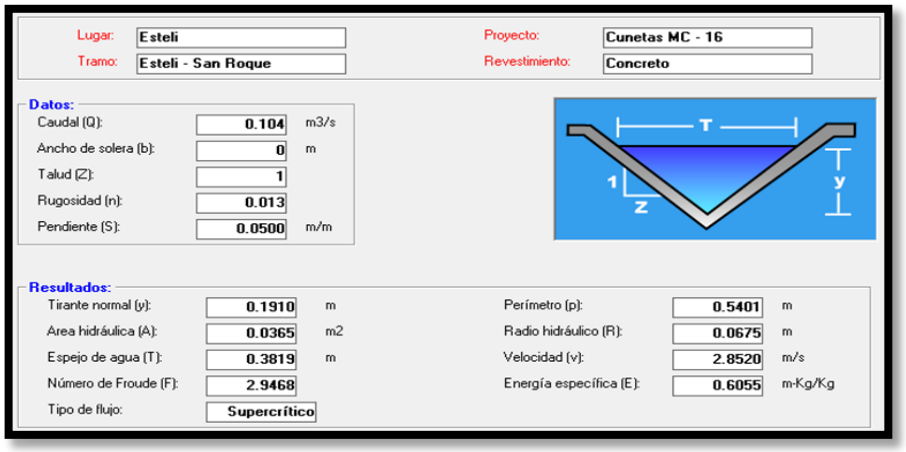
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 15.Cuneta MC-11 Est 3+260-Est 3+345.



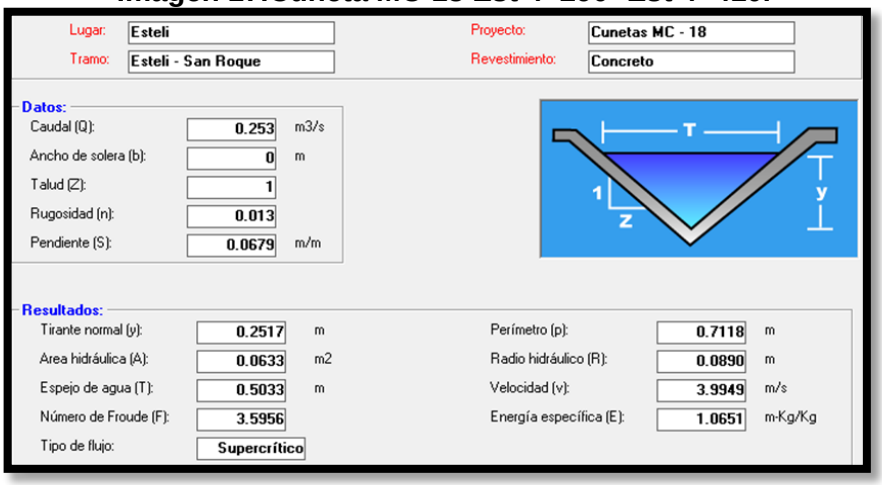
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 16.Cuneta MC- 16 Est 3+810-Est 4+4010.



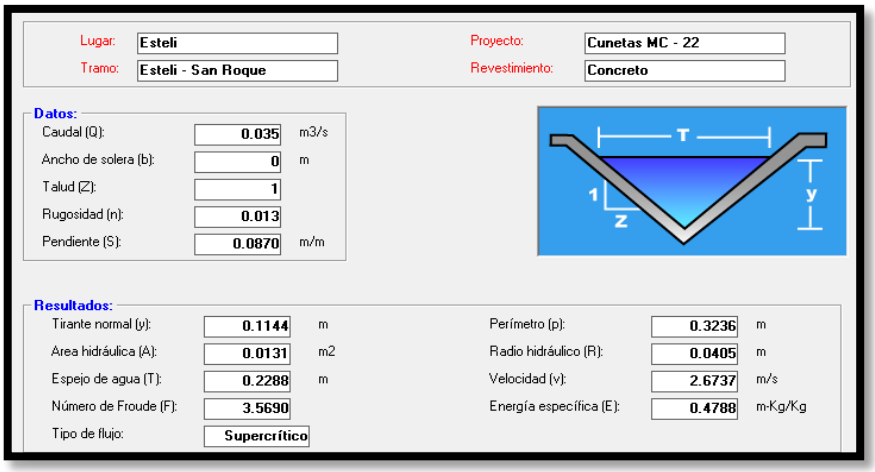
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 17.Cuneta MC-18 Est 4+290 -Est 4+410.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 18.Cuneta MC-22 Est 4+708-Est 4+800.



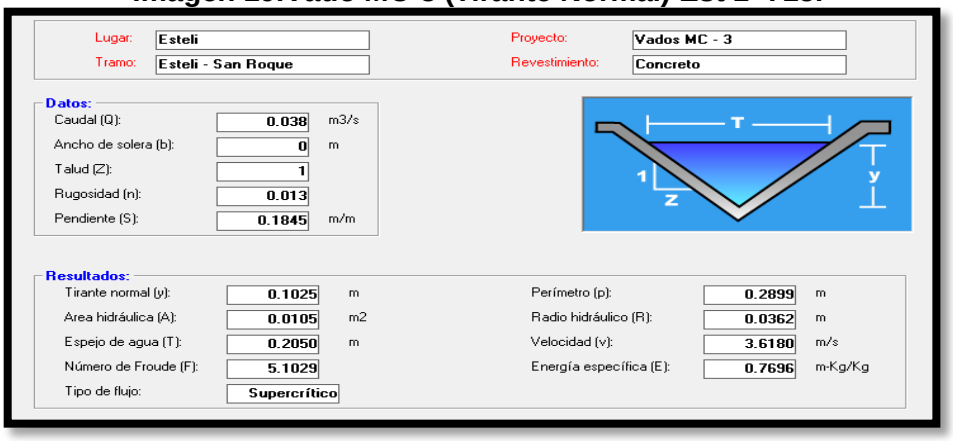
Fuente: Elaboración propia.

5.2.3. Badén.

Es una solución satisfactoria para los pequeños cursos de agua que atraviesan las intersecciones, por lo general, cuenta con una superficie mejorada formada por una losa de concreto. Pueden usarse combinado con las cunetas, son estructuras menos costosas que las alcantarillas o grandes puentes, en su mayoría no son muy sensibles con respecto al caudal de diseño, debido a que un pequeño incremento del tirante de agua incrementa de modo importante la capacidad hidráulica. Las dimensiones de vados para este proyecto fueron calculados con el software H canales.

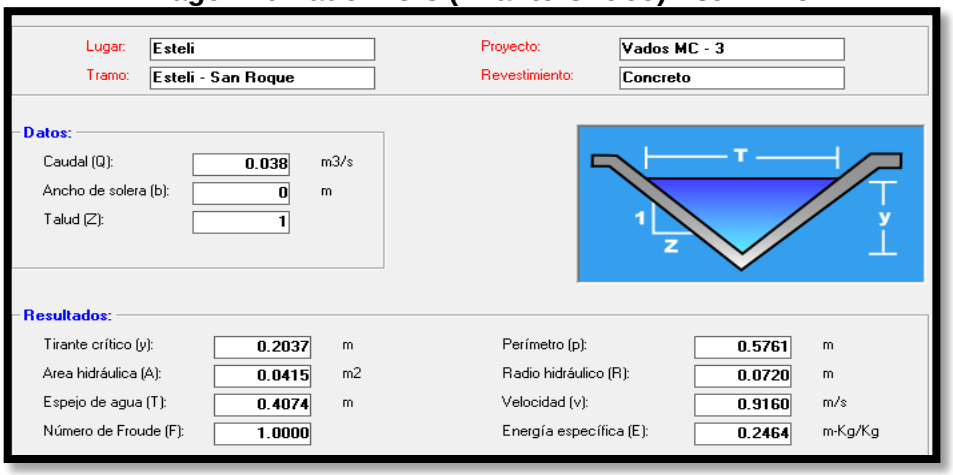
Dimensionamiento de Badén en Hcanales.

Imagen 19.Vado MC-3 (Tirante Normal) Est 1+715.



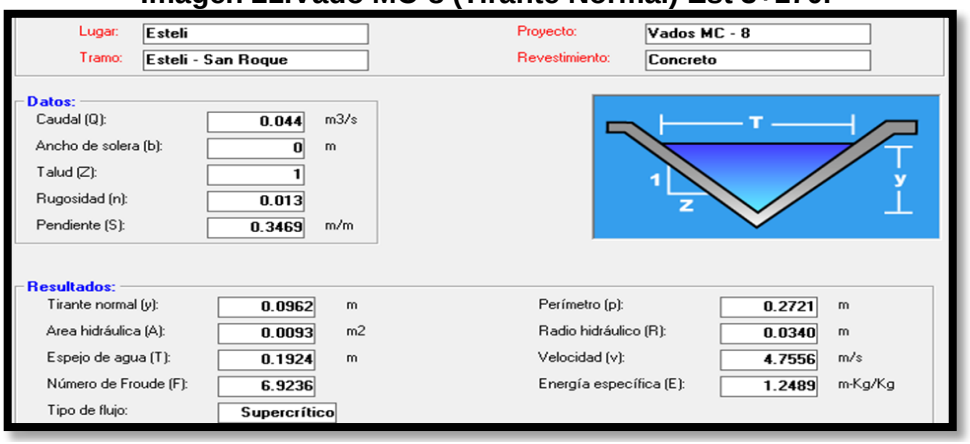
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 20.Vado MC-3 (Tirante Critico) Est 1+715.



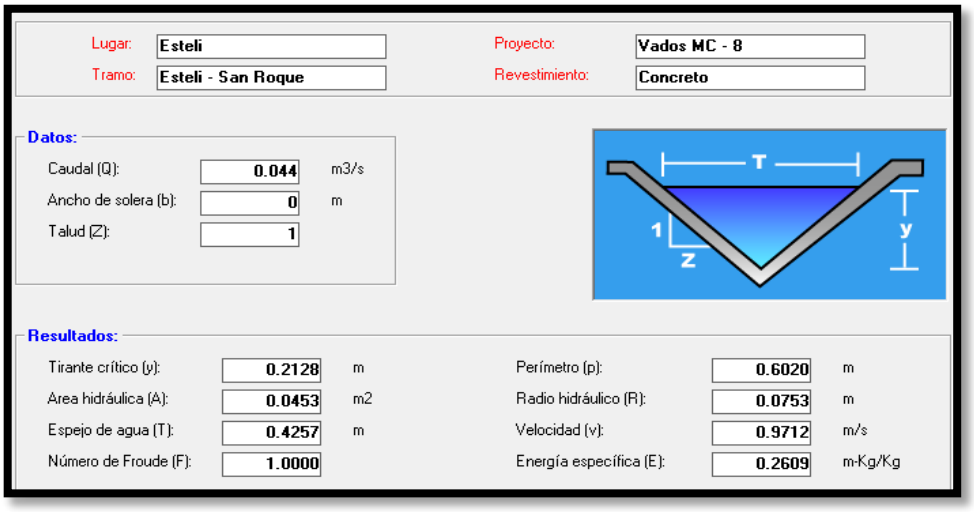
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 21.Vado MC-8 (Tirante Normal) Est 3+170.



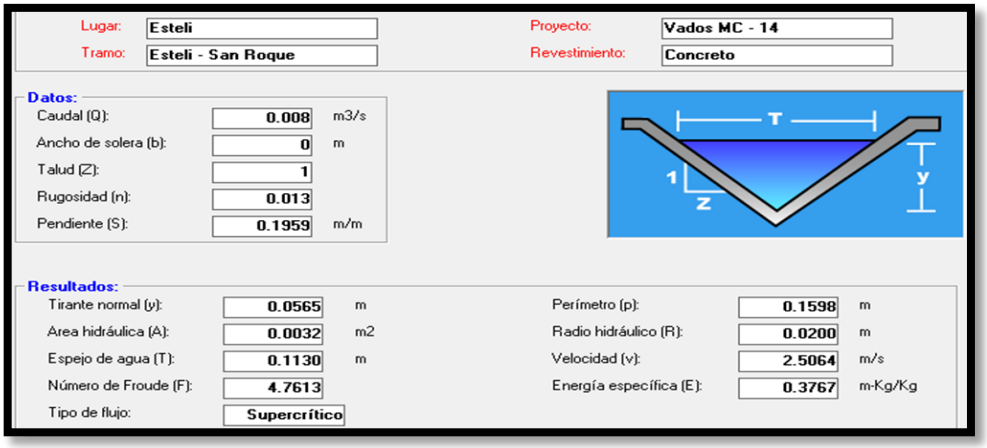
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 22.Vado MC-8 (Tirante Critico) Est 3+170.



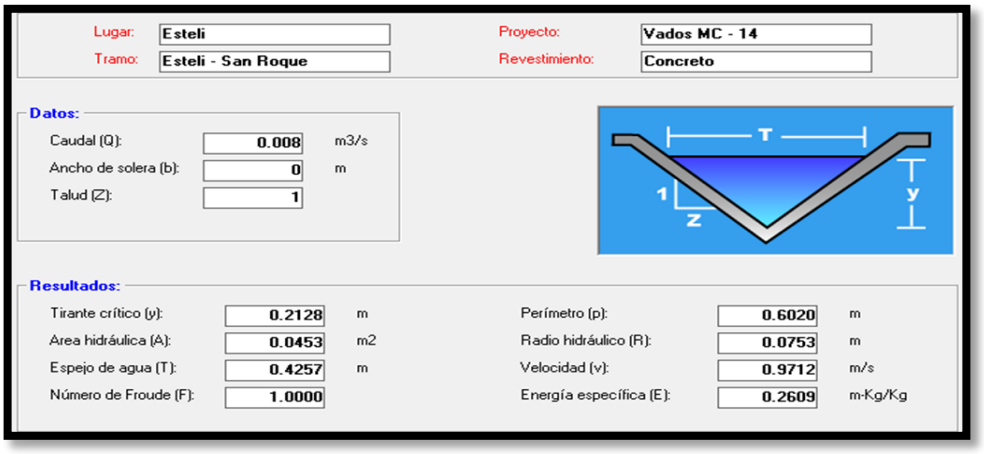
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 23.Vado MC-14 (Tirante Normal) Est 3+695.



Fuente: Elaboración propia.

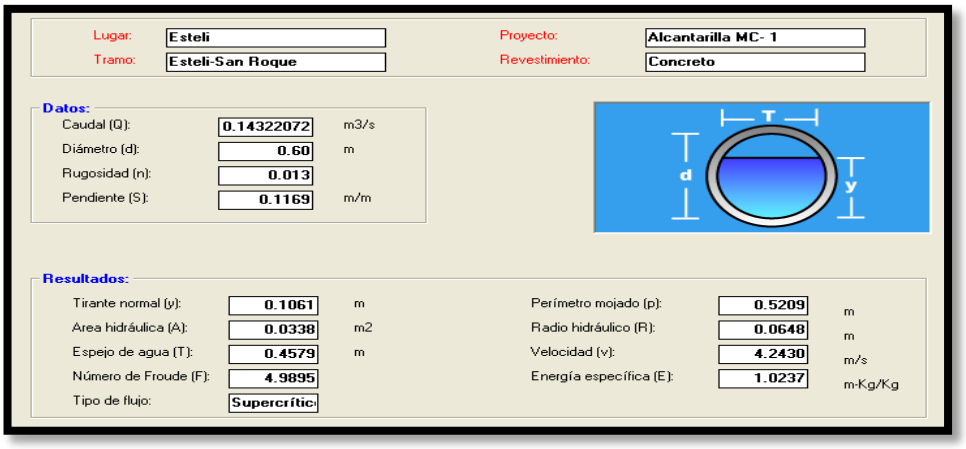
Imagen 24.Vado MC-14 (Tirante Critico) Est 3+695.



Fuente: Elaboración propia.

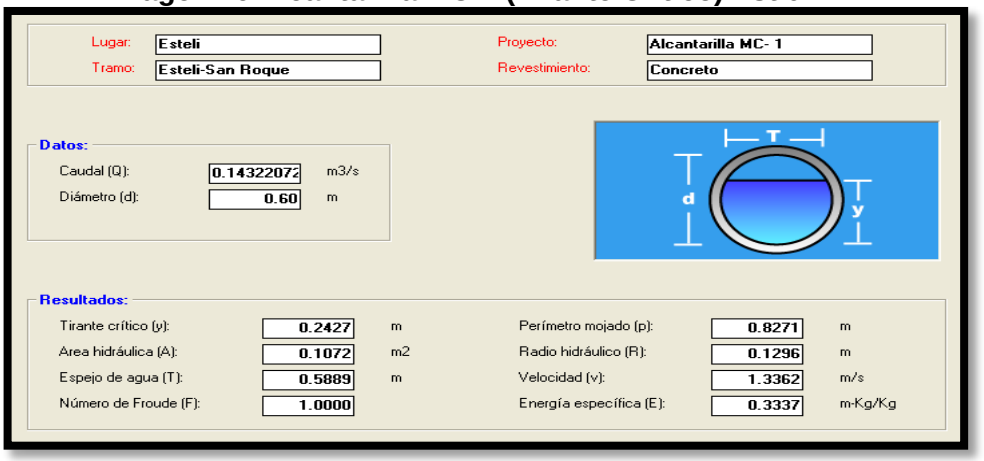
Dimensionamiento de Alcantarillas en Hcanales.

Imagen 25.Alcantarilla MC-1 (Tirante Normal) Est 0+772.



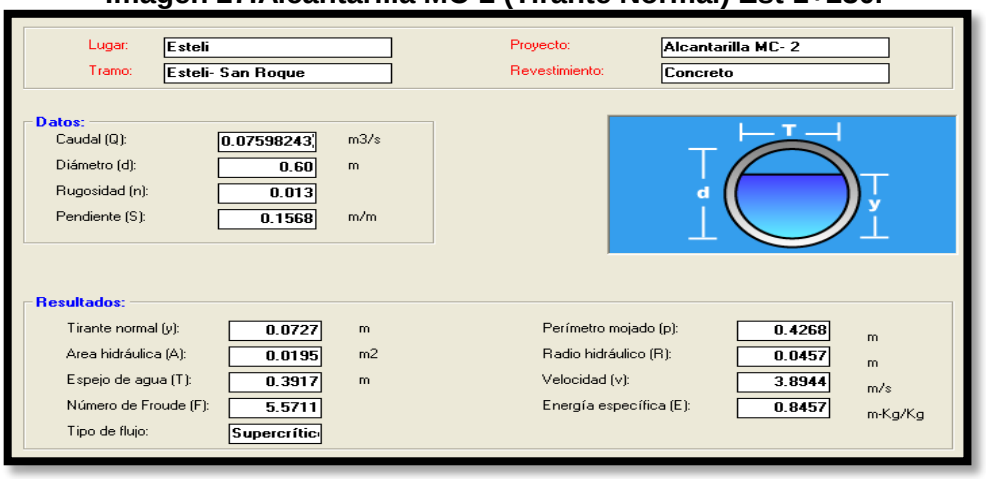
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 26.Alcantarilla MC-1 (Tirante Critico) Est 0+772.



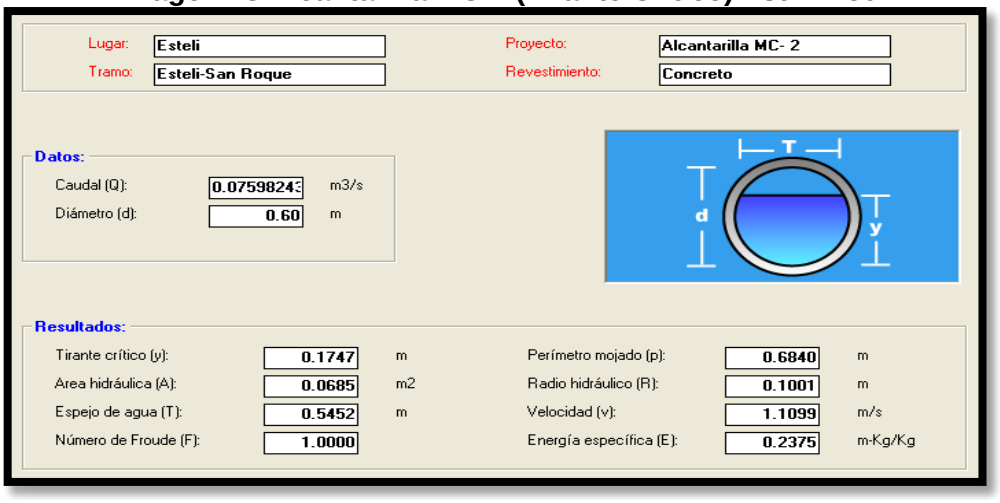
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 27.Alcantarilla MC-2 (Tirante Normal) Est 1+230.



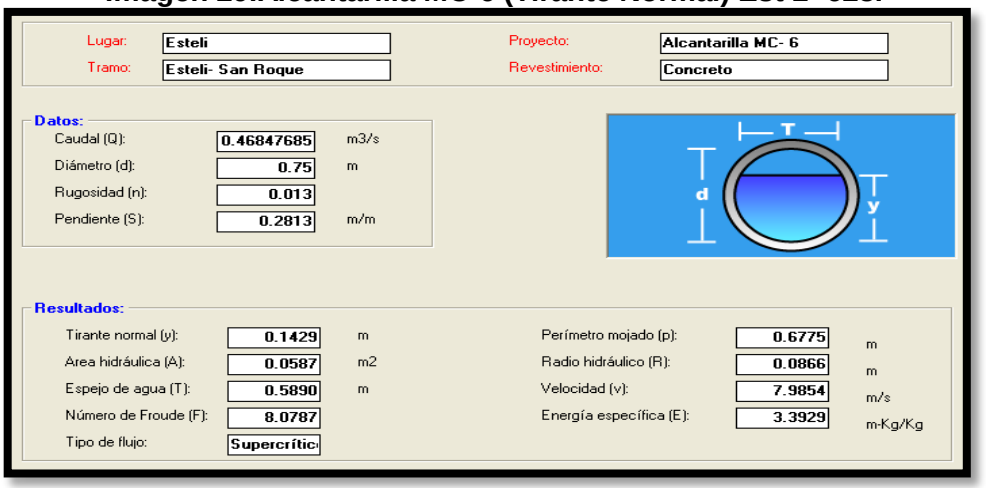
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 28.Alcantarilla MC-2 (Tirante Critico) Est 1+230.



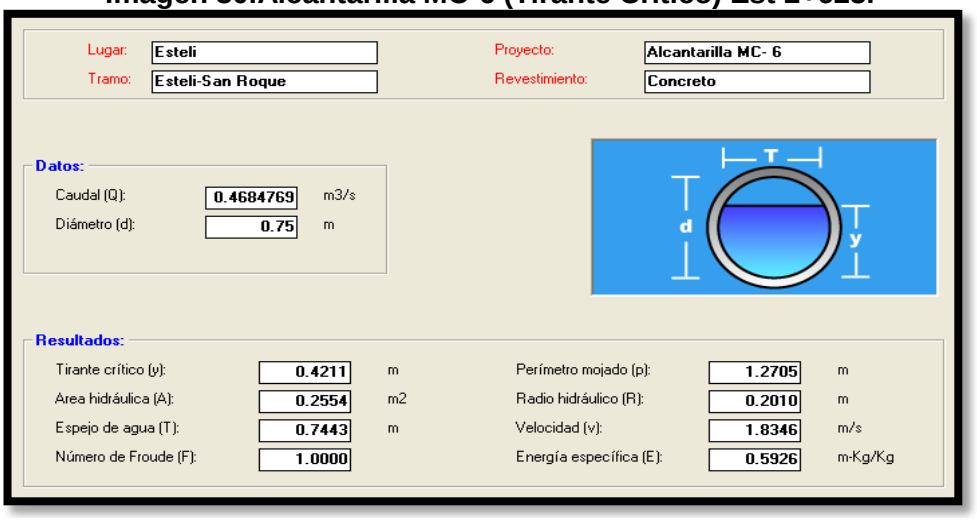
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 29.Alcantarilla MC-6 (Tirante Normal) Est 2+623.



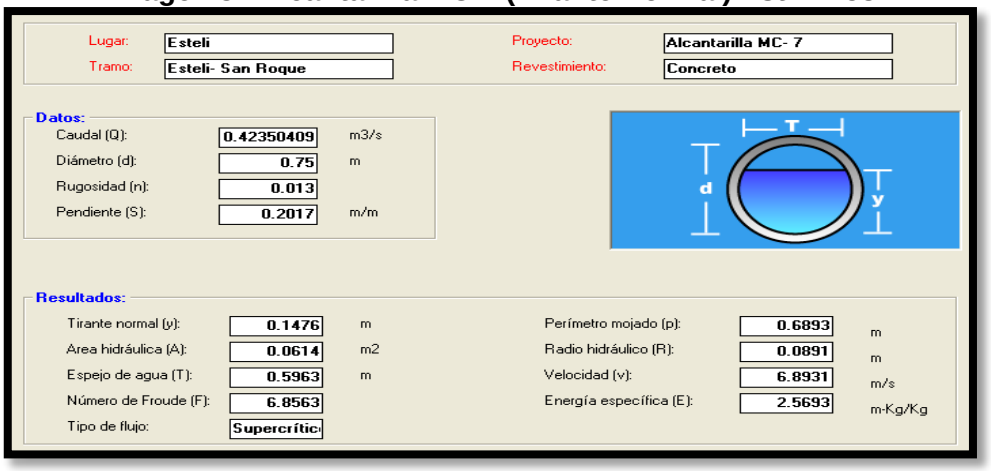
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 30.Alcantarilla MC-6 (Tirante Critico) Est 2+623.



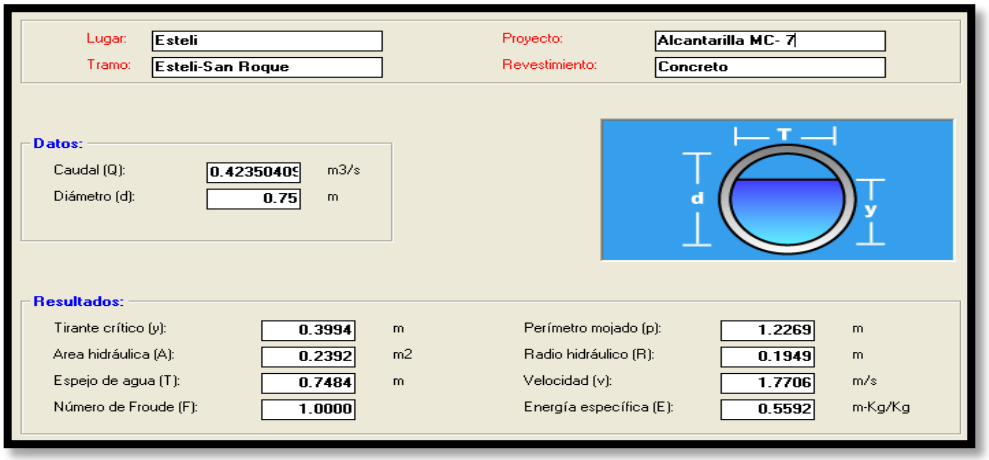
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 31.Alcantarilla MC-7 (Tirante Normal) Est 2+758.



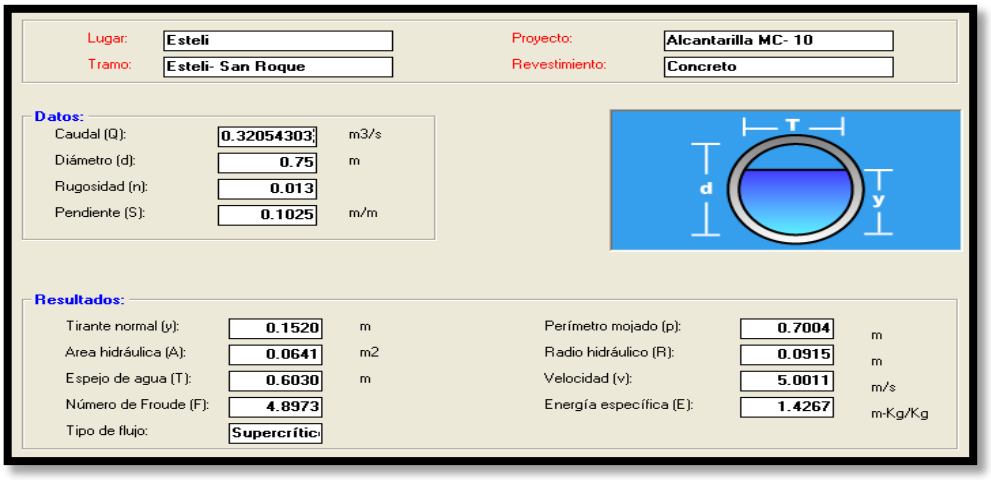
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 32.Alcantarilla MC-7 (Tirante Critico) Est 2+758.



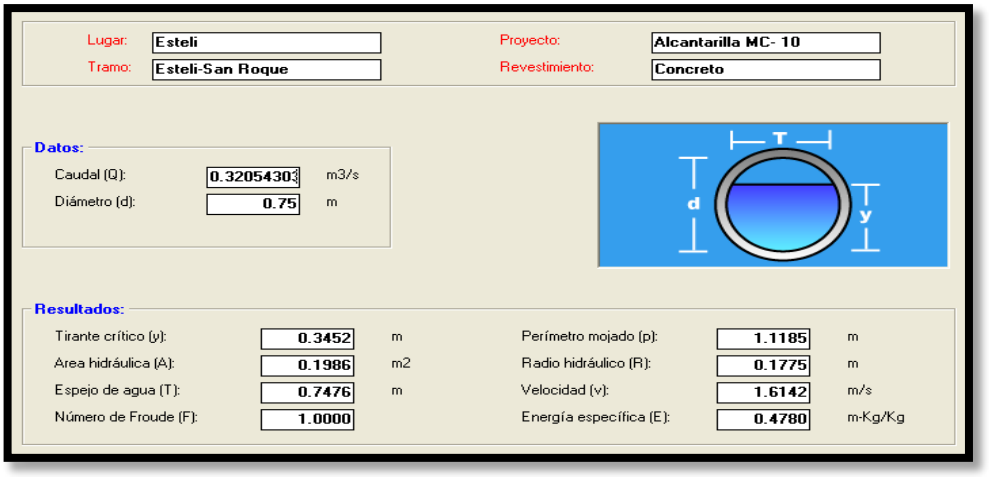
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 33. Alcantarilla MC-10 (Tirante Normal) Est 3+260.



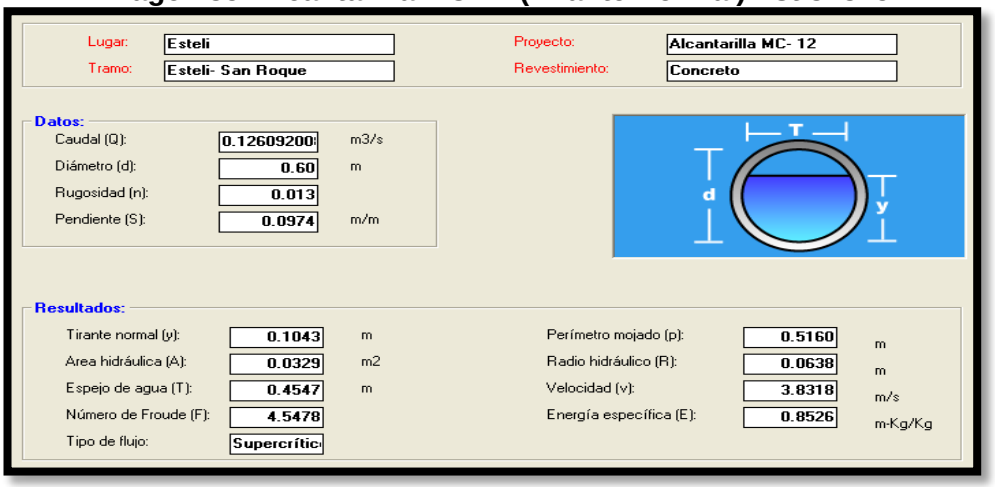
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 34. Alcantarilla MC-10 (Tirante Critico) Est 3+260.



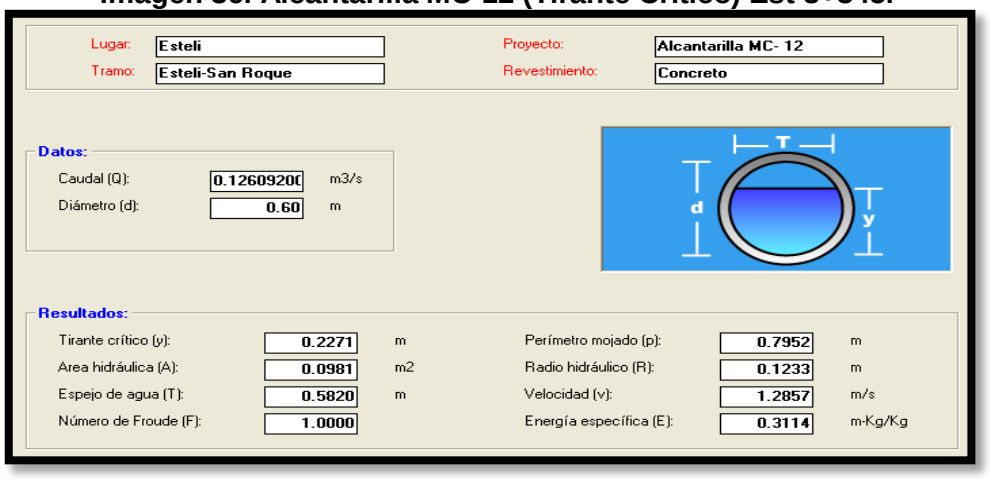
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 35. Alcantarilla MC-12 (Tirante Normal) Est 3+345.



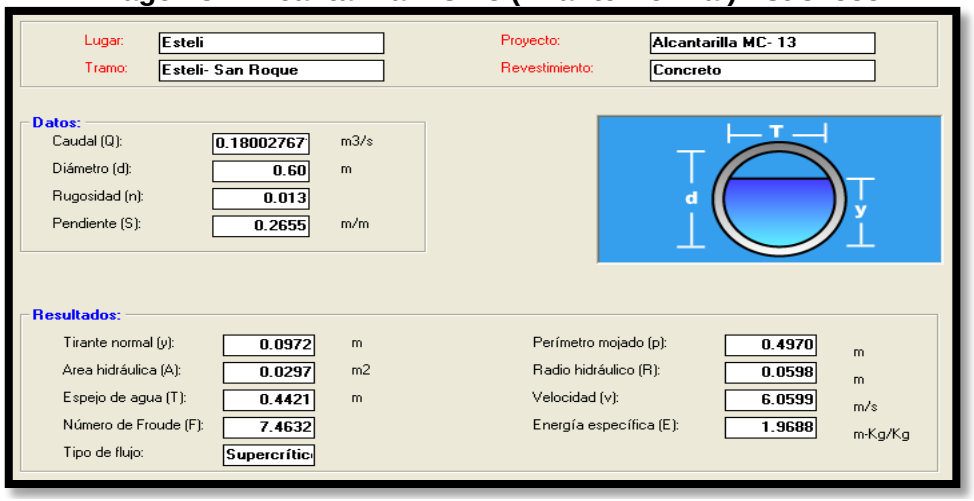
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 36. Alcantarilla MC-12 (Tirante Critico) Est 3+345.



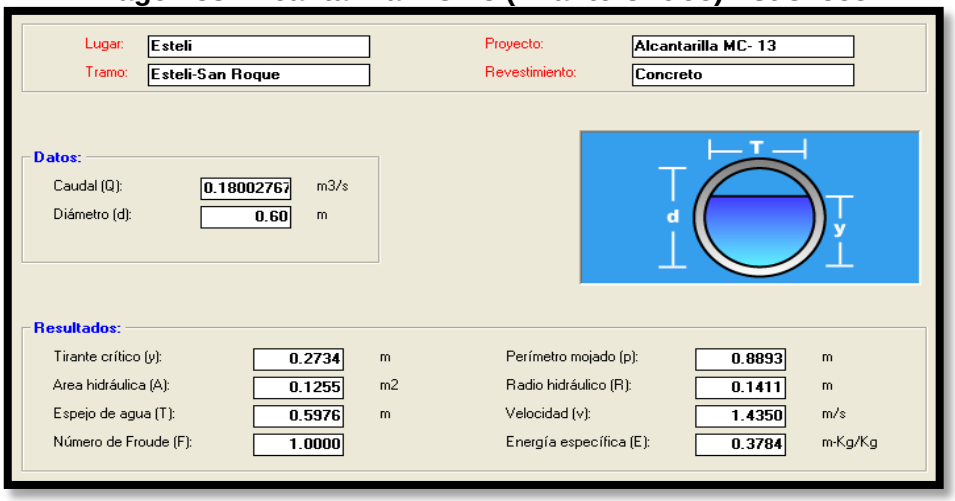
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 37. Alcantarilla MC-13 (Tirante Normal) Est 3+555.



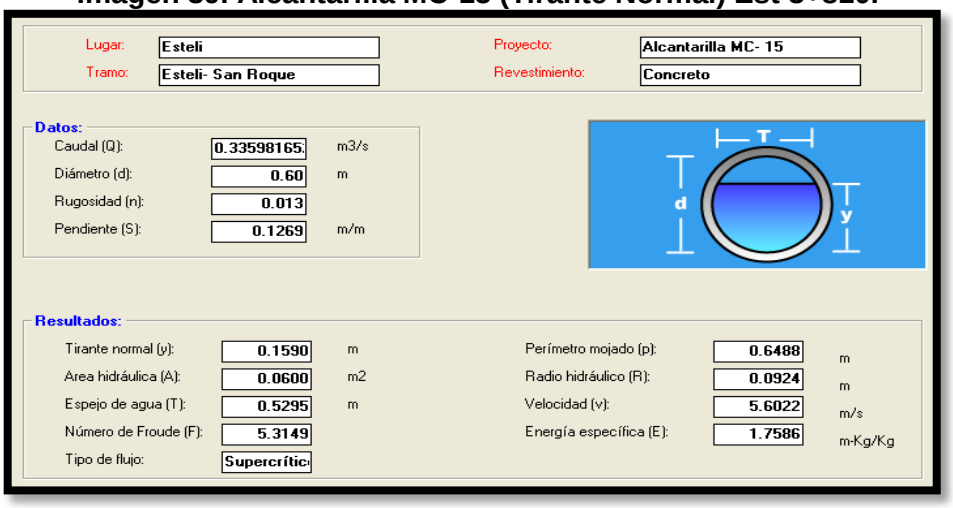
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 38. Alcantarilla MC-13 (Tirante Critico) Est 3+555.



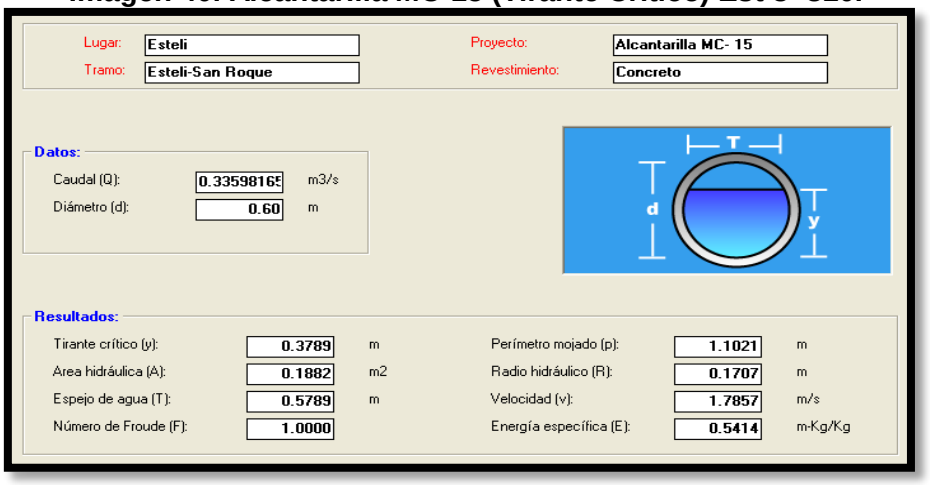
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 39. Alcantarilla MC-15 (Tirante Normal) Est 3+810.



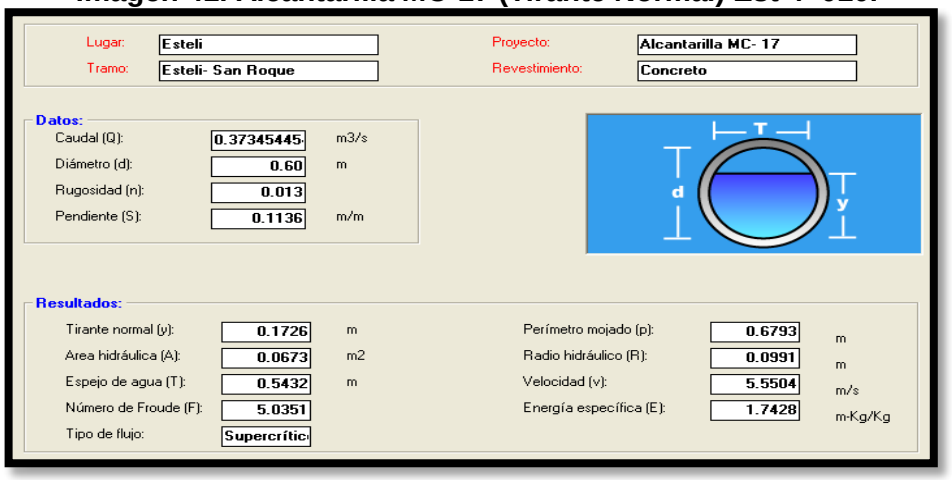
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 40. Alcantarilla MC-15 (Tirante Critico) Est 3+810.



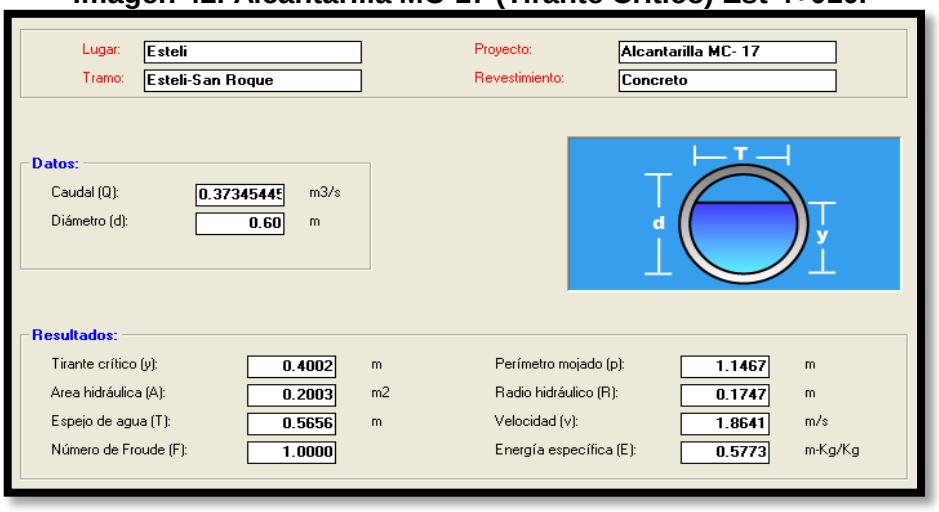
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 41. Alcantarilla MC-17 (Tirante Normal) Est 4+010.



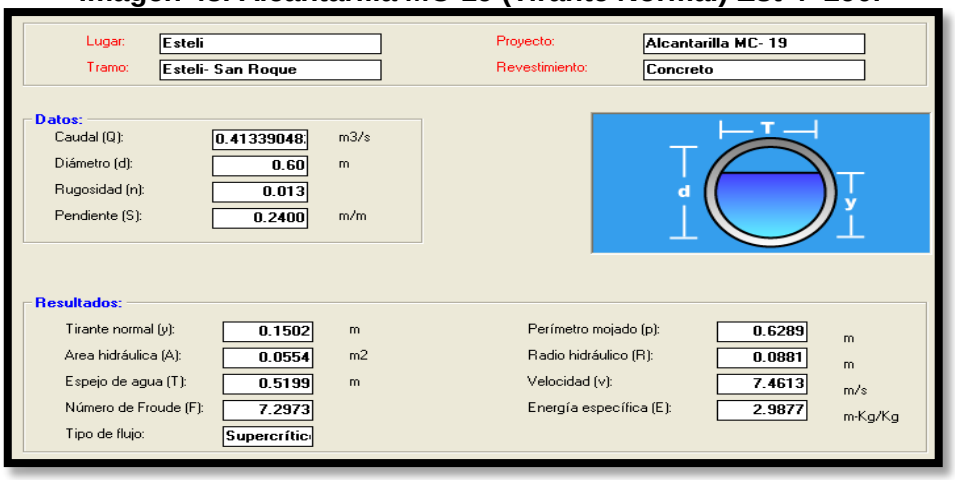
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 42. Alcantarilla MC-17 (Tirante Critico) Est 4+010.



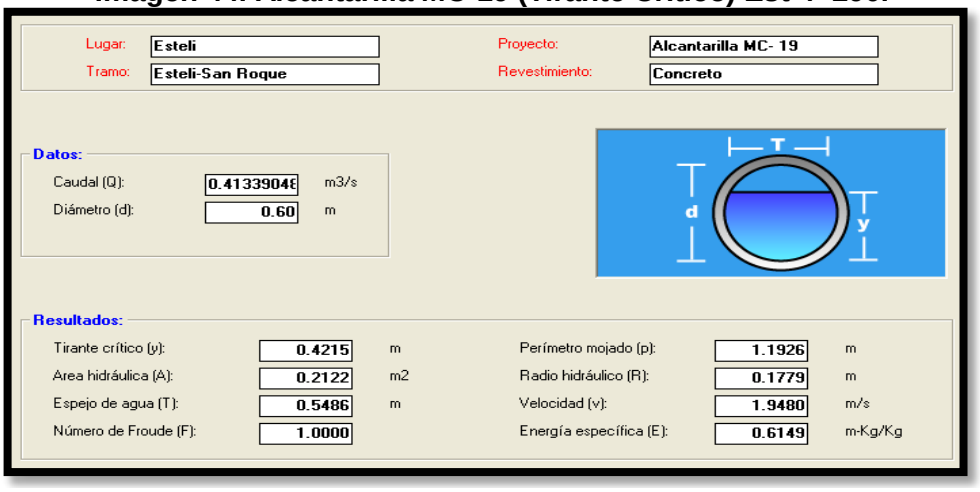
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 43. Alcantarilla MC-19 (Tirante Normal) Est 4+290.



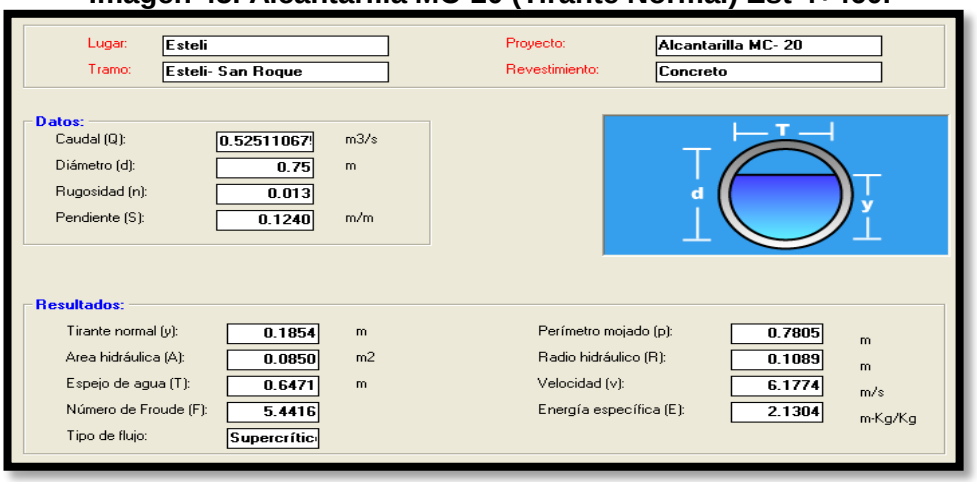
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 44. Alcantarilla MC-19 (Tirante Critico) Est 4+290.



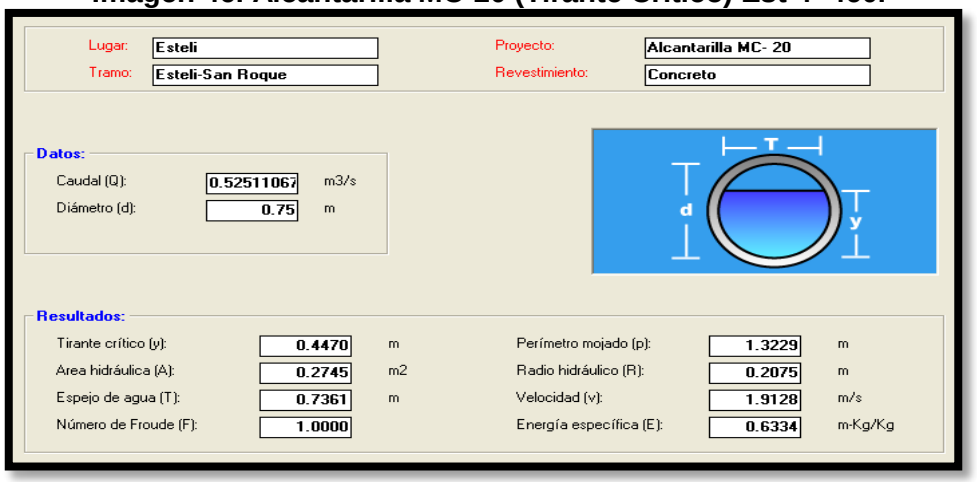
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 45. Alcantarilla MC-20 (Tirante Normal) Est 4+460.



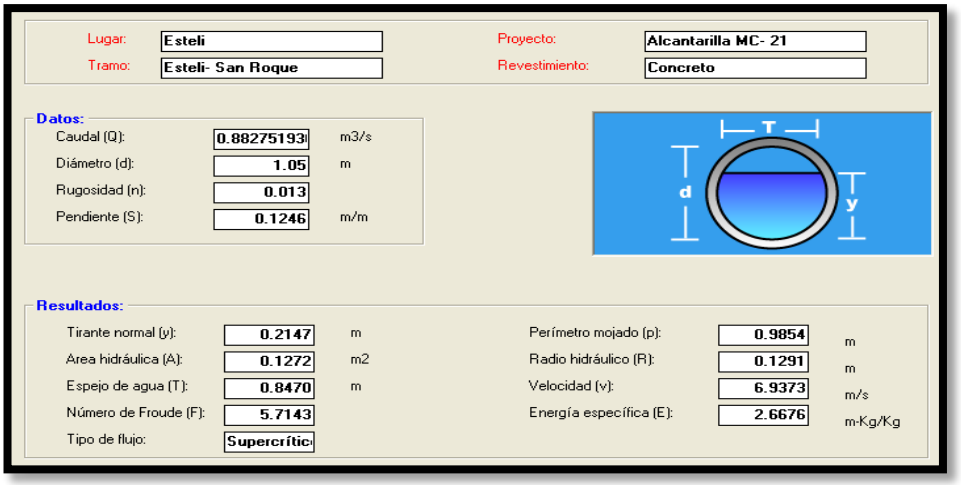
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 46. Alcantarilla MC-20 (Tirante Critico) Est 4+460.



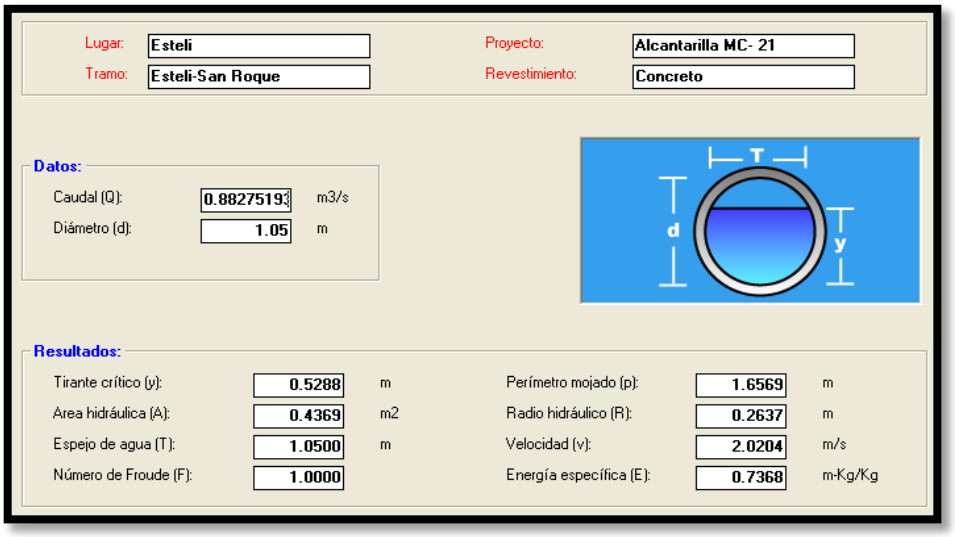
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 47. Alcantarilla MC-21 (Tirante Normal) Est 4+500.



Fuente: Elaboración propia.

Imagen 48. Alcantarilla MC-21 (Tirante Critico) Est 4+500.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los resultados hemos llegado a la conclusión que las 12 alcantarillas existentes tienen la capacidad hidráulica adecuada según el caudal de Diseño resultante del estudio Hidrológico, por lo tanto se conservarán las mismas dimensiones **(*Ver Anexo Cap. V, Fotos, pág. XXVII, XXVIII, XXIX, XXX, XXXI*)**, solamente se le dará mantenimiento a cada una de ellas. Ver resultados Finales en la siguiente Tabla 64:

Tabla 64. Resultados Finales de Obras de Drenaje existente.

MC	ESTACION	OBRA DE DRENAJE	TIPO	DIAMETRO (PULG)
MC-1	0+772	Alcantarilla	Sencilla	24
MC-2	1+230	Alcantarilla	Sencilla	24
MC-6	2+623	Alcantarilla	Doble	30
MC-7	2+758	Alcantarilla	Sencilla	30
MC-10	3+260	Alcantarilla	Sencilla	30
MC-12	3+345	Alcantarilla	Sencilla	24
MC-13	3+555	Alcantarilla	Sencilla	24
MC-15	3+810	Alcantarilla	Sencilla	24
MC-17	4+010	Alcantarilla	Sencilla	24
MC-19	4+290	Alcantarilla	Sencilla	24
MC-20	4+460	Alcantarilla	Sencilla	30
MC-21	4+500	Alcantarilla	Sencilla	40

Fuente: Elaboración propia.

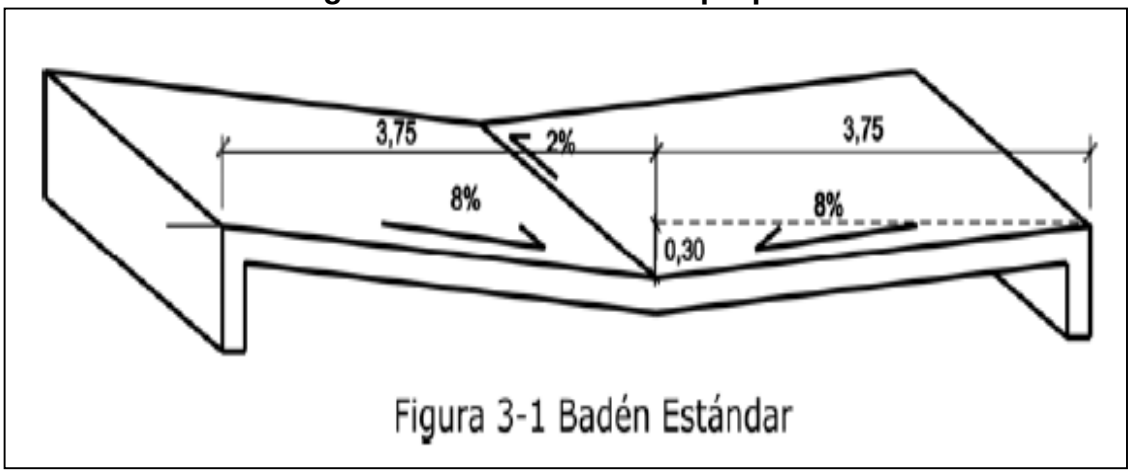
A lo largo del tramo no se identificaron cunetas y badenes, en este tramo solo existen cunetas naturales. Se identificaron un total de 10 Micro-cuencas en puntos críticos, por lo que como alternativa de solución se propusieron las siguientes obras de drenaje de acuerdo a los resultados de los estudios hidrológicos, las cuales se diseñaron utilizando el programa Hcanales

Tabla 65. Resultados Finales de Obras de Drenaje Propuestas.

MC	Est. Inicial	Est. Final	OBRA DE DRENAJE	TIPO	DETALLES
MC-3	1+715		Badén	Badén Estándar	Ver Fig. 33
MC-8	3+170		Badén	Badén Estándar	
MC-14	3+695		Badén	Badén Estándar	
MC-4	2+140	1+990	cuneta	Tipo V	Ver Fig. 34
MC-5	2+509	2+331	cuneta	Tipo V	
MC-9	3+170	3+260	cuneta	Tipo V	
MC-11	3+260	3+345	cuneta	Tipo V	
MC-16	4+010	3+810	cuneta	Tipo V	
MC-18	4+290	4+010	cuneta	Tipo V	
MC-22	4+708	4+800	cuenta	Tipo V	

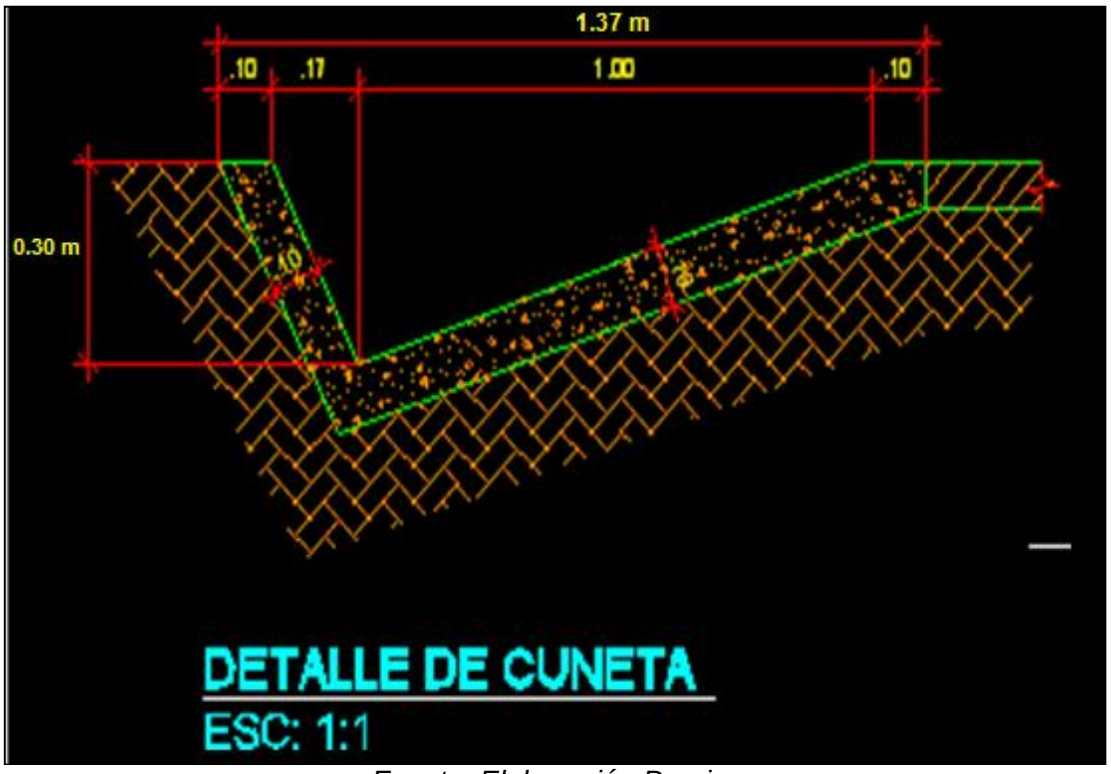
Fuente: Elaboración propia.

Imagen 49. Badén Estándar propuesto.



Fuente: PAST-DANIDA, 2004.

Imagen 50. Cuneta Típica Tipo Triangular propuesta.



Fuente: Elaboración Propia.

CONCLUSIONES.

De acuerdo a los objetivos planteados se ha concluido que:

En el **Estudio de tráfico,** se realizó un aforo vehicular de 12 horas durante 7 días (1 semana), del cual se obtuvo un TPDA de 533 vehículo/día. De los cuales se obtuvo una composición vehicular de 86.30% de Vehículos Livianos, un 10.7% de Vehículos Pesados y 3.0% de Vehículos Pasajeros. Para la proyección del tráfico se utilizó una tasa de crecimiento del 5.16%, obtenida mediante las correlaciones de las tasas de crecimiento históricas de la estación 107.

A partir de un periodo de diseño de 20 años se obtuvo un factor de crecimiento de **33.64**, que al proyectarlos el número de repeticiones por eje equivalente o ESAL's fue de **797,900.00.**

Para el **Estudio geotécnico** se determinó que los suelos predominantes en la línea son **A-2-6** y **A-2-7**, los cuales no cumplen con las normativas establecidas según la Nic-2000, por lo tanto se usará el banco de materiales el banco # 2 (Las Pintadas), por ser catalogado como bueno con un valor CBR de 84% al 95% proctor.

Como solo se utilizará un banco de préstamos se propone que la estructura de pavimento esté compuesta por una capa de rodadura de adoquín y una capa base granular que se clasifica dentro del grupo **A-1-a** con índice de grupo **0**, el cual es un material de buena calidad que cumplen con las especificaciones de la NIC-2000.

En el **Diseño de pavimento,** a partir de un ESAL'S de **797,900.00** para un periodo de diseño de **20 años**, con un CBR de diseño de **18.1%**, los espesores resultantes son de 4.00 pulgadas para la carpeta de rodamiento (adoquín), y 6.00 pulgadas para base granular.

La estructura de pavimento cumplirá con las cargas a las cuales será sometido, dado que estos valores cumplen con la normativa de Diseño de pavimentos de la AASHTO -93 en cuanto a espesores mínimos requeridos, todo esto indica que será una estructura de pavimento que satisfaga y soporte la demanda vehicular a proyectarse en este caso a 20 años.

En el **Estudio Hidrológico y Diseño Hidráulico,** se identificaron un total de 22 Micro-cuencas, de las cuales 12 son obras de drenaje existentes (alcantarillas), las cuales tienen la capacidad hidráulica por lo tanto se conservarán las mismas dimensiones, solamente se le dará mantenimiento a cada una de ellas. Se propuso un total de 10 obras de drenaje nuevas (7 cunetas y 3 badenes), las que se diseñaron de acuerdo a los resultados del estudio Hidrológico y Diseño Hidráulico utilizando el programa Hcanales.

RECOMENDACIONES.

- Realizar un corte de corte de 0.30 metros de profundidad (Espesor de la estructura de pavimento diseñada), este debe ser constante a lo largo de los 4.8 kilómetros del tramo.

- El material cortado deberá ser desalojado en su totalidad y reemplazado por el material del banco de préstamo N 2 (Las Pintadas).

- En la elaboración de la capa base, 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.

- Los Adoquines de concreto deberán cumplir con las especificaciones de la norma NTON 12009-10 para Adoquines de concreto para pavimento.

- 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 contextura, el cual será procedente de la capital Managua.

- 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.

- Las primeras filas de adoquines deberán ser colocadas con mucho cuidado para evitar el desalojo de los bloques que ya están colocados. Una vez que se han colocado las primeras filas, se asentarán las demás firmemente, debiendo estar todas las unidades en contacto con las que las rodean.

- Se recomienda cumplir con los espesores de diseño que en este caso son 4 pulgadas del Adoquín, 2 pulgadas de Arena y 6 pulgadas de base granular.

- 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 escorrentía para este tipo de superficies ya que al tratarse de adoquín y pendiente muy elevada podría desencajonarlos.

- Efectuar una debida supervisión durante el período de construcción, y en el cumplimiento de los espesores de diseño de las capas estructurales.

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). Ingeneria de Pavimentos para Carreteras 2da.

Hernandez, M. I. (2011). Ingeneria de Trafico. Esteli: Universidad Nacional de Ingeniria (UNI-RUACS).

Hoel, N. J. (2005). Ingenería 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. Elmer Bervis 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. (2004). Normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales.

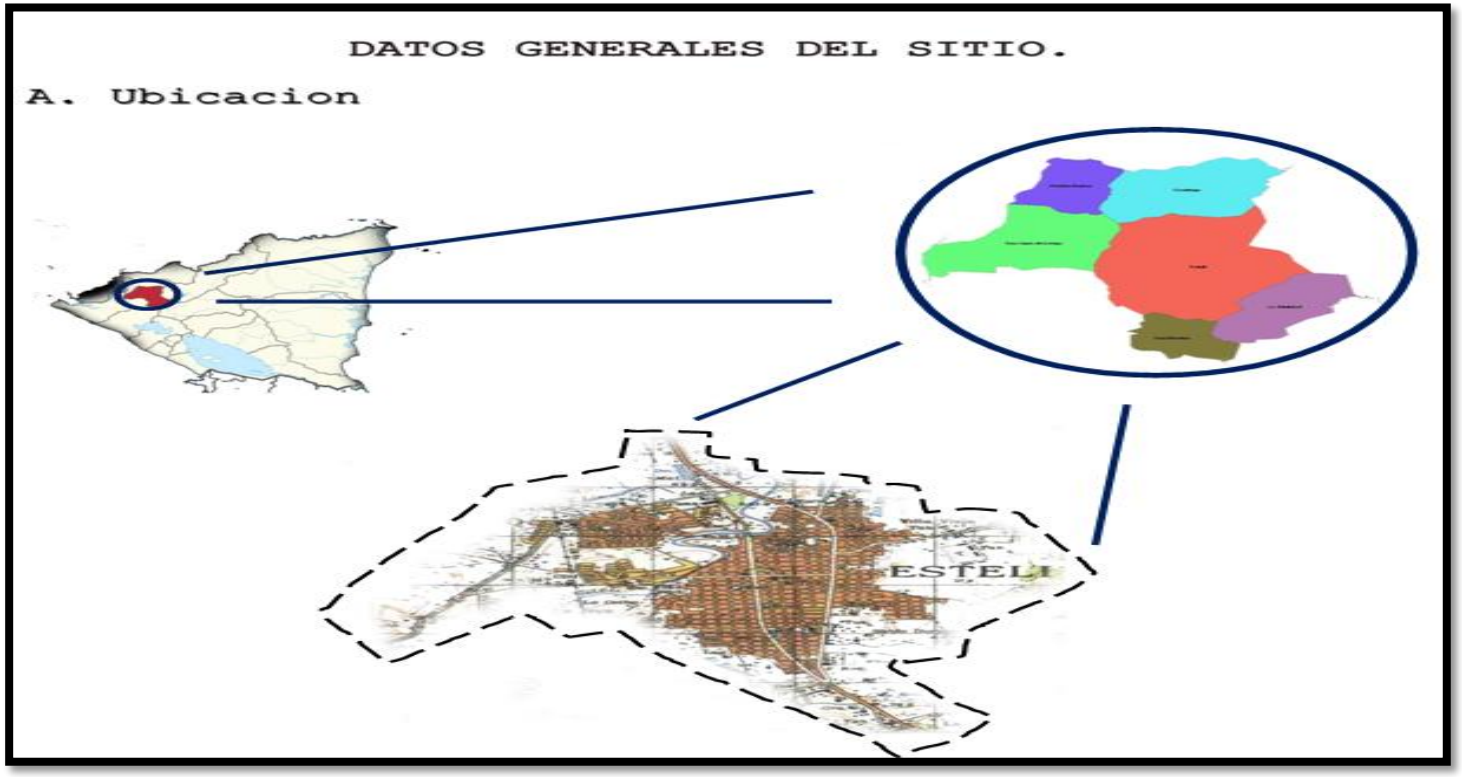
Villalaz, C. (1976-1980). Mecánica de Suelos y Cimentaciones. Monterrey - México: Limusa Noriega Editores

ANEXOS

Anexos Capítulo I: Generalidades.

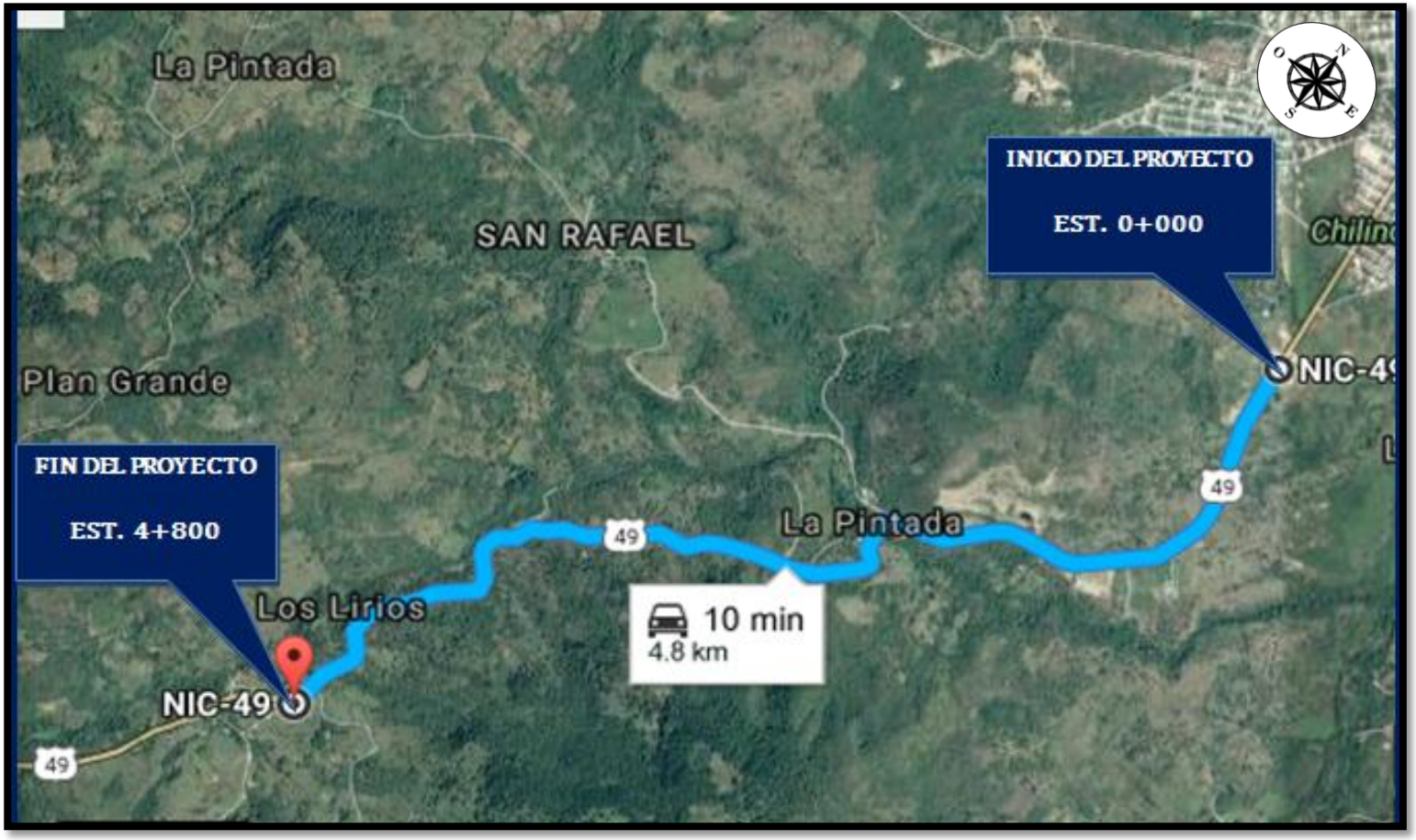
Imagen 51. Macro localización.

El proyecto se encuentra localizado al norte de Nicaragua, en el departamento de Estelí.



Fuente: Alcaldía municipal de Estelí.

Imagen 52.Micro localización.



Fuente: Google Earth.

Fotos de la Situación actual del tramo.

Foto 1. Inicio del Tramo en Estudio.



Fuente: propio.

Foto 2. Erosión avanzada de la carpeta de rodamiento.



Fuente: propio.

Foto 3. Erosión moderada en superficie de rodamiento.



Fuente: propio.

Foto 4. Fin del Tramo.



Fuente: propio

Foto 5. Banco # 1 identificado a lo largo del Tramo.



Fuente: propio.

Foto 6. Banco # 2 identificado a lo largo del Tramo.



Fuente: propio.

Anexo Capítulo II: Estudio de Tráfico.

Tabla 66. Formato para conteo de Tráfico Vehicular por Día.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Sede Regional Del Norte - Recinto Augusto C. Sandino
CONTEOS VOLUMETRICOS DE TRÁFICO

ESTACIÓN: 0+000 | FECHA: Jueves 15/06/2017

SENTIDO: Ambos Sentidos (Esteli - San Roque) | CONTADOR: Jussack y Livington

Hora		Moto	Veh. Livianos			Veh. de Pasajeros			Veh. Pesados de Carga										Veh. Pesados		Veh. Trac. Animal	Volumen Horario
			Autos	Jeep	CamionetaPick UPs	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C4	C2R2	C2R3	TxSx <=4e	T3S2	T3S3	Otros	Veh. Const	Veh. Agríc		
6 am	7 am																					
7 am	8 am																					
8 am	9 am																					
9 am	10 am																					
10 am	11 am																					
11 am	12 md																					
12 md	1 pm																					
1 pm	2 pm																					
2 pm	3 pm																					
3 pm	4 pm																					
4 pm	5 pm																					
5 pm	6 pm																					
Volumen (12 horas diurnas)																						

Facilitador: *Msc Ing. Jimmy Sierra Mercado.*

Tabla 67.Conteo de Tráfico Vehicular por Día.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Sede Regional Del Norte - Recinto Augusto C. Sandino
CONTEOS VOLUMETRICOS DE TRÁFICO

ESTACIÓN: 0+000 | FECHA: Jueves 15/06/2017

SENTIDO: Ambos Sentidos (Esteli - San Roque) | CONTADOR: Jussack y Livington

Hora		Moto	Veh. Livianos			Veh. de Pasajeros			Veh. Pesados de Carga										Veh. Pesados		Veh. Trac. Animal	Volumen Horario
			Autos	Jeep	CamionetaPick UPs	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C4	C2R2	C2R3	TxSx <=4e	T3S2	T3S3	Otros	Veh. Const	Veh. Agríc		
6 am	7 am	18	0	1	10	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32
7 am	8 am	5	0	1	8	0	0	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	19
8 am	9 am	32	3	1	18	2	0	0	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63
9 am	10 am	11	3	0	10	0	0	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
10 am	11 am	19	1	0	16	0	0	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41
11 am	12 md	13	2	2	10	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
12 md	1 pm	27	2	8	27	0	0	0	7	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77
1 pm	2 pm	7	0	4	6	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	20
2 pm	3 pm	11	1	8	14	0	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
3 pm	4 pm	3	0	2	5	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
4 pm	5 pm	18	0	6	19	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45
5 pm	6 pm	24	5	3	21	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56
Volumen (12 horas diurnas)		188	17	36	164	5	1	10	18	15	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	462

Fuente: *Elaboración Propia.*

Tabla 68. Formato para conteo de Tráfico Vehicular por Día.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Sede Regional Del Norte - Recinto Augusto C. Sandino
CONTEOS VOLUMETRICOS DE TRÁFICO

ESTACIÓN: 0+000 **FECHA:** Viernes 16/06/2017

SENTIDO: Ambos Sentidos (Esteli - San Roque) **CONTADOR:** Jussack y Livington

Hora		Moto	Veh. Livianos			Veh. de Pasajeros			Veh. Pesados de Carga										Veh. Pesados		Veh. Trac. Animal	Volumen Horario
			Autos	Jeep	CamionetaPick UPs	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C4	C2R2	C2R3	TxSx <=4e	T3S2	T3S3	Otros	Veh. Const	Veh. Agríc		
6 am	7 am	12	0	2	9	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
7 am	8 am	4	0	3	12	0	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
8 am	9 am	12	1	5	11	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
9 am	10 am	9	4	2	7	3	1	1	3	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
10 am	11 am	15	3	4	15	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
11 am	12 md	13	2	7	11	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36
12 md	1 pm	25	2	7	19	0	0	0	7	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66
1 pm	2 pm	8	1	2	8	1	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
2 pm	3 pm	8	0	6	13	0	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
3 pm	4 pm	4	0	2	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
4 pm	5 pm	21	0	5	14	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42
5 pm	6 pm	21	3	2	18	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48
Volumen (12 horas diurnas)		152	16	47	140	6	2	10	20	24	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	418

Fuente: *Elaboración Propia.*

Tabla 69.Conteo de Tráfico Vehicular por Día.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Sede Regional Del Norte - Recinto Augusto C. Sandino
CONTEOS VOLUMETRICOS DE TRÁFICO

ESTACIÓN: 0+000 **FECHA:** Sabado 17/06/2017

SENTIDO: Ambos Sentidos (Esteli - San Roque) **CONTADOR:** Jussack y Livington

Hora		Moto	Veh. Livianos			Veh. de Pasajeros			Veh. Pesados de Carga										Veh. Pesados		Veh. Trac. Animal	Volumen Horario
			Autos	Jeep	CamionetaPick UPs	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C4	C2R2	C2R3	TxSx <=4e	T3S2	T3S3	Otros	Veh. Const	Veh. Agríc		
6 am	7 am	8	0	0	7	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
7 am	8 am	3	0	3	9	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
8 am	9 am	22	1	3	8	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36
9 am	10 am	15	1	5	6	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
10 am	11 am	16	0	3	8	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
11 am	12 md	11	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
12 md	1 pm	19	4	2	14	0	1	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45
1 pm	2 pm	8	0	3	6	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
2 pm	3 pm	16	0	8	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
3 pm	4 pm	14	1	3	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
4 pm	5 pm	3	1	7	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
5 pm	6 pm	18	4	9	20	0	0	0	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59
Volumen (12 horas diurnas)		153	12	46	126	1	1	8	7	11	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	369

Fuente: *Elaboración Propia.*

Tabla 70. Formato para conteo de Tráfico Vehicular por Día.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Sede Regional Del Norte - Recinto Augusto C. Sandino

CONTEOS VOLUMETRICOS DE TRÁFICO

ESTACIÓN: 0+000 FECHA: Domingo 18/06/2017

SENTIDO: Ambos Sentidos (Esteli - San Roque) CONTADOR: Jussack y Livington

Hora		Moto	Veh. Livianos			Veh. de Pasajeros			Veh. Pesados de Carga									Veh. Pesados		Veh. Trac. Animal	Volumen Horario
			Autos	Jeep	CamionetaPick UPs	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C4	C2R2	C2R3	TxSx <=4e	T3S2	T3S3	Otros	Veh. Const	Veh. Agríc		
6 am	7 am	3	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
7 am	8 am	3	0	0	6	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
8 am	9 am	12	2	5	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
9 am	10 am	13	0	1	7	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
10 am	11 am	6	0	5	3	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
11 am	12 md	8	0	0	15	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
12 md	1 pm	14	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
1 pm	2 pm	11	0	0	3	0	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
2 pm	3 pm	6	0	3	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
3 pm	4 pm	4	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
4 pm	5 pm	3	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
5 pm	6 pm	12	0	0	16	0	0	0	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
Volumen (12 horas diurnas)		95	2	18	73	0	0	4	11	11	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	219

Fuente: *Elaboración Propia.*

Tabla 71.Conteo de Tráfico Vehicular por Día.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Sede Regional Del Norte - Recinto Augusto C. Sandino

CONTEOS VOLUMETRICOS DE TRÁFICO

ESTACIÓN: 0+000 FECHA: Lunes 19/06/2017

SENTIDO: Ambos Sentidos (Esteli - San Roque) CONTADOR: Jussack y Livington

Hora		Moto	Veh. Livianos			Veh. de Pasajeros			Veh. Pesados de Carga									Veh. Pesados		Veh. Trac. Animal	Volumen Horario
			Autos	Jeep	CamionetaPick UPs	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C4	C2R2	C2R3	TxSx <=4e	T3S2	T3S3	Otros	Veh. Const	Veh. Agríc		
6 am	7 am	18	0	2	13	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
7 am	8 am	14	1	4	17	0	0	4	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43
8 am	9 am	25	0	3	21	0	0	0	3	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57
9 am	10 am	16	0	9	5	0	0	1	1	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
10 am	11 am	9	2	7	7	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
11 am	12 md	6	2	14	10	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
12 md	1 pm	24	4	12	24	0	1	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70
1 pm	2 pm	14	0	4	15	0	0	2	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
2 pm	3 pm	11	0	4	9	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
3 pm	4 pm	13	1	3	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
4 pm	5 pm	1	6	8	7	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
5 pm	6 pm	20	3	8	15	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51
Volumen (12 horas diurnas)		171	19	78	146	3	1	8	16	27	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	475

Fuente: *Elaboración Propia.*

Tabla 72. Formato para conteo de Tráfico Vehicular por Día.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Sede Regional Del Norte - Recinto Augusto C. Sandino

CONTEOS VOLUMETRICOS DE TRÁFICO

ESTACIÓN: 0+000 **FECHA:** Martes 20/06/2017

SENTIDO: Ambos Sentidos (Esteli - San Roque) **CONTADOR:** Jussack y Livington

Hora		Moto	Veh. Livianos			Veh. de Pasajeros			Veh. Pesados de Carga									Veh. Pesados		Veh. Trac. Animal	Volumen Horario
			Autos	Jeep	CamionetaPick UPs	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C4	C2R2	C2R3	TxSx <=4e	T3S2	T3S3	Otros	Veh. Const	Veh. Agríc		
6 am	7 am	28	0	4	17	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52
7 am	8 am	22	2	1	13	0	0	4	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47
8 am	9 am	20	1	1	9	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	33
9 am	10 am	13	2	1	7	1	0	1	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
10 am	11 am	8	0	3	12	0	0	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
11 am	12 md	24	0	0	8	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35
12 md	1 pm	33	4	2	17	0	0	0	2	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	63
1 pm	2 pm	7	2	3	14	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
2 pm	3 pm	6	0	4	13	0	0	0	3	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
3 pm	4 pm	3	1	3	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
4 pm	5 pm	13	2	7	22	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46
5 pm	6 pm	22	4	9	16	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56
Volumen (12 horas diurnas)		199	18	38	154	5	0	8	17	19	8	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	468

Fuente: *Elaboración Propia.*

Tabla 73.Conteo de Tráfico Vehicular por Día.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Sede Regional Del Norte - Recinto Augusto C. Sandino

CONTEOS VOLUMETRICOS DE TRÁFICO

ESTACIÓN: 0+000 **FECHA:** Miercoles 21/06/2017

SENTIDO: Ambos Sentidos (Esteli - San Roque) **CONTADOR:** Jussack y Livington

Hora		Moto	Veh. Livianos			Veh. de Pasajeros			Veh. Pesados de Carga									Veh. Pesados		Veh. Trac. Animal	Volumen Horario
			Autos	Jeep	CamionetaPick UPs	Mbus	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C4	C2R2	C2R3	TxSx <=4e	T3S2	T3S3	Otros	Veh. Const	Veh. Agríc		
6 am	7 am	7	0	0	8	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
7 am	8 am	14	2	1	14	0	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36
8 am	9 am	31	2	1	6	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42
9 am	10 am	27	1	1	11	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44
10 am	11 am	11	0	3	9	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
11 am	12 md	12	0	0	21	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
12 md	1 pm	7	4	2	22	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41
1 pm	2 pm	28	0	3	14	0	0	2	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52
2 pm	3 pm	18	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
3 pm	4 pm	14	3	3	9	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33
4 pm	5 pm	9	1	7	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31
5 pm	6 pm	17	2	9	12	0	0	0	7	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53
Volumen (12 horas diurnas)		195	15	34	144	0	1	8	22	19	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	442

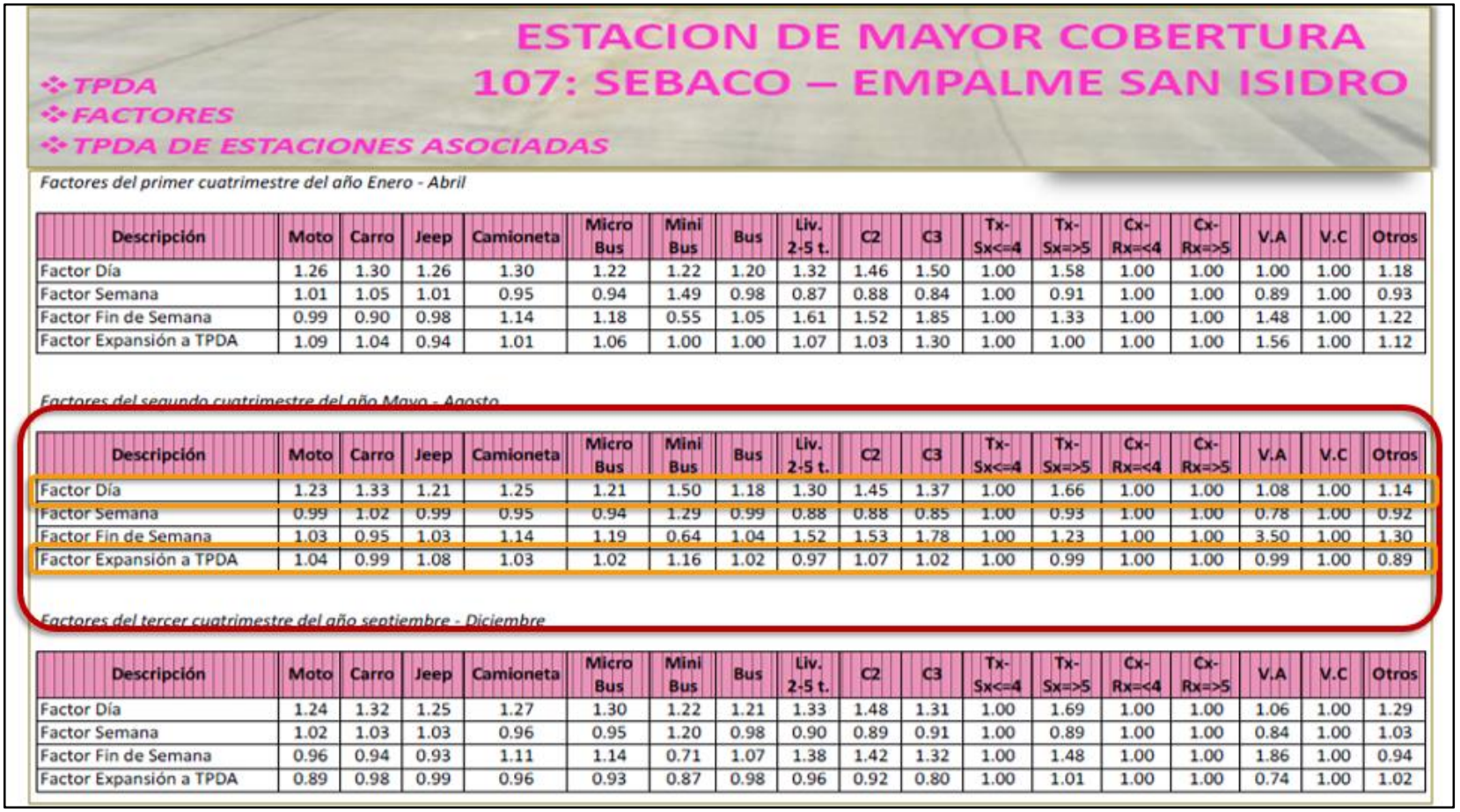
Fuente: *Elaboración Propia.*

Tabla 74. 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, Minimotos, Cuadraciclos,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 pasejeros 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. Tambien se incluyen las fugonetas 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, tambien se incluyen los halados por tracción animal (Semovientes).

Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI, Año 2016.Pag. 32.

Tabla 75. Factores de Expansión EMC 107.



ESTACION DE MAYOR COBERTURA
107: SEBACO – EMPALME SAN ISIDRO

- TPDA
- FACTORES
- TPDA DE ESTACIONES ASOCIADAS

Factores del primer cuatrimestre del año Enero - Abril

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx=>5	Cx-Rx=<4	Cx-Rx=>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.26	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	1.00	1.18
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	1.00	0.93
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	1.00	1.22
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	1.00	1.12

Factores del segundo cuatrimestre del año Mayo - Agosto

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx=>5	Cx-Rx=<4	Cx-Rx=>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.23	1.33	1.21	1.25	1.21	1.50	1.18	1.30	1.45	1.37	1.00	1.66	1.00	1.00	1.08	1.00	1.14
Factor Semana	0.99	1.02	0.99	0.95	0.94	1.29	0.99	0.88	0.88	0.85	1.00	0.93	1.00	1.00	0.78	1.00	0.92
Factor Fin de Semana	1.03	0.95	1.03	1.14	1.19	0.64	1.04	1.52	1.53	1.78	1.00	1.23	1.00	1.00	3.50	1.00	1.30
Factor Expansión a TPDA	1.04	0.99	1.08	1.03	1.02	1.16	1.02	0.97	1.07	1.02	1.00	0.99	1.00	1.00	0.99	1.00	0.89

Factores del tercer cuatrimestre del año septiembre - Diciembre

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx=>5	Cx-Rx=<4	Cx-Rx=>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.24	1.32	1.25	1.27	1.30	1.22	1.21	1.33	1.48	1.31	1.00	1.69	1.00	1.00	1.06	1.00	1.29
Factor Semana	1.02	1.03	1.03	0.96	0.95	1.20	0.98	0.90	0.89	0.91	1.00	0.89	1.00	1.00	0.84	1.00	1.03
Factor Fin de Semana	0.96	0.94	0.93	1.11	1.14	0.71	1.07	1.38	1.42	1.32	1.00	1.48	1.00	1.00	1.86	1.00	0.94
Factor Expansión a TPDA	0.89	0.98	0.99	0.96	0.93	0.87	0.98	0.96	0.92	0.80	1.00	1.01	1.00	1.00	0.74	1.00	1.02

Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI, Año 2016.Pag..

Tabla 76. Listado Histórico TPDA Estación 107.

2016	989	1436	390	2190	153	11	239	446	507	113		424			14	1	22	6,935
2015	786	1,094	381	1,945	123	19	237	395	446	88	1	444		1	12		22	5,994
2014	654	947	374	1,760	77	14	234	419	412	57	1	377			8	1	15	5,350
2013	539	949	325	1,551	100	10	231	408	393	65		356			10	1	16	4,954
2012	435	916	353	1,581	57	14	237	435	358	56	8	374			6	1	12	4,843
2011	355	870	353	1,503	49	9	226	400	329	53	1	352			6	1	10	4,517
2010	306	871	356	1,492	43	8	228	353	288	44		327			8		10	4,334
2009	293	812	337	1,389	40	8	216	332	287	48		321			7	1	10	4,101
2008	222	705	356	1,394	44	13	229	335	351	47		380			8		9	4,092
2007	139	676	341	1,344	36	12	266	337	299	41		343			7		12	3,853
2006	123	687	349	1,362	39	13	269	317	298	44	1	326			7		14	3,849
2005	88	540	335	1,208	34	10	243	270	277	37	4	348			5		5	3,405
2004	104	594	359	1,267	38	13	228	284	309	37	1	369	1		9		9	3,622
2003	103	550	362	1,239	36	10	221	270	296	34	1	291	1		6	1	7	3,428
2002	135	468	360	1,300	35	5	207	244	295	38	2	161		0	14	0	7	3,272
2001	107	361	320	1,295	35	6	203	229	322	46		170			19		9	3,122
2000	108	287	325	1,230	26	5	190	204	309	31	1	171		0	11	0	7	2,905
1999	117	293	361	1,241	19	6	165	193	350	40	2	148	0	0	16	0	10	2,960
1998	91	305	292	1,073	23	4	121	97	269	23	1	102		1	9		11	2,422
1997	112	263	260	1,079	13	2	120	140	249	32	1	84		1	19		15	2,390
1996	99	254	254	967	12	28	113	114	300	38	1	85	1	1	25	1	12	2,305

Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI, Año 2016.Pag. 110.

Tabla 77.Diagrama de cargas permisibles por tipo de vehículo.

(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).

Tabla 78.Diagrama de cargas permisibles por tipo de vehículo. (Vehículos Pesados)

TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	Peso Máximo Total (1) Ton - Met.
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).

Tabla 79.Factores Equivalentes de Cargas, Ejes Simples.

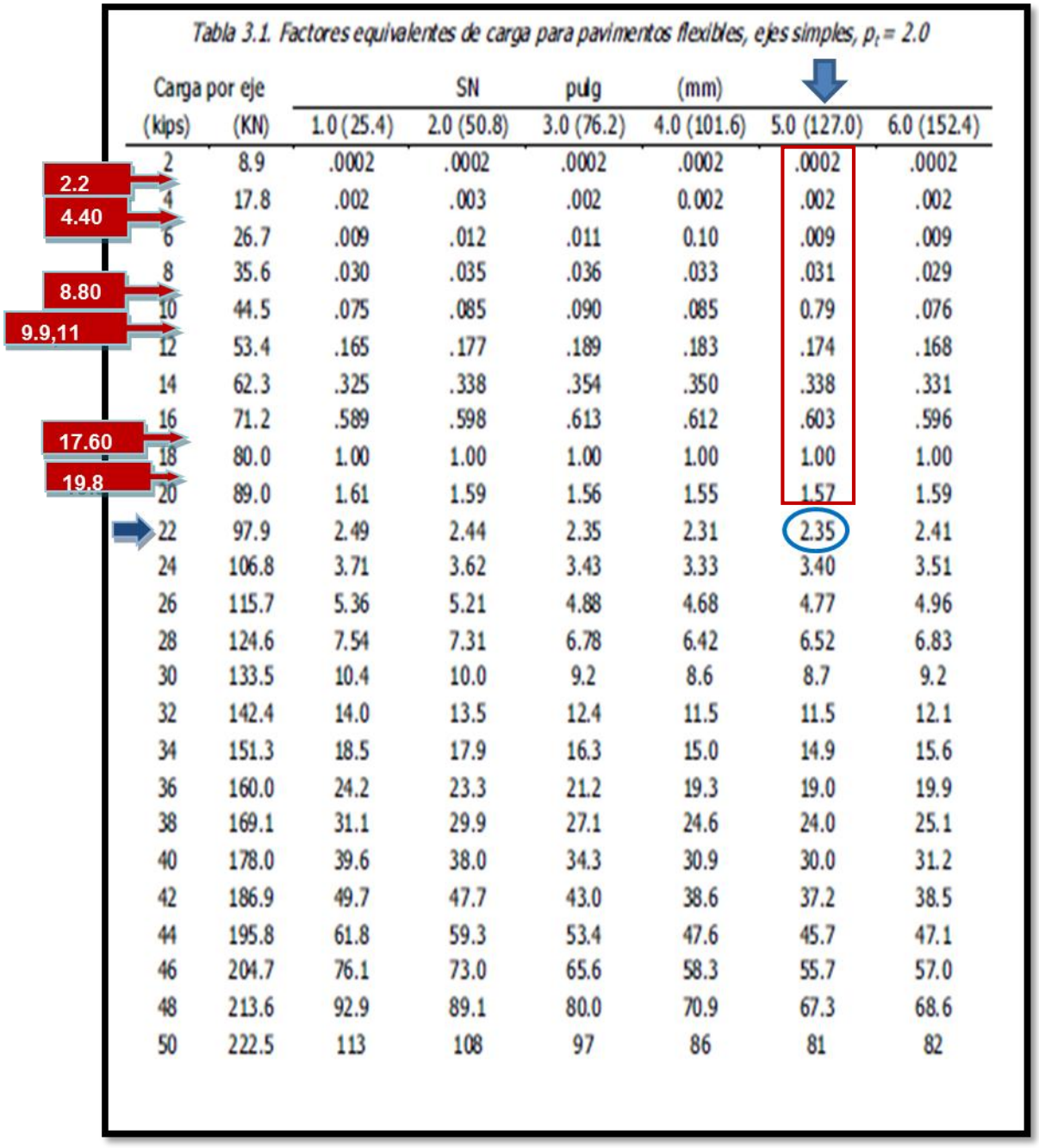


Tabla 3.1. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes simples, $p_t = 2.0$

Carga por eje (kips)	Carga por eje (KN)	SN 1.0 (25.4)	SN 2.0 (50.8)	SN 3.0 (76.2)	SN 4.0 (101.6)	SN 5.0 (127.0)	SN 6.0 (152.4)
2	8.9	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002
4	17.8	.002	.003	.002	0.002	.002	.002
6	26.7	.009	.012	.011	0.10	.009	.009
8	35.6	.030	.035	.036	.033	.031	.029
10	44.5	.075	.085	.090	.085	0.79	.076
12	53.4	.165	.177	.189	.183	.174	.168
14	62.3	.325	.338	.354	.350	.338	.331
16	71.2	.589	.598	.613	.612	.603	.596
18	80.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
20	89.0	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57	1.59
22	97.9	2.49	2.44	2.35	2.31	2.35	2.41
24	106.8	3.71	3.62	3.43	3.33	3.40	3.51
26	115.7	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77	4.96
28	124.6	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52	6.83
30	133.5	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7	9.2
32	142.4	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5	12.1
34	151.3	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9	15.6
36	160.0	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0	19.9
38	169.1	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0	25.1
40	178.0	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0	31.2
42	186.9	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2	38.5
44	195.8	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7	47.1
46	204.7	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7	57.0
48	213.6	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3	68.6
50	222.5	113	108	97	86	81	82

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements.

Los números en color rojo son valores a interpolar, en función a SN=5.

Tabla 80. Factores Equivalentes de Cargas, Ejes Tándem.

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

Carga por eje (kips)	Carga por eje (KN)	SN 1.0 (25.4)	SN 2.0 (50.8)	SN 3.0 (76.2)	SN 4.0 (101.6)	SN 5.0 (127.0)	SN 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

36.30

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements.

El número en color rojo es el valor a interpolar, en función a SN=5.

Anexos Capítulo III: Estudio Geotécnico

Tabla 81. Resultados ensayos de suelos.

Sondeo No.	Est.	Profundidad (cm)		Descripción	Porcentaje que pasa el Tamiz									L.L (%)	I.P (%)	Clasificación AASHTO	IG	% Humedad	CBR a Compactación al 95%
					2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200						
1	1+200	0	25	Grava pobremente gradada con Arcilla y Arena	95	87	73	63	43	30	22	13	8	26	10	A-2-4	0	5.7	25.7
	1+200	25	55	Grava Limosa con Arena	93	93	89	86	80	55	51	42	30	47	18	A-2-7	0	24.3	15.7
	1+200	55	150	Grava Arcillosa	76	68	61	57	47	35	29	24	20	37	14	A-2-6	0	17.4	18.2
2	1+300	0	30	Grava pobremente gradada con Arcilla y Arena	95	87	73	63	43	30	22	13	8	26	10	A-2-4	0	5.8	24.3
	1+300	30	150	Grava pobremente gradada con Arcilla y Arena	98	84	69	64	47	30	22	15	12	39	18	A-2-6	0	14.6	18.5
3	1+400	0	30	Grava pobremente gradada con Arcilla y Arena	95	87	73	63	43	30	22	13	8	26	10	A-2-4	0	5.9	29.0
	1+400	30	150	Grava Limosa con Arena	95	93	89	88	74	53	48	41	34	55	24	A-2-7	2	29.9	17.5
4	1+500	0	15	Grava pobremente gradada con Arcilla y Arena	73	68	50	45	35	27	20	12	8	28	10	A-2-4	0	5.4	24.9
	1+500	15	120	Grava bien gradada	68	51	36	33	24	16	10	5	3	-	NP	A-1-a	0	4.7	54.0
5	1+600	0	10	Grava pobremente gradada con Arcilla y Arena	95	87	73	63	43	30	22	13	8	26	10	A-2-4	0	7.2	24.8
	1+600	10	130	Grava Arcillosa con Arena	100	91	81	78	66	49	33	21	14	38	14	A-2-6	0	14.7	18.5
6	1+700	0	25	Grava pobremente gradada con Arcilla y Arena	95	87	73	63	43	30	22	13	8	26	10	A-2-4	0	3.1	25.2
	1+700	25	80	Grava bien gradada con Arena	91	84	69	64	44	29	17	9	4	19	4	A-1-a	0	3.1	60.0
7	1+800	0	30	Grava pobremente gradada con Arcilla y Arena	95	87	73	63	43	30	22	13	8	26	10	A-2-4	0	7.6	24.8
	1+800	30	150	Grava pobremente gradada con Arcilla y Arena	78	71	62	57	47	26	18	12	8	36	12	A-2-6	0	10.3	19.0

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí - Institutos de Suelos y Materiales S.A (INSUMA).

Tabla 82. Resultados ensayos de suelos.

Sondeo No.	Est.	Profundidad (cm)		Descripción	Porcentaje que pasa el Tamiz									L.L (%)	I.P (%)	Clasificación AASHTO	IG	% Humedad	CBR a Compactación al 95%
					2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200						
8	4+500	0	25	Grava pobremente gradada Arcillo Limosa con Are	82	64	52	47	35	27	22	15	12	26	7	A-2-4	0	6.2	24.3
	4+500	25	60	Grava bien gradada	82	67	42	30	18	11	8	5	4	-	NP	A-1-a	0	12.6	52.4
	4+500	60	150	Grava pobremente gradada con Arcilla y Arena	88	84	76	70	54	41	29	17	12	33	13	A-2-6	0	16	19.0
9	6+700	0	30	Grava Arcillosa con Arena	93	88	79	76	63	50	41	24	16	31	10	A-2-4	0	5.7	25.3
	6+700	30	150	Grava bien gradada con Limos y Arena	95	94	90	88	75	60	44	21	8	29	6	A-1-a	0	11.4	53.1
10	6+800	0	25	Grava Arcillosa con Arena	93	88	79	76	63	50	41	24	16	31	10	A-2-4	0	3.5	25.2
	6+800	25	150	Grava pobremente Gradada con Arena	91	74	63	58	47	39	28	9	3	28	3	A-1-a	0	5.9	48.0
11	6+900	0	30	Grava Arcillosa con Arena	93	88	79	76	63	50	41	24	16	31	10	A-2-4	0	5.5	24.9
	6+900	30	80	Arena Limosa con Grava	98	94	88	84	71	59	48	28	14	26	2	A-1-a	0	13.6	48.0
	6+900	80	150	Grava Arcillosa con Arena	100	98	95	93	76	56	47	33	21	38	16	A-2-7	0	11.4	15.7
12	14+400	0	20	Grava pobremente gradada con Arcilla y Arena	90	81	74	65	50	32	25	16	10	32	13	A-2-4	0	3.9	25.4
	14+400	20	150	Grava Arcillosa con Arena	100	98	95	93	76	56	47	33	21	38	16	A-2-7	0	11.4	14.1
13	14+500	0	12	Grava bien gradada con Arcilla y Arena	88	81	71	63	48	33	24	14	10	30	9	A-2-4	0	1.9	25.0
	14+500	12	40	Grava Limosa	100	93	74	66	43	27	24	17	13	-	NP	A-1-a	0	4.8	54.0
	14+500	40	150	Grava Limosa con Arena	82	81	76	71	57	41	31	20	13	38	13	A-2-6	0	15.6	18.5
14	14+600	0	15	Grava pobremente gradada con Arcilla y Arena	94	85	71	63	43	29	20	11	6	30	8	A-2-4	0	4.6	23.8
	14+600	15	150	Grava bien gradada con Arcilla y Arena	89	83	76	72	59	46	36	21	9	42	18	A-2-7	0	13	15.7
15	14+700	0	15	Grava pobremente gradada con Arcilla y Arena	94	85	71	63	43	29	20	11	6	30	8	A-2-4	0	3.7	24.1
	14+700	15	150	Grava pobremente gradada con Arcilla y Arena	90	84	75	69	53	41	26	19	12	39	14	A-2-6	0	4	18.5

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí - Institutos de Suelos y Materiales S.A (INSUMA).

Tabla 83. Resultados ensayos de suelos.

Sondeo No.	Est.	Profundidad (cm)		Descripción	Porcentaje que pasa el Tamiz									L.L (%)	I.P (%)	Clasificación AASHTO	IG	% Humedad	CBR a Compactación al 95%
					2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200						
16	14+800	0	25	Grava pobremente gradada con Arcilla y Arena	94	85	71	63	43	29	20	11	6	30	8	A-2-4	0	5.5	23.9
	14+800	25	75	Grava bien gradada con Arcilla y Arena	89	83	76	72	59	46	36	21	9	42	18	A-2-7	0	10.7	18
	14+900	75	150	Grava Limosa con Arena	82	81	76	71	57	41	31	20	13	38	13	A-2-6	0	15.6	18.5
17	14+800	0	30	Grava pobremente gradada con Arcilla y Arena	94	85	71	63	43	29	20	11	6	30	8	A-2-4	0	5.5	24
	14+800	30	92	Grava bien gradada con Arcilla y Arena	89	83	76	72	59	46	36	21	9	42	18	A-2-7	0	10.7	18
	14+900	92	150	Grava Limosa con Arena	82	81	76	71	57	41	31	20	13	38	13	A-2-6	0	15.6	19.2
18	15+000	0	24	Grava pobremente gradada con Arcilla y Arena	100	83	70	62	46	33	24	16	12	30	10	A-2-4	0	7.4	25.1
	15+000	24	80	Grava Limosa con Arena	91	82	76	69	57	43	30	19	14	41	12	A-2-7	0	8.4	17.6
	15+000	80	100	Arcilla baja Arenosa	100	100	100	100	100	100	96	79	54	41	17	A-7-6	7	19	4.7
19	15+100	0	30	Grava pobremente gradada con Arcilla y Arena	94	85	71	63	43	29	20	11	6	30	8	A-2-4	0	3	25.3
	15+100	30	110	Grava bien gradada con Arcilla y Arena	89	83	76	72	59	46	36	21	9	42	18	A-2-7	0	10.6	17.6
20	15+200	0	25	Grava pobremente gradada con Arcilla y Arena	94	85	71	63	43	29	20	11	6	30	8	A-2-4	0	3.9	24.9
	15+200	25	150	Grava Arcillosa con Arena	100	100	98	98	85	53	46	39	33	53	29	A-2-7	3	17.1	18
21	38+400	0	35	Grava pobremente gradada con Arcilla y Arena	86	80	71	67	54	46	29	19	9	30	9	A-2-4	0	7.8	24.9
	38+400	35	150	Grava pobremente gradada con Arcilla y Arena	70	62	53	48	38	33	24	9	5	39	22	A-2-6	0	9.8	19.2
22	39+200	0	25	Grava bien gradada con Arcilla y Arena	84	77	71	65	53	46	30	14	7	29	10	A-2-4	0	6.6	24.3
	39+200	25	80	Grava pobremente gradada con Arcilla y Arena	78	71	62	57	47	26	18	12	8	36	12	A-2-6	0	10.3	19.0
	39+200	80	150	Arcilla baja Arenosa	100	100	100	100	100	100	96	79	54	41	17	A-7-6	7	22.1	2.3
23	39+300	0	30	Grava bien gradada con Arcilla y Arena	84	77	71	65	53	46	30	14	7	29	10	A-2-4	0	8.7	24.3
	39+300	30	120	Grava Arcillosa con Arena	100	98	95	93	76	56	47	33	21	38	16	A-2-7	0	11.4	14.1
	39+300	120	150	Arcilla baja Arenosa	100	100	100	100	100	100	94	76	53	45	20	A-7-6	8	10.5	4.2
24	39+400	0	15	Grava bien gradada con Arcilla y Arena	84	77	71	65	53	46	30	14	7	29	10	A-2-4	0	7.4	25.4
	39+400	15	130	Grava pobremente gradada con Arcilla y Arena	88	84	76	70	54	41	29	17	12	33	13	A-2-6	0	16	19.0
	39+400	130	150	Arcilla baja Arenosa	100	100	100	100	100	100	94	76	53	45	20	A-7-6	8	18	4.7
25	39+500	0	12	Grava pobremente gradada con Limos y Arena	94	87	79	71	56	42	28	13	8	37	8	A-2-4	0	4.2	25.7
	39+500	12	40	Grava pobremente gradada con Limos y Arena	81	73	67	61	54	45	29	14	10	37	18	A-2-6	0	5.1	19.2
	39+500	40	150	Arena Arcillosa con Grava	100	100	100	100	89	78	70	64	47	36	20	A-6	5	4	11.3

Fuente: Alcaldía Municipal de Estelí - Institutos de Suelos y Materiales S.A (INSUMA).

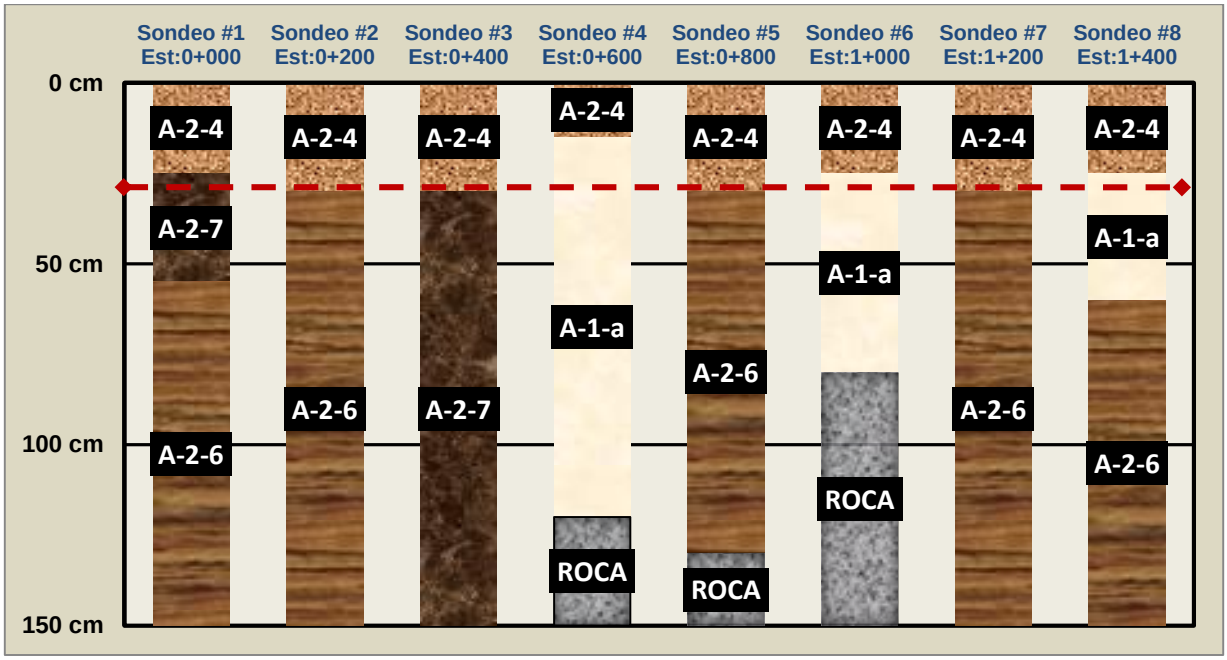
Tabla 84. Clasificación de suelos, según AASHTO.

CLASIFICACION GENERAL	Materiales Granulares (igual o menor del 35% pasa el tamiz Nº 200)							Materiales Limo - Arcillosos (más del35% que pasa el tamiz Nº 200)			
GRUPOS	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
SUB - GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 / A-7-6
% que pasa el Tamiz:											
Nº 10	50 máx.										
Nº 40	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
Nº 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 Nº 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 ≥ 30, la clasificación es A-7-6
Si el LP < 30, la clasificación es A-7-5

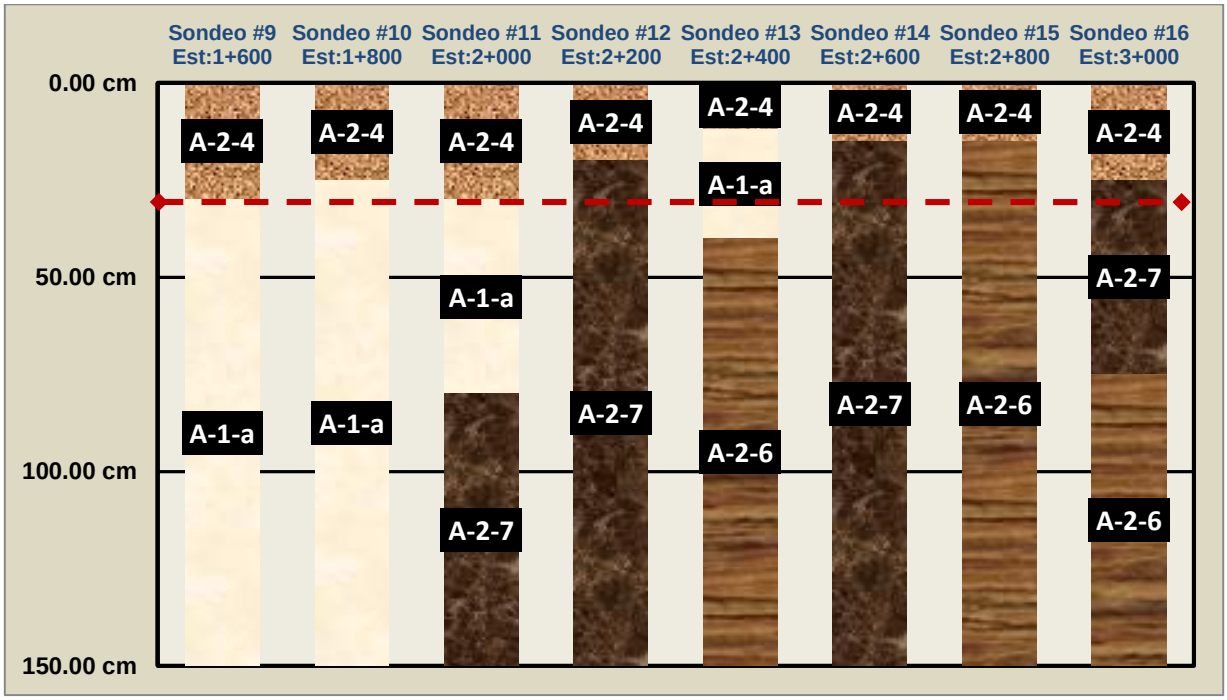
Fuente: Libro de diseño de pavimentos, AASHTO 93.

Gráfico 37. Estratigrafía del Terreno.



Fuente: Elaboración Propia.

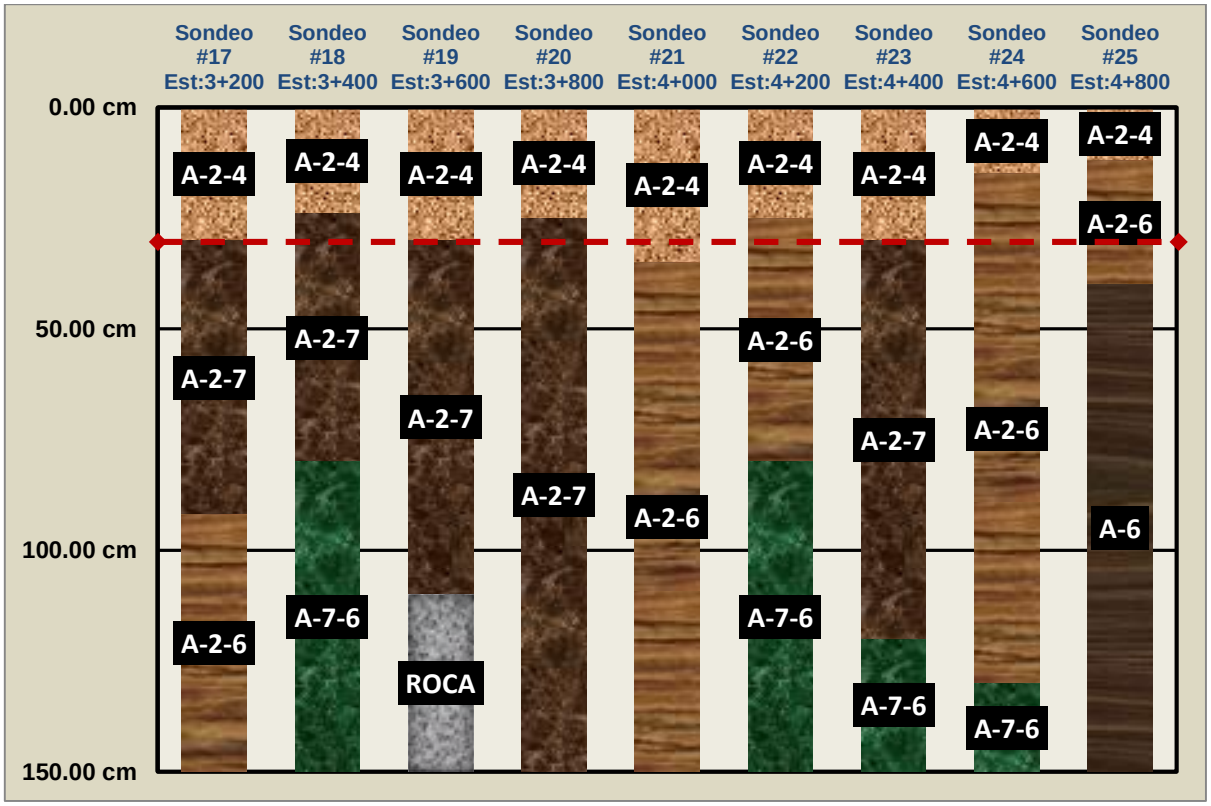
Gráfico 38. Estratigrafía del Terreno.



Fuente: Elaboración Propia.

Nota: La línea punteada en rojo muestra la sub-rasante considerada a 30 cm de profundidad.

Gráfico 39. Estratigrafía del Terreno.

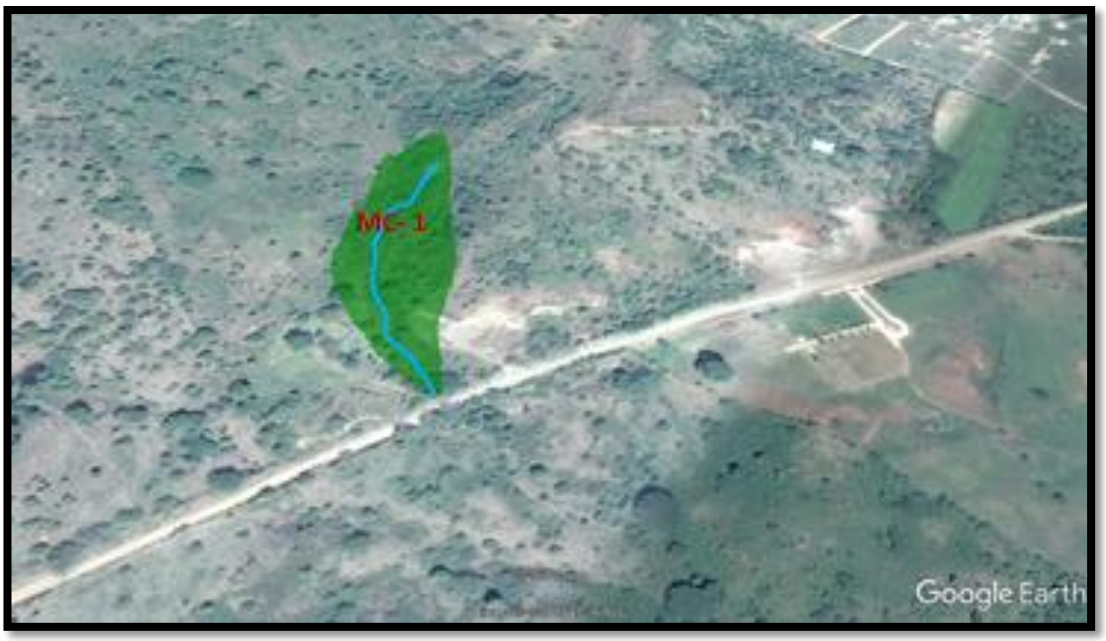


Fuente: Elaboración Propia.

Nota: La línea punteada en rojo muestra la sub-rasante considerada a 30 cm de profundidad.

Anexo Capítulo V: Estudio Hidrológico y diseño Hidráulico

Imagen 53. Micro Cuenca Identificada (MC-1).



Fuente: Google Earth.

Imagen 54. Micro Cuenca Identificada (MC-2, MC-3).



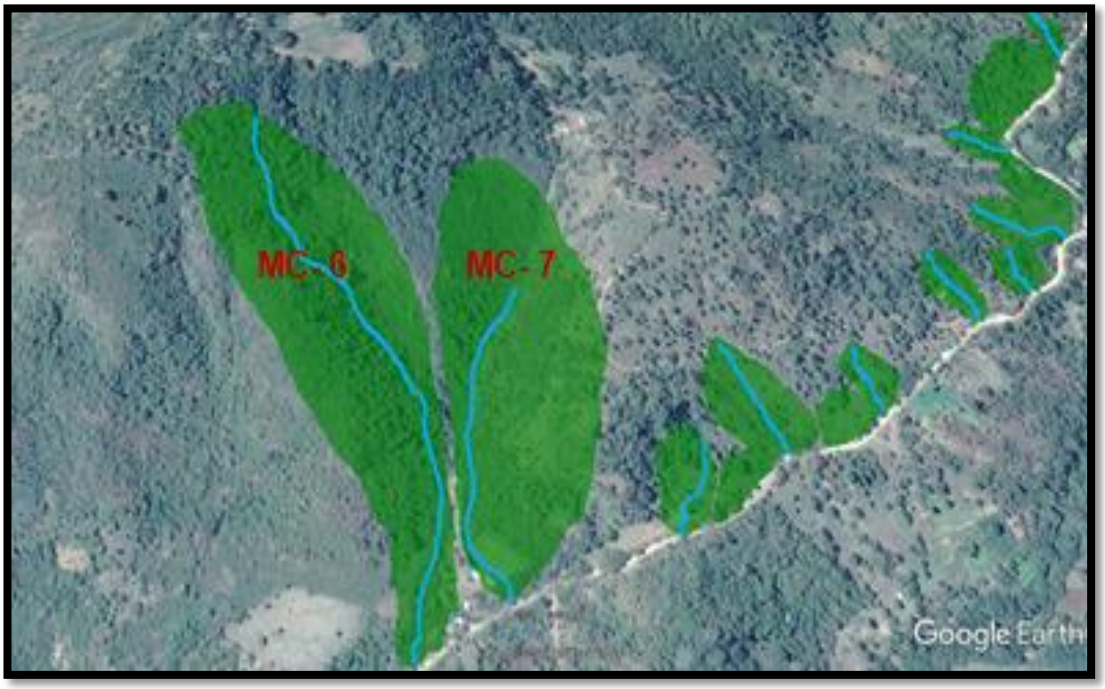
Fuente: Google Earth.

Imagen 55. Micro Cuenca Identificada (MC-4, MC-5).



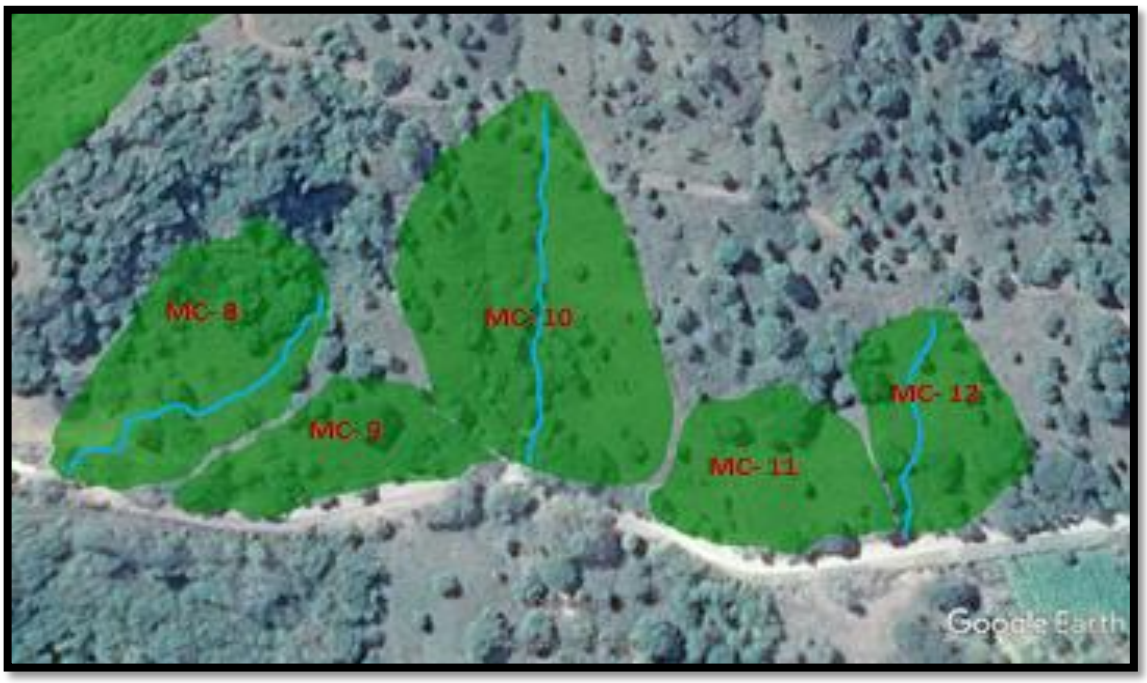
Fuente: Google Earth.

Imagen 56. Micro Cuenca Identificada (MC-6, MC-7).



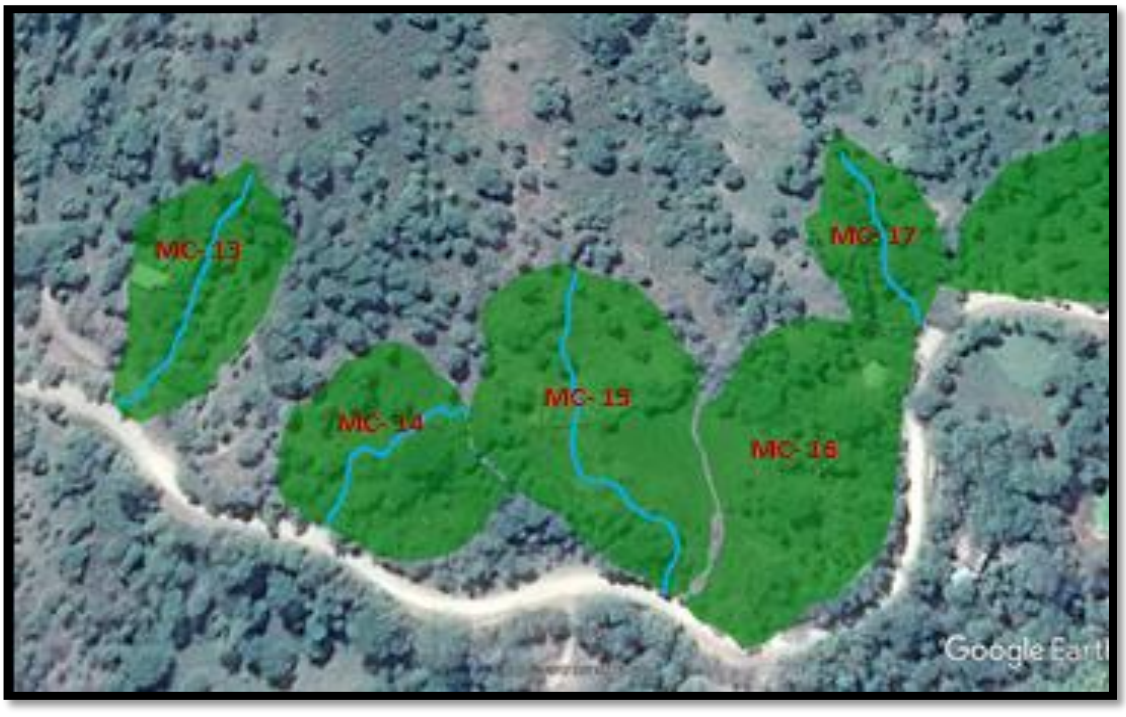
Fuente: Google Earth.

Imagen 57. Micro Cuenca Identificada (MC-8, MC-9, MC-10, MC-11,MC-12).



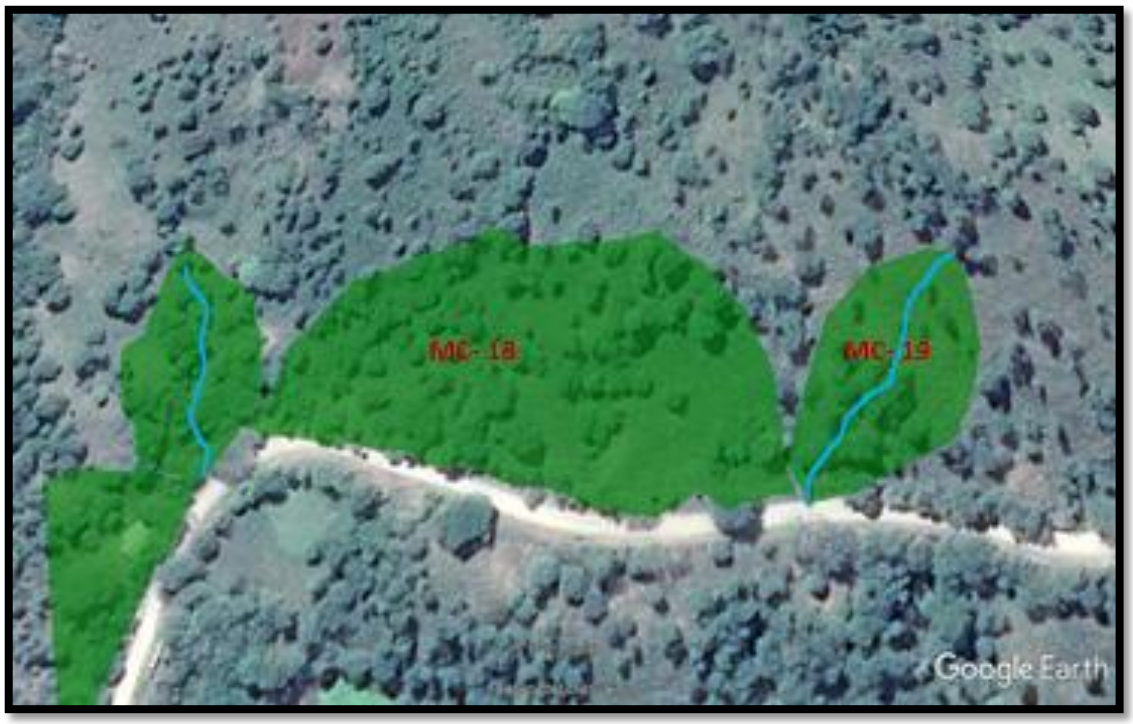
Fuente: Google Earth.

Imagen 58. Micro Cuenca Identificada (MC-13, MC-14, MC-15, MC-16, MC-17).



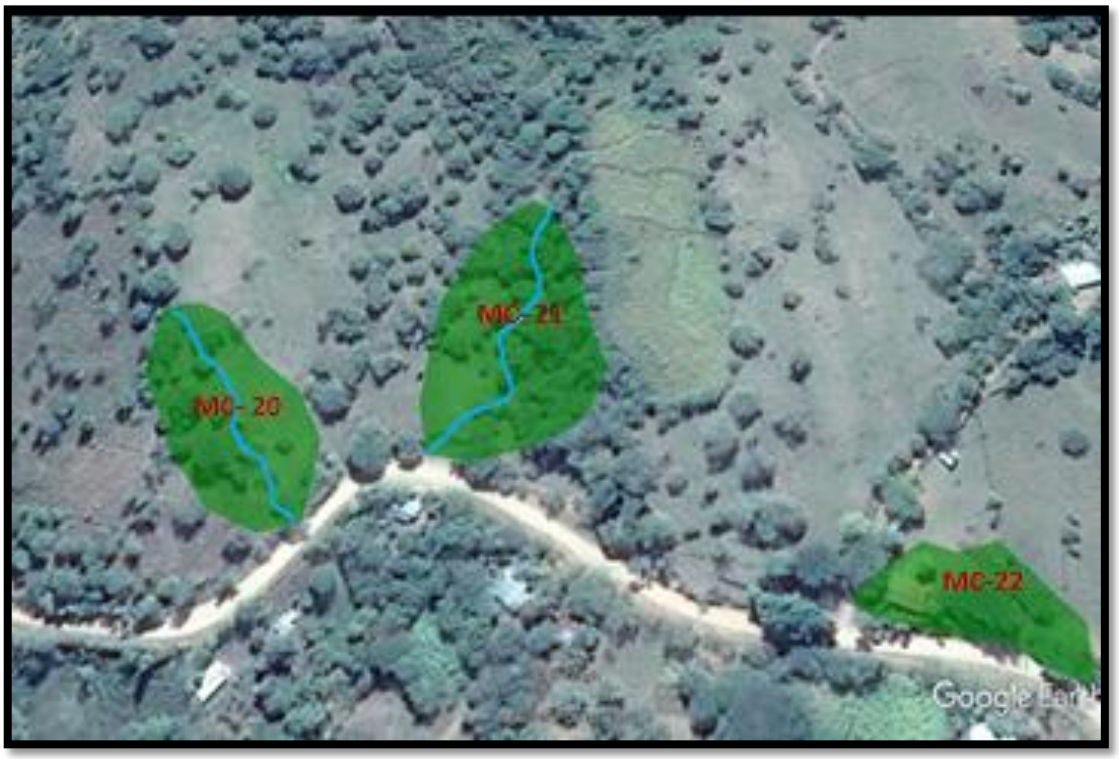
Fuente: Google Earth.

Imagen 59. Micro Cuenca Identificada (MC-18, MC-19).



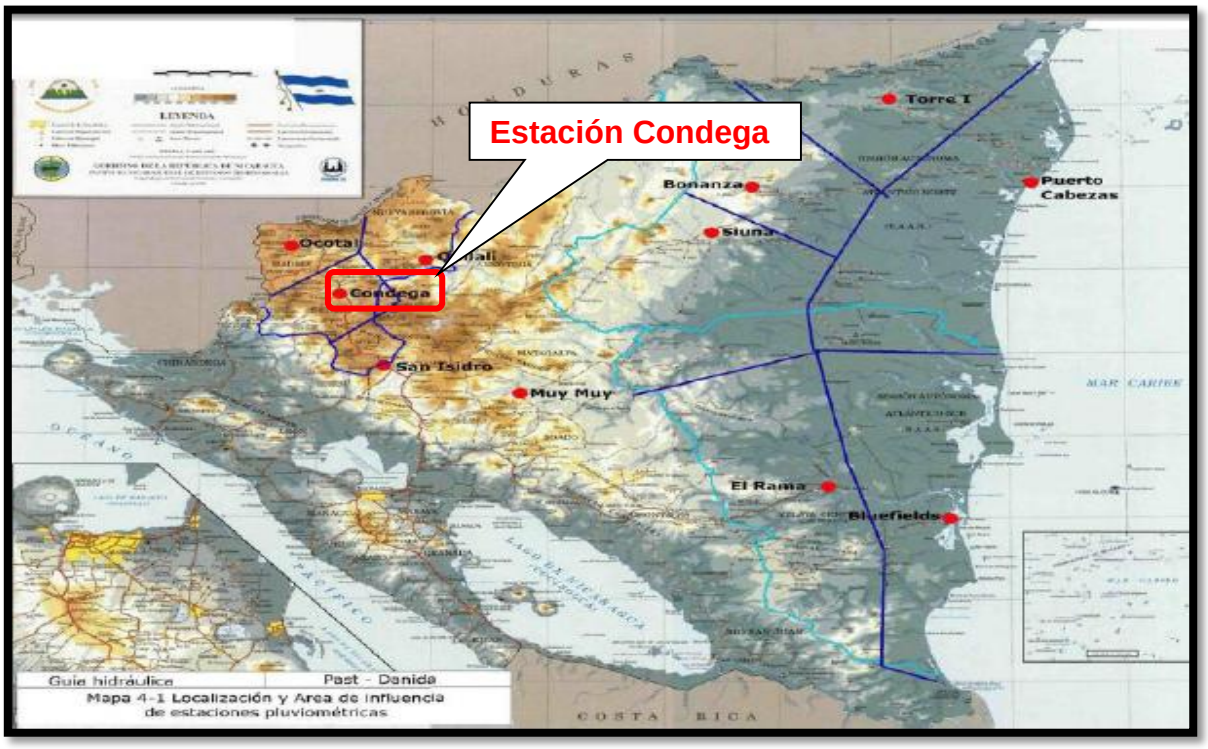
Fuente: Google Earth.

Imagen 60. Micro Cuenca Identificada (MC-20, MC-21, MC-22).



Fuente: Google Earth.

Imagen 61. Mapa de estaciones IDF.



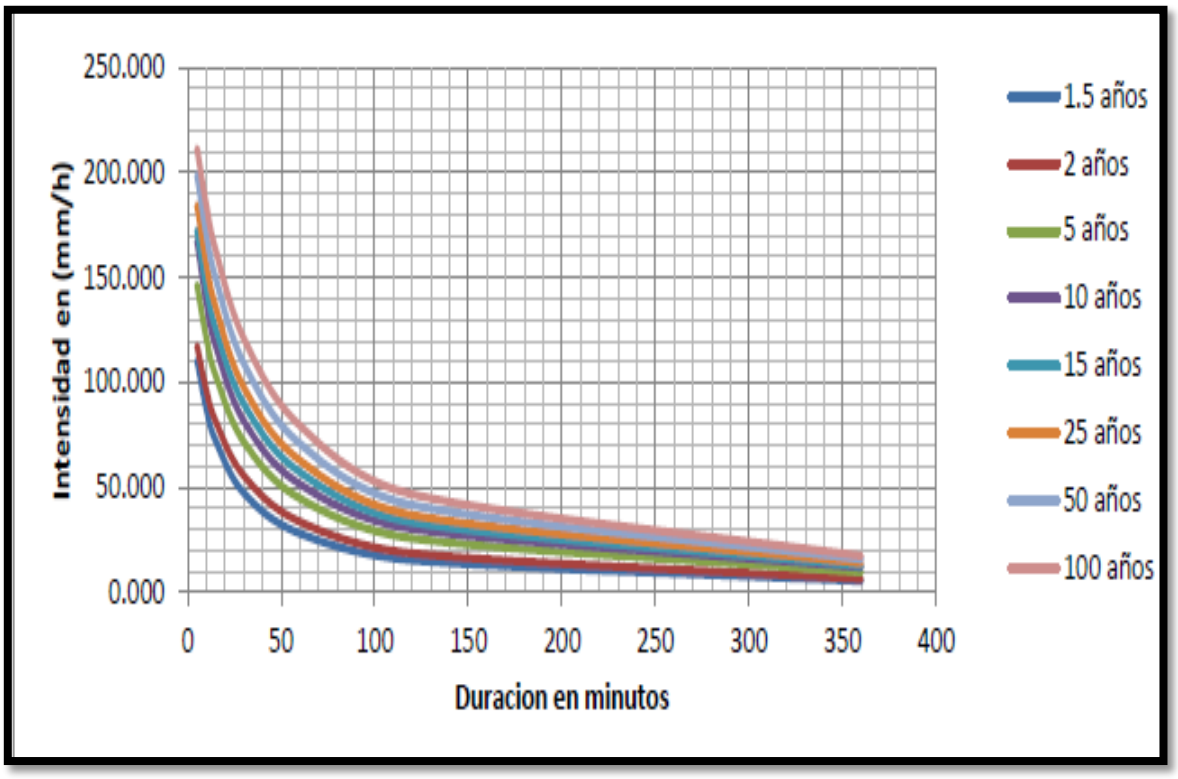
Fuente: INETER, Past– Danida.

Tabla 85. 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 40. Curvas IDF estación Condega.



Fuente: INETER, Past– Danida.

Fotos de Obras de Drenaje existente.

Foto 7. Alcantarilla MC-1.



Fuente: Propia.

Foto 8. Alcantarilla MC-2.



Fuente: Propia.

Foto 9. Alcantarilla MC-6.



Fuente: Propia.

Foto 10. Alcantarilla MC-7.



Fuente: Propia

Foto 11. Alcantarilla MC-10.



Fuente: Propia.

Foto 12. Alcantarilla MC-12.



Fuente: Propia.

Foto 13. Alcantarilla MC-13.



Fuente: Propia.

Foto 14. Alcantarilla MC-15.



Fuente: Propia.

Foto 15. Alcantarilla MC-17.



Fuente: Propia.

Foto 16. Alcantarilla MC-19.



Fuente: Propia.

Foto 17. Alcantarilla MC-20.



Fuente: Propia.

Foto 18. Alcantarilla MC-21.



Fuente: Propia.

GLOSARIO.

Adoquines: Son elementos construidos de material pétreo y cemento colocados sobre una capa de arena, su función primordial es absorber las irregularidades que pudiera tener la base proporcionando a los adoquines un acomodamiento adecuado.

Adoquinado: Tipo de pavimento cuya superficie de rodadura está formada por adoquines.

Agregados: Un material granular duro de composición mineralógica como la arena, la grava, la escoria o la roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

Agregado fino: Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general pasa la malla N° 4 (4,75 mm) y contiene finos.

Agregado grueso: Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general es retenida en la malla N°4 (4,75 mm).

Bache: Depresión que se forma en la superficie de rodadura producto del desgaste originado por el tránsito vehicular y la desintegración localizada.

Bombeo: Inclinación transversal que se construye en las zonas en tangente a cada lado del eje de la plataforma de una carretera con la finalidad de facilitar el drenaje lateral de la vía.

Banco de Material: Lugar donde se extraerá material de préstamo para ser utilizado en una obra civil, en el cual es necesario conocer el tipo de suelos existentes en dicha zona así como el volumen aproximado de material que pueda ser utilizable.

Base: Es la capa de espesor diseñado, constituyente de la estructura del pavimento destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito a las capas subyacentes y sobre la cual se coloca la carpeta de rodadura.

Calicata: Excavación superficial que se realiza en un terreno, con la finalidad de permitir la observación de los estratos del suelo a diferentes profundidades y eventualmente obtener muestras generalmente disturbadas.

Capa sub-rasante: Capa de terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se extiende hasta una profundidad en que no le afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Cama de Arena: Esta capa se construye de 5 centímetros, con arena suelta, gruesa y limpia la cual no se compacta antes de colocar los adoquines sobre ella.

Capacidad de carga ultima del terreno: Es la presión requerida para producir la falla del terreno, sin considerar factores de seguridad.

Carretera, Calle o Camino: Términos genéricos que designan una vía terrestre para fines de circulación de vehículos y que incluye la extensión total comprendida dentro del derecho de vía.

Carretera no pavimentada: Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural.

Carretera pavimentada: Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por mezcla bituminosa (flexible), de concreto Pórtland (rígida) o de adoquín (articulado).

Carpeta: Debe proporcionar una superficie de rodamiento adecuada con textura y color conveniente que resista los efectos abrasivos del tránsito, desde el punto de vista del objetivo funcional del pavimento es el elemento más importante.

CBR. (Relación de Carga California): Relación entre la presión necesaria para penetrar los primeros 0.25 cm en un material de prueba y la presión necesaria para penetrar la misma profundidad en un material de características conocidas o patrón.

Cota de rasante: Valor numérico de un punto topográfico que representa el nivel terminado o rasante referido a un BENCH MARK (BM).

Cota de terreno: Valor numérico de un punto topográfico del terreno referido a un BENCH MARK (BM).

Cuneta: Canalillo lateral paralelo al eje de una carretera, camino o calle construida inmediatamente después del borde de los hombros, que permite el escurrimiento del agua, y a la vez, sirve de barrera entre la calzada y la acera.

Elementos viales: Conjunto de componentes físicos de la vía, tales como superficie de rodadura, bermas, cunetas, obras de drenaje, elementos de seguridad vial.

Estación: Lugar o punto específico donde se realizan conteos, para conocer las características del tráfico, la que será útil para el desarrollo de carreteras.

Estación de control: Tienen por objeto conocer las variaciones diarias, semanales y estacionales; se realizan en caminos de adoquinado y asfalto, en tramos donde el tráfico es menor que una estación permanente. Sin embargo su principal función es de llevar un control de las estaciones Permanentes y en donde se les efectúan conteos una vez al año a diferencia que las estaciones sumarias.

Estación permanente: Se encuentran ubicadas sobre la Red Troncal Principal, destacándose la zona Central y Pacifica del país, efectuándose conteos clasificados de 24 horas por día durante dos periodos en el año (Verano-Invierno), con duración de 7 días consecutivos en cada período.

Estación sumaria: Se caracterizan por estar en caminos que no han sido pavimentados, con un flujo vehicular moderado.

En este tipo de estación se realiza como mínimo un aforo anual durante 12 horas diarias (de 6 am a 6 pm) en períodos de tres (Martes – Miércoles – Jueves) generalmente en todo el transcurso del año se efectúan en épocas de Verano y/o Invierno.

Estudio de impacto ambiental: Son herramientas para predecir y su objetivo es buscar las relaciones de causalidad entre una actividad de desarrollo y el medio ambiente, medir o estimar los impactos ambientales y sociales que esto significa, y finalmente sugerir medidas para potenciar los efectos positivos y mitigar o eliminar los negativos.

Intersección: Caso en que dos o más vías se interceptan a nivel o desnivel.

Índice de plasticidad: Contenido de agua de un suelo entre el estado plástico y el semisólido.

Levantamiento topográfico: Conjunto de operaciones de medidas efectuadas en el terreno para obtener los elementos necesarios y elaborar su representación gráfica.

Límite líquido: Contenido de agua del suelo entre el estado plástico y el líquido de un suelo.

Módulo resiliente (suelos): Esfuerzo repetido axial de desviación de magnitud, duración y frecuencias fijas, aplicado a un espécimen de prueba apropiadamente preparado y acondicionado.

Niveles de servicio: Indicadores que califican y cuantifican el estado de servicio de una vía, y que normalmente se utilizan como límites admisibles hasta los cuales pueden evolucionar su condición superficial, funcional, estructural, y de seguridad.

Pavimento: Es una capa o conjunto de capas de materiales seleccionados, comprendidos entre la subrasante y la superficie de rodamiento o rasante.

Pavimento articulado: Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricado, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual a su vez se apoya sobre la capa de base granular o directamente sobre la sub-rasante, dependiendo de la calidad de esta y de la magnitud y frecuencia de las cargas por dicho pavimento.

Pendiente de la carretera: Inclinación del eje de la carretera, en el sentido de avance.

Proyecto: La sección específica de la carretera, camino, calle o puente, junto con todas las obras que serán construidas.

Sección transversal: Representación gráfica de una sección de la carretera en forma transversal al eje y a distancias específicas.

Sub- base: Se coloca para absorber deformaciones perjudiciales de la terracería, también actúa como dreno para desalojar el agua que se infiltra al pavimento y para impedir la ascensión capilar del agua procedente de la terracería hacia la base.

Sub- rasante: Es el nivel del terreno sobre el cual se asientan las capas de sub-base, base y carpeta del pavimento. Corresponde al nivel de lo que se conoce como terracería.

Suelo: Es un agregado natural no cementado de granos minerales y materia orgánica en descomposición, con líquido y gas en los espacios vacíos entre las partículas que lo constituyen.

Terraplén: Es aquella parte de la estructura de una obra vial construida con material producto de un corte o un préstamo, la cual queda comprendida entre el terreno de fundación y el pavimento.

Tránsito: Circulación de personas y vehículos por calles, carreteras

Vida útil: Lapso de tiempo previsto en la etapa de diseño de una obra vial, en el cual debe operar o prestar servicios en condiciones adecuadas bajo un programa de mantenimiento establecido.