UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

"DISEÑO DE PAVIMENTO ARTICULADO DEL TRAMO EMPALME EL AMPARO Y SAN JUAN DEL MUNICIPIO DE SAN SEBASTIÁN DE YALI, DEPARTAMENTO DE JINOTEGA CORRESPONDIENTE A LAS ESTACIONES 0+000 A 4 +000, POR MÉTODO DE LA AASHTO-93."

Para optar al título de ingeniero civil.

Autores:

Br. Wendy Julissa Valle López.

Br. Katherin Paola Escoto Calderón.

Br. Darling Elizabeth Reyes Gómez.

Tutor:

Msc. Ing. Jimmy Sierra Mercado.

Managua, Noviembre del 2017.

Managua, 14 Noviembre 2017

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 tesina que lleva por nombre: **"DISEÑO DE PAVIMENTO ARTICULADO DEL TRAMO EMPALME EL AMPARO Y SAN JUAN DEL MUNICIPIO DE SAN SEBASTIÁN DE YALI, DEPARTAMENTO DE JINOTEGA CORRESPONDIENTE A LAS ESTACIONES 0+000 A 4 +000, POR MÉTODO DE LA AASHTO-93",** está lista para entrar en el proceso de defensa, la cual fue realizada por los Bachilleres : **Wendy Julissa Valle López, Katherin Paola Escoto Calderón y Darling Elizabeth Reyes Gómez**,bajo mi tutoría.

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

Sin más a que hacer referencia, le saludo.

Atentamente,

_____
Ing. Jimmy Sierra Mercado.

CC: Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC-FTC-REF-No.104
Managua, Julio 17 del 2017

Bachilleres
WENDY JULISSA VALLE LÓPEZ
KATHERIN PAOLA ESCOTO CALDERÓN
DARLING ELIZABETH REYES GÓMEZ
Su atención

Estimados Bachilleres:

Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su Tema **MONOGRAFICO** titulado **"DISEÑO DE PAVIMENTO ARTICULADO DEL TRAMO EMPALME EL AMPARO Y SAN JUAN DE MUNICIPIO DE SAN SEBASTIÁN DE YALI, DEPARTAMENTO DE JINOTEGA CORRESPONDINTE A LAS ESTACIONES 0+000 A 4 +000, POR MÉTODO DE LA 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 **18 de Enero del 2018.**

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

Atentamente,

Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano

CC: Protocolo
Tutor
Archivo*Consecutivo
IJGG*Dara

DEDICATORIA.

A Dios: por ser el rey de reyes, creador del universo, por regalarnos la vida, paz, salud, inteligencia, fuerzas físicas y espirituales para que sigamos luchando día a día y poder vencer todos los obstáculos que se nos han presentado, para alcanzar nuestros sueños.

A nuestros queridos padres y demás familiares por el amor e incondicional apoyo con consejos y aliento en cada momento de nuestras vidas, que durante mi formación personal y profesional me inspiraron para seguir adelante sin temor a los retos.

Br. Wendy Julissa Valle López.

Br. Katherin Paola Escoto Calderón.

Br. Darling Elizabeth Reyes Gómez.

AGRADECIMIENTO.

A Dios: sobre todas las cosas por darnos la paz, salud, inteligencia, fuerzas físicas y espirituales para culminar nuestros estudios y seguir adelante en nuestras vidas.

A nuestras familias. De manera especial a nuestras familias, pilar esencial en nuestro desarrollo moral y educativo.

A nuestro tutor. Msc. Ing. Jimmy Sierra Mercado por dedicarnos tiempo y compartir sus conocimientos para orientarnos en la realización de este trabajo.

A nuestros Maestros. Por darnos el pan de la enseñanza y transmitirnos sus conocimientos a través de su trabajo.

A todos los que nos brindaron sus importantes aportes en este proyecto.

Agradecemos también a todas aquellas personas que a lo largo de todos estos años, nos acogieron como parte de su familia, nos brindaron su ayuda incondicional y nos apoyaron en los momentos más difíciles.

Br. Wendy Julissa Valle López

Br. Katherin Paola Escoto Calderón

Br. Darling Elizabeth Reyes Gómez

RESUMEN EJECUTIVO.

El presente trabajo monográfico, comprende todos los criterios y estudios técnicos necesarios para la realización del proyecto titulado: "**DISEÑO DE PAVIMENTO ARTICULADO DEL TRAMO EMPALME EL AMPARO Y SAN JUAN DEL MUNICIPIO DE SAN SEBASTIÁN DE YALI, DEPARTAMENTO DE JINOTEGA CORRESPONDIENTE A LAS ESTACIONES 0+000 A 4 +000, POR MÉTODO DE LA AASHTO-93".**

Este trabajo consta de cinco capítulos, donde cada uno aborda un tema específico.

CAPÍTULO I. GENERALIDADES.

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

CAPÍTULO II: ESTUDIO DE TRÁFICO.

Contempla el estudio de tránsito, obtenido mediante un aforo manual en el tramo carretera conociendo así el volumen y composición vehicular, el aforo vehicular se realizó durante 7 días sobre la vía, con una duración de 12 horas consecutivas cada día (6:00 am - 6:00 pm).

Se obtuvo el Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) de **195 vehículos/día**, posteriormente se analizaron las estadísticas nacionales sobre el Producto Interno Bruto (PIB), el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) y crecimiento Poblacional, para determinar la tasa de crecimiento a utilizar, la cual fue de **4.72%.** Al proyectar el tráfico actual, considerando un periodo de diseño de 15 años, se obtuvo el número de repeticiones por eje equivalente (ESAL's) de **454,103.00**.

CAPÍTULO III: ESTUDIO GEOTÉCNICO.

Se determinaron las características del terreno a lo largo del tramo en estudio, por medio de los ensayes de laboratorio aplicados a cada una de las muestras extraídas, de acuerdo, a los resultados los materiales que predominan son suelos arcillosos del tipo **A-7-5**, **A-7-6**; en cambio el banco de materiales escogido para Base está conformado por materiales granulares, correspondiente a arenas limosas, que se clasifican del tipo **A-2-4**,con un valor de soporte **CBR** de **68.2%,** el banco de materiales escogido para Sub-base está conformado por materiales granulares, correspondiente a arenas limosas, que se clasifican del tipo **A-2-4**,con un valor de soporte **CBR** de **64.7%.** Utilizando los datos de los resultados de los ensayes de línea se elabora el gráfico donde se determina el CBR de Diseño para la sub-rasante, resultando un valor igual a **5.3%.**

La información necesaria del banco de material disponible cerca de la zona, fue facilitada por el tutor en colaboración con la firma Ingenieria, Desarrollo, Inversiones, S.A(IDISA S.A).

CAPÍTULO IV: ESTUDIO HIDROLOGICO Y DISEÑO HIDRAULICO.

El desarrollo de este capítulo primeramente comprende un estudio hidrológico del tramo para las obras de drenajes nuevas que se propusieron en puntos críticos a lo largo de la vía, donde se determinó el caudal de diseño de la obra de drenaje vial, que puede ser igualado o excedido a una probabilidad de ocurrencia, lo cual se analizó para un periodo de retorno para cunetas 25 años, Alcantarillas 15 años y Vados 2 año. Se identificaron un total de 22 sub-cuenca a lo largo del tramo y el tipo de obra de drenaje menor que se necesita implementada en cada una de ellas.

Para el diseño hidráulico se utilizó el programa Hcanales se obtuvieron los tirantes hidráulico necesarios para saber si las dimensiones propuesta tendrán a capacidad hidráulica para soportar los caudales resultantes del estudio hidrológico

CAPÍTULO V: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO.

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

El paquete estructural para el tramo dio como resultado: una capa de rodamiento de **4.00 pulgadas** (espesor estándar del adoquín de concreto e 3,500 psi), una base granular mejorada con cemento de **4.00 pulgadas** y una Sub-base granular de **4.00 pulgadas**. Este paquete cumple con los requerimientos mínimos establecidos por la AASHTO 93 y la Nic-2000.

CAPÍTULO VI: COSTO Y PRESUPUESTO.

Se presenta la estimación de los costos para cada una de las etapas, que fue de un total de **C$ 18,468,255.31** antes de impuestos, al sumarles el 1% de impuesto municipal, el 15% de IVA, el 12% de utilidades, y el 2% de IR.

El costo total de proyecto asciende a un monto de **C$ 24,008,731.90** córdobas equivalentes a **$ 778,240,731.88** dólares, para ello se utilizó una tasa de cambio de **C$30.85** que equivale a $1(un dólar americano).

INDICE GENERAL.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN. 1
1.1.1. Macro Localización. 2
1.1.2. Micro Localización. 3
1.2. ANTECEDENTES. 4
1.3. JUSTIFICACIÓN. 5
1.4. OBJETIVOS 6
1.4.1. Objetivo General. 6
1.4.2. Objetivos Específicos. 6

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE TRÁFICO

2.1. Introducción. 7
2.2. Recopilación de datos. 7
2.3. Clasificación de vehículos 8
2.3.1. Vehículos livianos. 8
2.3.2. Vehículos pesados de pasajeros. 8
2.3.3. Vehículos pesados de carga 8
2.4. Procesamiento de datos. 9
2.4.1. Tránsito Promedio Diurno. 9
2.4.2. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA). 10
2.5. Proyección del tránsito 12
2.5.1. Tasa de crecimiento vehicular (Tc). 12
2.5.2. Tasa de Crecimiento poblacional. 15
2.5.3. Tasa de crecimiento del Producto interno bruto (PIB). 16
2.6. Selección de la Tasa de Crecimiento. 16
2.7. Tránsito de Diseño. 21
2.7.1. Período de diseño (N). 21
2.7.2. Factor direccional (FD). 22
2.7.3. Factor de Crecimiento (FC). 22

2.7.4. Factor de distribución por carril. 23
2.7.5. Determinación del tránsito de diseño. 23
2.8. Índice de Serviciabilidad. 24
2.9. Pérdida de serviciabilidad (ΔPSI). 25
2.10. Número Estructural Asumido (SN). 25
2.11. Factor de Equivalencia (FESAL). 25
2.12. Ejes Equivalentes (ESAL o W18). 27

CAPÍTULO III

ESTUDIO GEOTÉCNICO

3.1. Introducción. 29
3.2. Propiedades Consideraciones para elección del banco a utilizar. 30
3.2.1. Base. 30
3.2.2. Sub-Base. 30
3.2.3. Sub-rasante o Terreno Natural. 31
3.3. Trabajos de campo y laboratorio. 32
3.3.1. Ensayos de suelo en línea. 32
3.4. Características de los suelos. 32
3.5. Investigación de bancos de materiales. 41
3.6. Resultados de los ensayes de Laboratorio realizados a los Bancos 42
3.7. Estabilización con cemento del material del Banco de préstamo No. 1. 44
3.8. Determinación del CBR de Diseño de subrasante. 46

CAPÍTULO IV

ESTUDIO HIDROLOGICO Y DISEÑO HIDRAULICO

4.1. Metodología. 49
4.1.1. Parámetros para el cálculo del caudal por el método racional. 49
4.1.1.1. Límites de la Cuenca de drenaje. 49
4.1.1.2. División de la cuenca en sub-cuencas. 49
4.1.1.3. Intensidad Duración Frecuencia (IDF). 49
4.1.1.4. Período de Retorno. 52
4.1.1.5. Caudal (Q). 53
4.1.1.6. Coeficiente de Escorrentía. 54

4.1.1.7. Pendiente (Sc). 55
4.1.1.8. Tiempo de Concentración (tc). 56
5.1.1.9. Intensidad de lluvia. 56
4.1.1.10. Hidrograma Triangular Sintético. 58
4.2. Diseño Hidráulico. 67
4.2.1. Coeficiente de Rugosidad (n). 68
4.2.2. Cunetas. 68
4.2.3. Vados. 77
4.2.4. Dimensionamiento de Alcantarillas H canales. 82
4.2.5. Diseño Final de Cunetas, Vados y Alcantarillas. 84

CAPÍTULO V

DISEÑO DE PAVIMENTO ARTICULADO

5.1. Introducción. 87
5.2. Método para el Diseño de Pavimento Articulado(AASHTO 93). 87
5.3. Variables a considerar en el Método de diseño AASHTO 93. 88
5.3.1. Confiabilidad (R). 88
5.3.2. Desviación estándar. 88
5.3.3. Serviciabilidad. 89
5.3.4. Módulo de Resiliencia de la subrasante (Mr). 89
5.3.5. Coeficiente de drenaje. 90
5.3.6. Coeficientes de las capas estructurales. 91
5.3.7. Números estructurales aportados y determinación de espesores. 94
5.4. Uso del programa WinPAS. 98

CAPÍTULO VI

COSTO YPRESUPUESTO

6.1. Estimación de Costo y de la Inversión total de la Obra. 102
6.1.1. Costos Directos. 102
6.1.2. Costos indirectos. 102
6.2. Procedimiento Metodológico para la Determinación de los Costos. 103
6.2.1. Preliminares. 104
6.2.2. Movilización. 104

6.2.3. Movimiento de Tierra. 104
6.2.4. Revestimiento de la Calzada. 106
6.2.5. Carpeta de Rodamiento. 106
6.2.6. Drenaje Menor. 107
6.3. Take Off. 111
CONCLUSIONES. 113
RECOMENDACIONES. 116
BIBLIOGRAFIA. 117

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A

Imagen No. 43: Empalme El Amparo, Estación 0+000. I
Foto No1. Quebrada de la comunidad. Est0+280. I
Foto No2. Curvas definidas en el camino. Est 1+600. II
Foto No3. Situación actual del camino. Est 2+840. II
Foto No4. Situación actual del camino. Est 2+840. III

ANEXO B

Tabla No.75: Formato utilizado para realizar aforo vehicular. IV
Tabla No.76: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (Lunes). IV
Tabla No.77: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (Martes). V
Tabla No.78: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (Miércoles). V
Tabla No.79: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (Jueves). V
Tabla No.80: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (Viernes). VI
Tabla No.81: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (Sábado. VI
Tabla No.82: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (Domingo). VI
Tabla No.83: Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Tráfico VII
Tabla No.84: Listados Históricos estación N°300. VIII
Tabla No.85: Listados Históricos estación N°305 VIII
Gráfico No.41: Informe Anual del año 2015 del Banco Central de Nicaragua. IX
Gráfico No.42: Informe Anual del año 2015 del Banco Central de Nicaragua. IX
Tabla No.86: Factores 2015 (Estación Nº300). X
Tabla No.87: Diagrama de cargas para Vehículos Liviano y Pasajeros. X

Tabla No.88: Diagrama de cargas permisibles para Vehículos Pesados. XI
Tabla No.89: Factores Equivalentes de Cargas, Ejes Simples.....XII
Tabla No.90: Factores Equivalentes de Cargas, Ejes Dobles. XIII
Tabla No.91: Pesos por Ejes por tipo de vehículos. XIV

ANEXO C

Tabla No.92: Clasificación AASHTO XVI
Tabla No.93: Sondeos de línea realizados (Sondeo 1). XVI
Tabla No.94: Sondeos de línea realizados (Sondeo 2). XVII
Tabla No.95: Sondeos de línea realizados (Sondeo 3). XVIII
Tabla No.96: Sondeos de línea realizados (Sondeo 4). XIX
Tabla No.97: Sondeos de línea realizados (Sondeo 5). XX
Tabla No.98: Ensayes de laboratorio de los bancos de laboratorio..... XXI
Gráfico No.43: Comparativa entre sondeos (EST. 0+000). XXII
Gráfico No.44: Comparativa entre sondeos (EST. 1+000). XXII
Gráfico No.45: Comparativa entre sondeos (EST. 2+000). XXIII
Gráfico No.46: Comparativa entre sondeos (EST. 3+000). XXIII
Gráfico No.47: Comparativa entre sondeos (EST. 4+000). XXIV

ANEXO D

Imagen No.44: Sub-cuencas Hidrográficas. XXIV
Imagen No.45: Sub-cuencas Hidrográficas. XXV
Imagen No.46: Sub-cuencas Hidrográficas. XXV

ANEXO E

Imagen No.47: Sección trasversal (Est. 0+000). XXVI
Imagen No.48: Sección trasversal (Est. 0+500). XXVI
Imagen No.49: Sección trasversal (Est. 1+000). XXVII
Imagen No.51: Sección trasversal (Est. 1+500). XXVII
Imagen No.52: Sección trasversal (Est. 2+000). XXVIII
Imagen No.53: Sección trasversal (Est. 2+500). XXVIII
Imagen No.54: Sección trasversal (Est. 3+000). XXIX
Imagen No.55: Sección trasversal (Est. 3+500). XXIX

Imagen No.56: Sección trasversal (Est.4+000). XXX
Imagen No.57: Detalle de Perfil Transversal. XXX

INDICE DE TABLAS CAPÍTULO II

Tabla No. 1 Conteo Vehicular Ambos Sentidos……. 9
Tabla No. 2 Cálculo del tránsito promedio diario anual……. 11
Tabla No. 3 Datos de TPDA Estación Nº305…….. 13
Tabla No. 4 Datos de TPDA EMC……. 14
Tabla No. 5 Tasas de Crecimiento Poblacional…….. 15
Tabla No. 6 Tasas de crecimiento del PIB……... 16
Tabla No. 7 Datos Históricos (Logaritmo Natural)…….. 17
Tabla No. 8 Tasa de crecimiento Seleccionada……. 21
Tabla No. 9 Período de diseño (N)…… 21
Tabla No. 10 Factor de distribución por dirección (FD)…… 22
Tabla No. 11 Factor de distribución por carril…… 23
Tabla No. 12 Tránsito de Diseño……. 24
Tabla No. 13 Interpolación Lineal 2.2……. 25
Tabla No. 14 Interpolación Lineal 4.4……. 26
Tabla No. 15 Interpolación Lineal 8.8……. 26
Tabla No. 16 Interpolación Lineal 9.9……. 26
Tabla No. 17 Interpolación Lineal 11…….. 26
Tabla No. 18 Interpolación Lineal 17.6……... 27
Tabla No. 19 Interpolación Lineal 19.8……... 27
Tabla No. 20 Interpolación Lineal 36.3……... 27
Tabla No. 21 Cálculo de ejes equivalentes de 18 kips (8.2 Ton)…… 28

INDICE DE TABLAS CAPÍTULO III

Tabla No. 22 Ensayes practicados……..... 29
Tabla No. 23 Especificaciones de materiales para base granular…….. 30
Tabla No. 24 Especificaciones de materiales para sub-base…….. 31
Tabla No. 25 Especificaciones de materiales de terraplenes y capa de sub-rasante….. 31
Tabla No. 26 Sondeos realizados a lo largo del proyecto……. 34
Tabla No. 27 Sondeos realizados a lo largo del proyecto……. 35
Tabla No. 28 Sondeos realizados a lo largo del proyecto…….. 36
Tabla No. 29 Resultados de los Ensayes realizados en Bancos de Materiales…… 42
Tabla No. 30 Granulometría y CBR……..... 42
Tabla No. 31 Requisitos que debe cumplir el banco No.1……. 43
Tabla No. 32 Requisitos que debe cumplir el banco No. 2…… 44
Tabla No. 33 Estabilización con Cemento Portland…… 45

Tabla No. 34 Criterio del Instituto del Asfalto para determinar el CBR de Diseño…….. 46
Tabla No. 35 Valores utilizados para el diseño de CBR de diseño…….. 47

INDICE DE TABLAS CAPÍTULO IV

Tabla No. 36 Factores de ajuste para la estación de Condega…… 51
Tabla No. 37 Intensidades para la estación de Condega…… 51
Tabla No. 38 Criterios para cálculo de Coeficiente de escorrentía “C”…….. 54
Tabla No. 39 Datos de Us, Ts y Pt……... 55
Tabla No. 40 Valores a utilizar de A, d y b…….. 57
Tabla No. 41 Caudales de diseño…… 57
Tabla No. 42 Datos para Hidrogramas Triangular Sintético (Cunetas)…….. 58
Tabla No. 43 Datos para Hidrogramas Triangular Sintético (Cunetas)…….. 58
Tabla No. 44 Datos para Hidrogramas Triangular Sintético (Cunetas)…….. 59
Tabla No. 45 Datos para Hidrogramas Triangular Sintético (Cunetas)…….. 59
Tabla No. 46 Datos para Hidrogramas Triangular Sintético (Vado)……... 64
Tabla No. 47 Datos para Hidrogramas Triangular Sintético (Alcantarillas)……... 66
Tabla No. 48 Coeficientes de rugosidad (n)……... 68
Tabla No. 49 Tirantes hidráulicos para cunetas…… 84
Tabla No. 50 Tirantes hidráulicos para vados…… 85
Tabla No. 51 Tirantes hidráulicos para alcantarillas……. 86

INDICE DE TABLAS CAPÍTULO V

Tabla No. 52 Niveles de confiabilidad recomendado por la AASHTO……... 88
Tabla No. 53 Desviación estándar para pavimentos rígidos y flexibles……. 89
Tabla No. 54 Ecuaciones de correlación……. 89
Tabla No. 55 Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles……... 90
Tabla No. 56 Espesores mínimos recomendados……. 97

INDICE DE TABLAS CAPÍTULO VI

Tabla No. 57 Limpieza de derecho de vía…… 104
Tabla No. 58 Acarreo de material selecto y explotación de banco…….. 105
Tabla No. 59 Descapote de banco…… 105
Tabla No. 60 Relleno de la base y sub-base…….. 105
Tabla No. 61 Acarreo…….. 105
Tabla No. 62 Estabilización de Base…… 106

Tabla No. 63 Revestimiento…….. 106
Tabla No. 64 Nivelación……. 106
Tabla No. 65 Carpeta de Rodamiento Adoquín 3500 PSI…… 107
Tabla No. 66 Trazo y Nivelación /Construcción de Concreto Ciclópeo……. 107
Tabla No. 67 Limpieza y Rectificación de Cuneta en V con Motoniveladora…… 108
Tabla No. 68 Trazo y Nivelación de Vados……. 108
Tabla No. 69 Volumen de la Losa 2500 PSI y Diente Mezclado a Mano…….. 109
Tabla No. 70 Volumen de Concreto Ciclópeo de 2500 PSI de la Losa……. 109
Tabla No. 71 Excavación para Alcantarilla……. 109
Tabla No. 72 Construcción de Cabezales de Alcantarillas Nueva…….. 110
Tabla No. 73 Colocación de Lecho de Arena para Instalar Alcantarillas Nueva…….. 110
Tabla No. 74 Take-off……. 111

INDICE DE GRÁFICOS CAPÍTULO II

Gráfico No. 1 Comportamiento del tráfico (Amparo-San Juan) …….. 10
Gráfico No. 2 Composición del tráfico…….. 12
Gráfico No. 3 Correlación TPDA Estación No. 305…… 13
Gráfico No. 4 Correlación TPDA EMC No. 300…….. 14
Gráfico No. 5 Correlación TPDA vs Pob…….. 18
Gráfico No. 6 Correlación LN TPDA vs LN Pob…….. 18
Gráfico No. 7 Correlación TPDA vs PIB…….. 19
Gráfico No. 8 Correlación LN TPDA vs LN PIB…….. 19

INDICE DE GRÁFICOS CAPÍTULO III

Gráfico No. 9 Estratigrafía (Sondeo No.1 al Sondeo No.5) …….. 37
Gráfico No.10 Estratigrafía (Sondeo 6 al sondeo 9) ……... 38
Gráfico No.11 Estratigrafía (Sondeo 10 al sondeo 13) …….. 39
Gráfico No.12 Estratigrafía (Sondeo 14 al sondeo 17) …….. 40
Gráfico No.13 CBR de Diseño para la Sub-rasante…… 48

INDICE DE GRÁFICOS CAPÍTULO IV

Gráfico No. 14 Curvas IDF estación Condega…… 52
Gráfico No. 15 Hidrograma Sub-Cuenca - 1…… 59
Gráfico No. 16 Hidrograma Sub-Cuenca - 2…… 60
Gráfico No. 17 Hidrograma Sub-Cuenca - 4…… 60
Gráfico No. 18 Hidrograma Sub-Cuenca - 5…… 60
Gráfico No. 19 Hidrograma Sub-Cuenca - 7…… 61
Gráfico No. 20 Hidrograma Sub-Cuenca - 8…… 61
Gráfico No. 21 Hidrograma Sub-Cuenca - 10…….. 61
Gráfico No. 22 Hidrograma Sub-Cuenca - 11……. 62
Gráfico No. 23 Hidrograma Sub-Cuenca - 13……. 62

Gráfico No. 24 Hidrograma Sub-Cuenca - 14…… 62
Gráfico No. 25 Hidrograma Sub-Cuenca - 16…… 63
Gráfico No. 26 Hidrograma Sub-Cuenca - 17…… 63
Gráfico No. 27 Hidrograma Sub-Cuenca - 19…… 63
Gráfico No. 28 Hidrograma Sub-Cuenca - 20…… 64
Gráfico No. 29 Hidrograma Sub-Cuenca - 22…… 64
Gráfico No. 30 Hidrograma Sub-Cuenca - 6…… 65
Gráfico No. 31 Hidrograma Sub-Cuenca - 9…… 65
Gráfico No. 32 Hidrograma Sub-Cuenca - 12…… 65
Gráfico No. 33 Hidrograma Sub-Cuenca - 15…… 66
Gráfico No. 34 Hidrograma Sub-Cuenca - 21…… 66
Gráfico No. 35 Hidrograma Sub-Cuenca - 3…… 67
Gráfico No. 36 Hidrograma Sub-Cuenca - 18…… 67

INDICE DE GRÁFICOS CAPÍTULO V

Gráfico No. 37 Nomograma para cálculo de a2 para suelo cemento…… 92
Gráfico No. 38 Nomograma para cálculo de a3…… 93
Gráfico No. 39 Abaco de diseño AASHTO(SN2) …… 95
Gráfico No. 40 Abaco de diseño AASHTO(SN3) …… 96

INDICE DE IMÁGENES CAPÍTULO I

Imagen No. 1 Macro Localización …….. 2
Imagen No. 2 Micro Localización …….. 3

INDICE DE IMÁGENES CAPÍTULO IV

Imagen No. 3 Mapa de estaciones IDF…….. 50
Imagen No. 4 Cuneta Sub-Cuenca-1 Est 0+000 - Est 0+140…… 69
Imagen No. 5 Cuneta Sub-Cuenca-2 Est 0+220 - Est 0+280…… 70
Imagen No. 6 Cuneta Sub-Cuenca-4 Est 0+280-Est 0+340…….. 70
Imagen No. 7 Cuneta Sub-Cuenca-5 Est 0+380 - Est 0+456…… 71
Imagen No. 8 Cuneta Sub-Cuenca-7 Est 0+456 - Est 0+560…… 71
Imagen No. 9 Cuneta Sub-Cuenca-8 Est 0+960 - Est 1+044…… 72
Imagen No. 10 Cuneta Sub-Cuenca-10 Est 1+044 - Est 1+200…….. 72
Imagen No. 11 Cuneta Sub-Cuenca-11 Est 1+958 - Est 2+000…….. 73
Imagen No. 12 Cuneta Sub-Cuenca-13 Est 2+000 - Est 2+100…….. 73
Imagen No. 13 Cuneta Sub-Cuenca-14 Est 2+950 - Est 3+088…….. 74
Imagen No. 14 Cuneta Sub-Cuenca-16 Est 3+088 - Est 3+125…….. 74
Imagen No. 15 Cuneta Sub-Cuenca -17 Est 3+426 - Est 3+619…… 75
Imagen No. 16 Cuneta Sub-Cuenca -19 Est 3+619 - Est 3+770…… 75
Imagen No. 17 Cuneta Sub-Cuenca -20 Est 3+715 - Est 3+844…… 76

Imagen No. 18 Cuneta Sub-Cuenca-22 Est 3+844 - Est 3+900…….. 76
Imagen No. 19 Vado Sub-Cuenca-6 (Tirante Normal) Est 0+456…… 77
Imagen No. 20 Vado Sub-Cuenca-6 (Tirante Critico) Est 0+456……. 78
Imagen No. 21 Vado Sub-Cuenca-9 (Tirante Normal) Est 1+044…… 78
Imagen No. 22 Vado Sub-Cuenca-9 (Tirante Critico) Est 1+044……. 79
Imagen No. 23 Vado Sub-Cuenca -12 (Tirante Normal) Est 2+000……. 79
Imagen No. 24 Vado Sub-Cuenca -12 (Tirante Critico) Est 2+000…….. 80
Imagen No. 25 Vado Sub-Cuenca -15 (Tirante Normal) Est 3+088……. 80
Imagen No. 26 Vado Sub-Cuenca -15 (Tirante Critico) Est 3+088…….. 81
Imagen No. 27 Vado Sub-Cuenca -21 (Tirante Normal) Est 3+844……. 81
Imagen No. 28 Vado Sub-Cuenca -21 (Tirante Critico) Est 3+844…….. 82
Imagen No. 29 Alcantarilla Sub-Cuenca -3 (Tirante Normal) Est 0+280……. 82
Imagen No. 30 Alcantarilla Sub-Cuenca -3 (Tirante Critico) Est 0+280…….. 83
Imagen No. 31 Alcantarilla Sub-Cuenca -18 (Tirante Normal) Est 3+619…….. 83
Imagen No. 32 Alcantarilla Sub-Cuenca -18 (Tirante Critico) Est 3+619…… 84
Imagen No. 33 Dimensiones Típicas de la Cuneta Triangular……. 85
Imagen No. 34 Dimensiones Típicas de Vado……...……. 85
Imagen No. 35 Dimensiones de Alcantarilla Tipo I……. 86
Imagen No. 36 Diámetro Propuesto Según el Caudal de Diseño…… 86

INDICE DE IMÁGENES CAPÍTULO V

Imagen No. 37 Espesores Finales……. 98
Imagen No. 38 Elección de tipo de pavimento a diseñar……... 99
Imagen No. 39 Introducción de Datos……... 100
Imagen No. 40 Cálculo del número Estructural mínimo requerido……... 100
Imagen No. 41 Resultados de espesores requeridos para el diseño de pavimento……. 101
Imagen No. 42 Espesores finales de pavimento……. 101

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS.

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

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

BCN: Banco Central de Nicaragua.

CBR: California Bearing Ratio.

CREC: Crecimiento.

EMC: Estación de Mayor Cobertura.

ECD: Estación de Corta Duración.

ESAL: Ejes de Cargas Estándar Equivalentes.

Est: Estación.

FC: Factor de Crecimiento

FD: Factor de Distribución Direccional

Fc: Factor Carril.

IDF: Intensidad Duración Frecuencia

INIDE: Instituto Nacional de Información de Desarrollo.

LN: Logaritmo Natural.

MTI: Ministerio de Transporte e Infraestructura.

MR: Módulo Resiliente.

NP: No Plástico.

PIB: Producto Interno Bruto.

PSI: Libras por pulgada cuadrada.

Pt: Pendiente del terreno.

SC: Sub Cuenca.

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

TC: Tasa de Crecimiento.

TCA: Tasa de Crecimiento Anual.

TD: Transito de Diseño.

Ts: Tipo de suelo.

TPD: Tránsito Promedio Diario.

TPDA: Tránsito Promedio Diario Anual.

TPDS: Trafico Promedio Diario Semanal.

Us: Uso de suelo.

VPD: Volumen Promedio Diario.

GLOSARIO.

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

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

- ✓ **CBR. (Relación de Carga California):** Relación entre la presión necesaria para penetrar los primeros 0.25 cm en un material de prueba y la presión necesaria para penetrar la misma profundidad en un material de características conocidas o patrón. Mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para sub– rasante, sub base y base de pavimentos.

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

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

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

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

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

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

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

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

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN.

Con el presente trabajo monográfico que se pretende realizar el diseño para el pavimento articulado con sus obras de drenaje y su memoria de cálculo con cada una de sus actividades para el presupuesto general del proyecto.

Para este diseño se utilizará el método de la AASHTO 93, bajo las normas de la Sieca para caminos y método racional para el diseño de sus obras de drenaje.

Para la elaboración del trabajo monográfico se hará el análisis del tránsito actual a fin de determinar y estimar la repetición de ejes equivalentes de carga para el diseño apropiado de la estructura de pavimento.

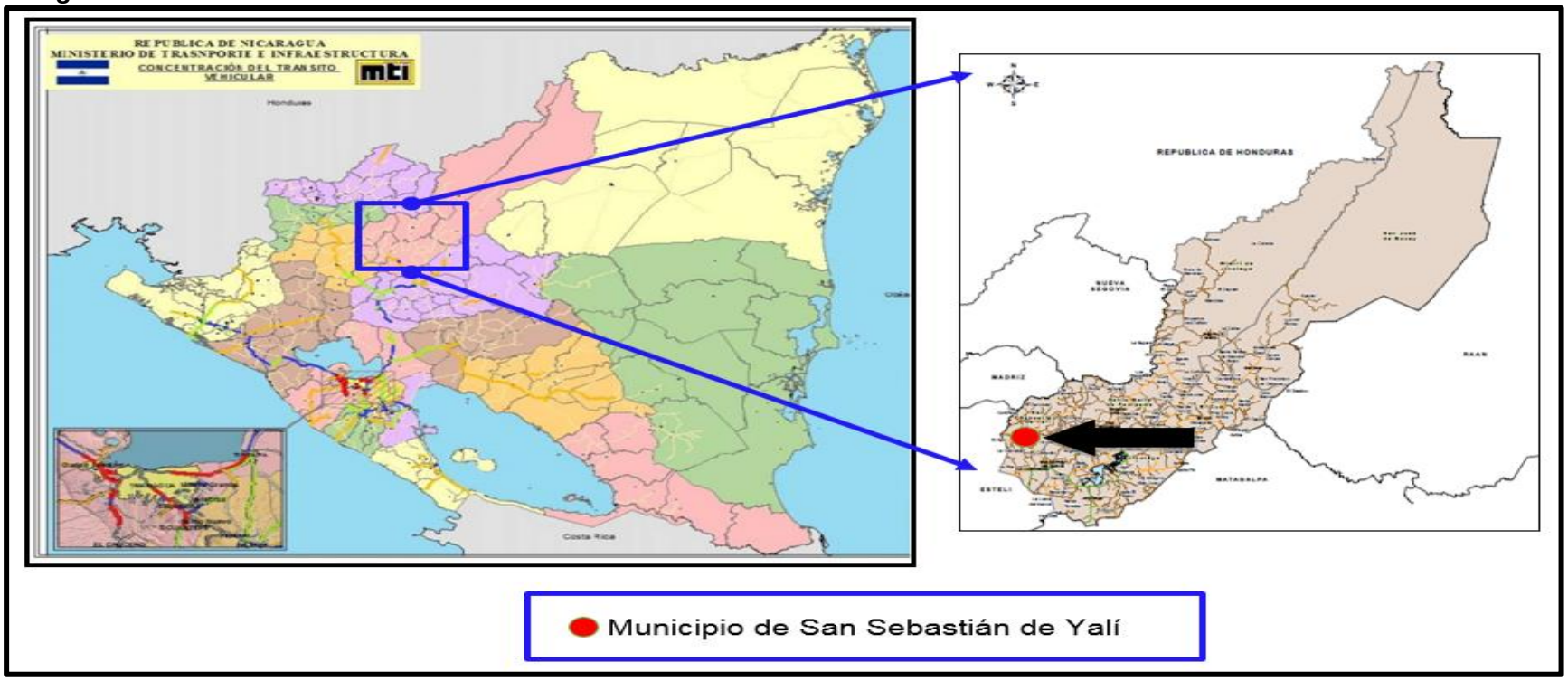
Se harán ensayos de suelos con el objetivo de conocer las características físico-mecánicas de los materiales existentes y poder determinar las unidades típicas de CBR necesarias para hacer correlaciones con el módulo de resiliencia de los materiales.

Además, se realizará diseño de obras de drenaje mayores y menores donde lo amerite. El método propuesto es el de la AASHTO-93, el cual incorpora parámetros de diseño relacionado a la confiabilidad, módulos resilientes de materiales, coeficientes de drenaje, así como las repeticiones de ejes equivalentes generados por el tráfico vehicular.

1.1.1. Macro Localización.

El camino objeto de estudio se sitúa en el Departamento de Jinotega, municipio de San Sebastián de Yalí, de forma particular está ubicado en el Distrito Nº2 del Municipio de San Sebastián de Yalí**.**

Imagen No. 1: Macro Localización.

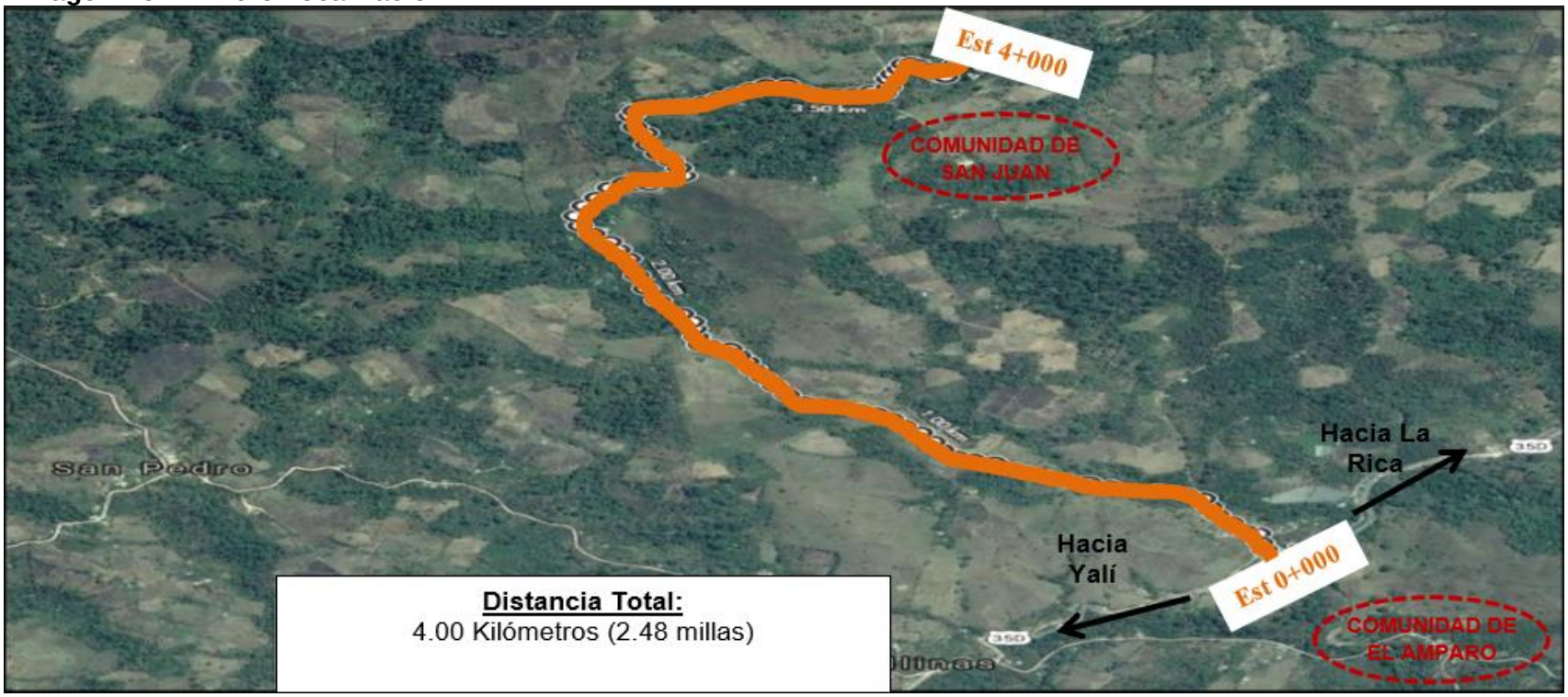


Fuente: vmapas.com.

1.1.2. Micro Localización.

Este tramo de camino tiene su origen sobre la carretera de la Comunidad La Rica rumbo noreste con coordenadas 13° 22` 41.87´´ N. Y 86° 05.22` 37``W. y culmina en San Juan con coordenadas 13° 24.46` 66´` N. Y 86° 06.12` 01´` W. iniciando en La Comunidad El Amparo (Est 0+000) y finalizando en La Comunidad de San Juan (Est. 4+000).

Imagen No. 2: Micro Localización.



Fuente: Google Earth.

1.2. ANTECEDENTES.

El camino que comunica a la comunidad del Amparo con los sectores de los Pizotales y San Juan solamente es transitado en época seca por las malas condiciones del mismo, ya que no ha recibido mantenimiento en los últimos periodos de los gobiernos locales, por lo que los pobladores de estas comunidades han realizado gestiones para la rehabilitación del tramo de camino que une a estas comunidades ubicadas en el departamento de Jinotega.

Cabe mencionar que el tramo en estudio a través de la municipalidad se ha realizado mantenimientos temporales desde su apertura con revestimiento con material selecto del banco materiales, la limpieza en cunetas y alcantarillas es realizada por el FOMAV.

En el tramo en estudio no existen aforos solamente se cuenta con la información de los anuarios de las revistas emitidas por el MTI, por lo que es necesario cuantificar en campo esta información para un mejor diseño.

La vía actualmente se encuentra en regular estado, debido a las cantidades de lluvias excesivas y al tipo de suelo existente, estas son afectadas por escorrentías superficiales e inundaciones en épocas de invierno, ocasionando fácilmente el deterioro del estado de la vía, debido a que no existen obras de drenaje en el sitio. **(Ver Anexo A, fotos, pág. I – III)**

Igualmente, no se cuenta con levantamientos topográficos por lo que será necesario realizarlos para la determinación de las rasantes de diseño y los niveles para el movimiento de tierra y esta manera calcular las diferentes capas de suelo mejorado para un buen diseño y funcionalidad de la vía.

1.3. JUSTIFICACIÓN.

El municipio San Sebastián de Yalí es una zona agrícola con un continuo y vigoroso crecimiento urbano en toda su extensión.

El estado actual del sitio en estudio es regular ya que el MTI acaba de realizar un adoquinado cerca del tramo en estudio y realizo un bacheo del tramo, ya que las condiciones del camino sufren cambios tanto en invierno como en verano, a los transportistas no les gusta acceder al tramo en estudio ya que en tiempos de invierno empeoran las condiciones de transitabilidad y esto provoca inconformidad con los pobladores y son afectados por los altos costos del pasaje del transporte interurbano y selectivo, esto en épocas de invierno y en verano causa excesivo producción de polvo lo cual la población se queja debido a que causa enfermedades respiratorias tanto en adultos como en niños.

En vista de la situación antes descrita el gobierno municipal y la población preocupados por estos problemas han solicitado el mejoramiento del camino, pero la alcaldía por falta de fondos no ha podido realizar los estudios necesarios para que se logre ejecutar este proyecto.

Al ejecutarse este proyecto se estará contribuyendo a crear las condiciones necesarias para garantizar la salud de niño y adultos, la correcta evacuación de las aguas, un mejor desarrollo económico, facilitar la circulación vehicular y peatonal, reducción de tiempo de viaje. Se beneficiará a una población directa de 600 habitantes, e indirectamente a 400 habitantes de las comunidades y Zonas aledañas, de diferentes estratos sociales, económicos y culturales

1.4. OBJETIVOS.

1.4.1. Objetivo General.

- Diseñar Pavimento Articulado del tramo Empalme El Amparo y San Juan del municipio de San Sebastián de Yalí, Departamento de Jinotega, por método de la AASHTO-93.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Efectuar el aforo vehicular, para determinar el TPDA y cargas actuantes en la estructura.

- Realizar estudios geotécnicos del tramo y los bancos de materiales; determinando características físico-mecánicos esenciales para el diseño de la estructura de pavimento.

- Calcular los caudales máximos mediante el análisis de los caudales hidrológicos, para el diseño de obras de drenajes menores.

- Determinar los espesores de la estructura de pavimento mediante el método de AASHTO-93 y el Software WinPAS.

- Realizar el presupuesto del proyecto, teniendo en cuenta el take-off de cada una de las actividades a ejecutar.

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE TRÁFICO

2.1. Introducción.

El estudio de transito es uno de los parámetros fundamentales para el diseño de pavimentos, ya que nos dará el número de vehículos por lo tanto las cargas que soportara la carretera. Dicho estudio se realiza con el propósito de obtener datos reales relacionados con el movimiento de vehículos, sobre puntos o secciones especificas dentro de un sistema vial de carreteras o calles.

Este estudio orientara el conocimiento detallado de una serie de elementos que conforman la red vial (dimensión vehicular, intensidad de carga por eje y número de aplicación de dicha carga). El volumen de tráfico y su comportamiento son los que definen los alcances y las demandas de un proyecto vial, por lo que se debe dar importancia a la determinación de volúmenes de tránsito, los tipos de vehículos, el comportamiento de estos y sus formas de operación, como así también las características socioeconómicas de los usuarios, a las características particulares de los vehículos y las formas de explotación de los mismos.

2.2. Recopilación de datos.

La actividad inicial del estudio de tráfico fue la recopilación y revisión de datos obtenidos de una estación de control con la finalidad de determinar el volumen vehicular, dicho punto de conteo se ubicó al inicio del tramo de estudio que inicio en la estación 0+000 “Empalme El Amparo”. **(Ver anexo A, Imagen No.43, pág. I)**

Dichos datos se obtuvieron a través de conteos volumétricos, el estudio se realizó durante 1 semana, empezando el lunes 22 de Abril y finalizando el Domingo 28 del año 2017, se cuantificó el 100% de los vehículos que circularon en ambas direcciones de tráfico. Los aforos se realizaron durante 12 horas diurnas continuas entre las 6:00 horas hasta las 18:00 horas. El comportamiento de dicho aforo vehicular se muestra de manera detallada en la tabla la tabla No.1, pág. 9.

2.3. Clasificación de vehículos.

En general se establecen vehículos representativos por cada categoría, es decir que cada vehículo cuenta con sus propias características, ya que se difieren unos de otros; estos vehículos tienen peso, dimensiones y características de operación utilizadas para fijar las variables utilizadas en un proyecto vial.

En nuestro país Nicaragua, el MTI ha determinado las clasificaciones vehiculares más comunes (vehículos livianos y pesados) a su vez ha determinado los límites de cargas para cada uno y ha designado una terminología para los vehículos que circulan en la red vial en el país. **(Ver anexo B, Tabla No.83, pág. VII)**

2.3.1. Vehículos livianos.

Son vehículos automotores de cuatro ruedas. Para efectos de diseño de estructuras de pavimento de acuerdo con los resultados de estudios de tráficos, conteo vehicular y cálculos relacionados, se ha identificado que los daños que causan los vehículos livianos a la estructura de pavimento, producto de su desplazamiento sobre la vía es mínimo a razón de 1 en 50000 respecto a vehículos pesados.

2.3.2. Vehículos pesados de pasajeros.

Son los vehículos destinados al transporte público de pasajeros de cuatro a seis ruedas, que incluyen microbuses, buses medianos y grandes.

2.3.3. Vehículos pesados de carga.

Son los vehículos destinados al transporte pesados de cargas mayores o iguales a tres toneladas y que tienen seis o más ruedas en dos, tres, cuatro, cinco y más ejes, estos incluyen camiones de tres ejes o mayores y otros tipos d vehículos especiales tales como agrícolas y de construcción. En el caso de Nicaragua, el MTI ha determinado los límites de cargas por tipo de vehículo pesado, debido a que los vehículos pesados traen como consecuencia un amplio espectro de ejes de cargas, lo que origina una amplia gama de esfuerzos y deformaciones aplicada a un determinado punto de la estructura.

2.4. Procesamiento de datos.

Luego de haberse realizado el trabajo de campo, mediante hojas de cálculo se obtuvo el volumen de tráfico Total por tipo de Vehículo la Composición Vehicular de cada uno de los 7 días. **(Ver anexo B, Tablas No.76-82, pág. IV-VI)**

2.4.1. Tránsito Promedio Diurno.

Uno de los elementos fundamentales para el diseño vial es el volumen promedio diurno (TPD), que es el volumen total registrado por día, divididos entre los siete días de la semana del aforo elaborado en la Estación 0+000 se establece el transito promedio diurno mediante la siguiente ecuación:

$$\mathbf{TPDS} = \frac{\sum \text{TDiurno}}{7} \qquad \text{(Ecuación No. 1)}$$

Dónde:

TPDS = Tránsito promedio Diurno Semanal.

7 = Número total de Días de conteo (1 semana).

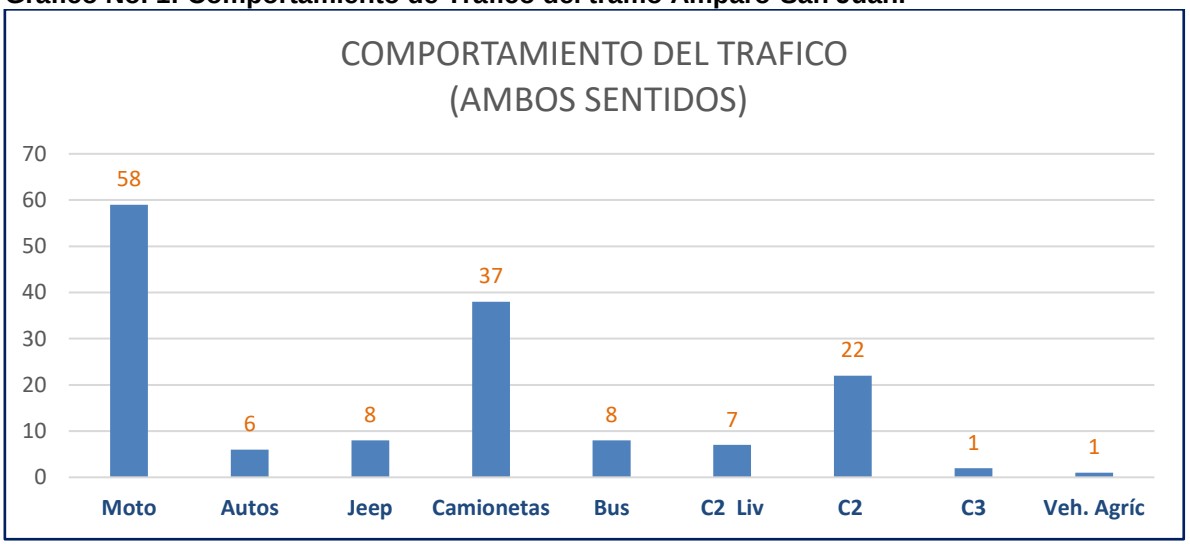
Tabla No. 1: Conteo Vehicular Ambos Sentidos.

Dia / Tipo de Vehículo	*Moto*	*Vehículos Livianos*			*Pesados de Pasajeros*	*Pesados de Carga*			*Veh. Pesados*	TOTAL
		Autos	*Jeep*	*Camionetas PicK UPs*	*Bus*	*C2 Liv.*	*C2*	*C3*	*Veh. Agríc.*	
LUNES	64	10	4	44	8	2	24	0	0	156
MARTES	63	0	7	47	8	6	21	0	2	154
MIERCOLES	52	5	9	34	8	8	23	2	0	141
JUEVES	57	4	8	27	8	8	28	2	4	146
VIERNES	45	2	6	26	8	9	22	0	0	118
SABADO	49	13	13	46	8	8	16	4	1	158
DOMINGO	73	6	9	36	8	3	16	0	0	151
TOTAL	403	40	56	260	56	44	150	8	7	1024
TPDS	**58**	**6**	**8**	**37**	**8**	**6**	**22**	**1**	**1**	**147**

Fuente: Elaboración propia.

El gráfico No.1 refleja el comportamiento del tráfico promedio diurno semanal en ambos sentidos según el tipo de vehículo, donde se observa que prevalecen los vehículos livianos como lo son las motos y camionetas, entre los vehículos pesados los Camiones C2.

Gráfico No. 1: Comportamiento de Tráfico del tramo Amparo-San Juan.



Fuente: Elaboración propia.

Dado que se realizó en un aforo vehicular de 7 días (Lunes a Domingo), se requirió estimar el comportamiento tránsito promedio diario Anual (TPDA) del tramo en estudio. Para obtener el TPDA fue necesario usar factores de ajustes diarios (expansión de 12 horas a 24 horas), y de temporada que permitieron expandir el volumen de esa muestra del tramo.

2.4.2. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).

El tránsito promedio diario anual, representa el promedio de los volúmenes diarios de tránsito durante un año en una sección dada de una vía.

$$\textbf{TPDA} = \text{TPDS} \times \text{factor dia} \times \text{factor expansión} \qquad (\text{Ecuación No. } 2)$$

Dónde:

TPDS = Tránsito promedio Diurno Semanal.

Factor expansión = Factor día y factor expansión.

El MTI nos brinda factores de ajuste en la Revista Anuario de Aforo en su edición 2015 publicado por el Ministerio de Transporte e Infraestructura – Dirección de Administración Vial (MTI-DAV), con el objetivo que si se lleva a cabo un conteo vehicular sea posible aplicar dichos factores, desarrollados a partir de la estación permanente y obtener así el TPDA en un tramo de calle previamente establecido.

Para expandir al TPDA se utilizó los factores de la estación de mayor cobertura No. 300, correspondiente al tramo Sébaco- Quebrada Honda, ya que para la estación más cercana al tramo en estudio correspondiente al tramo San Rafael del Norte-Yalí, no se muestran en el Anuario de tráfico factores de expansión.

Los factores de expansión a utilizar solo serán el Factor día y el Factor expansión de la estación No. 300, ya que se realizó un aforo vehicular de 1 semana durante 12 horas diurnas cada día, como el conteo se realizó en el mes de Abril, los factores correspondientes son los del primer cuatrimestre (Enero-Julio). **(Ver anexo B, Tabla No.86, pág. X)**

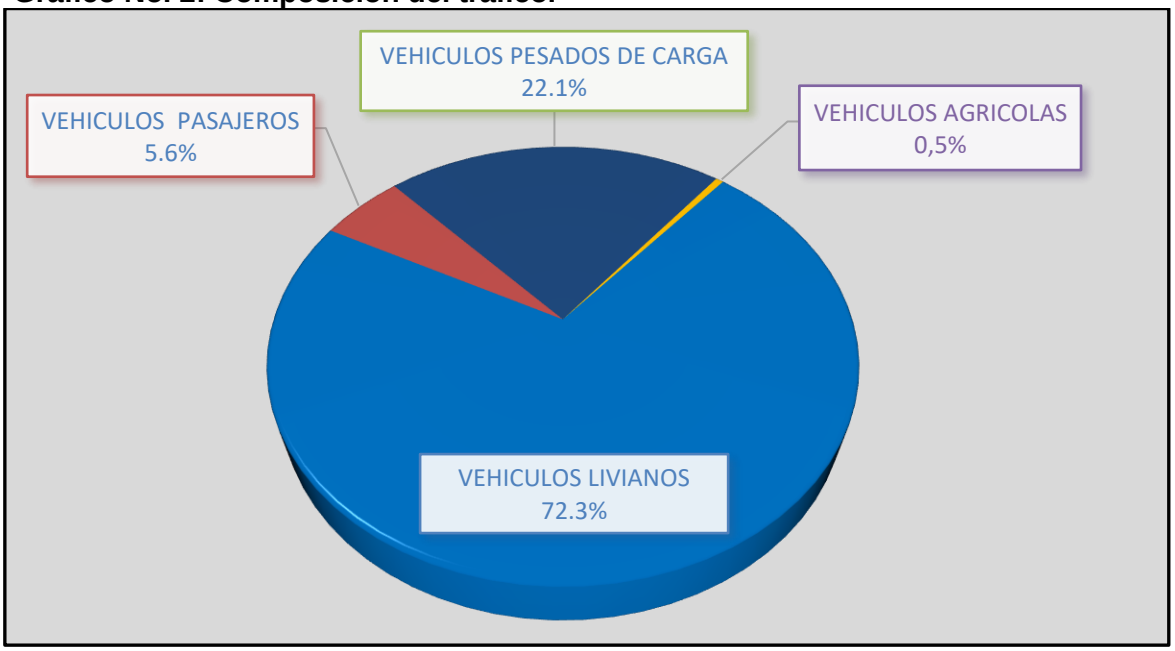
Tabla No. 2: Cálculo del tránsito promedio diario anual.

Dia / Tipo de Vehículo	Moto	Vehículos Livianos			Pesados de Pasajeros	Pesados de Carga			Veh. Pesados	TOTAL
		Auto	Jeep	PicK UPs	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	Veh. Agríc	
TPDS	58	6	8	37	8	6	22	1	1	147
Factor Día	1.31	1.37	1.37	1.32	1.23	1.34	1.52	1.5	1.00	
Factor Expansión	0.92	1.11	1.12	0.97	1.02	1.11	0.90	0.93	1.00	
TPDA	72	10	13	49	11	11	31	3	1	195
% TPDA	35.9%	5.1%	6.7%	24.6%	5.6%	4.6%	15.9%	1.0%	0.5%	100%
	Veh. Livianos 72.3%				Veh. Pasajeros 5.6%	Veh. Carga 22.1%			Veh. Pesados 0.5%	

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla No.2 la composición vehicular del tramo en estudio está conformada con un 72.3% de vehículos Livianos, un 5.6% de Vehículos de Pasajeros, un 22.1% de Vehículos Pesados de Carga, un 0.5% de Vehículos Agrícolas pesados. Ver gráfico No.2 a continuación:

Gráfico No. 2: Composición del tráfico.



Fuente: Elaboración propia.

2.5. Proyección del tránsito.

Se determina basándose en los datos de las estaciones de conteo, así como también tomando en cuenta variables como el listado histórico de TPDA de la EMC a utilizar según datos del MTI e indicadores macroeconómicos como Producto Interno Bruto (PIB) y Tasa de Crecimiento Poblacional (Tc), según el Banco Central de Nicaragua (BCN) en su informe 2015.

2.5.1. Tasa de crecimiento vehicular (Tc).

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

$$\mathbf{TC} = \left(\frac{\text{TPDAi}}{\text{TPDAo}}\right)^{\frac{1}{n}} - 1 \qquad \text{(Ecuación No. 3)}$$

Dónde:

TC: Tasa de crecimiento vehicular.

TPDAi: Tráfico promedio diario actual.

TPDAo: Tráfico promedio diario del año base.

n: Diferencia de años

La estación más cercana al tramo es la **No. 305 (**San Rafael del Norte-Yalí), la cual no posee continuidad en los conteos ya que el último se realizó en 2010, las tasas de crecimiento vehicular son las siguientes:

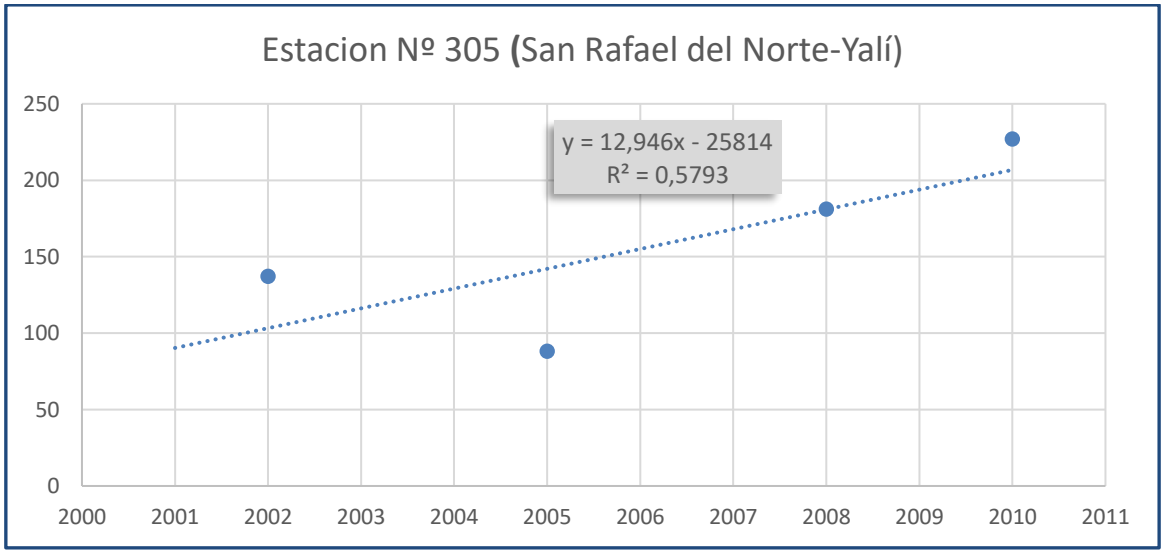
Tabla No. 3: Datos de TPDA Estación No. 305.

AÑO	TPDA	TCA interanual
2002	137	
2005	88	-36%
2008	181	106%
2010	227	25%
Promedio	158	32%

Fuente: Revista Anuario de Aforo 2015,Ministerio de Transporte e Infraestructura – DAV.

A continuación, se muestra en el gráfico siguiente la correlación con datos de TPDA de la Estación más cercana Nº 305.

Gráfico No. 3: Correlación del TPDA Estación más cercana Nº 305.



Fuente: Elaboración propia.

Para la estación de mayor cobertura **Nº300** (Sébaco- Quebrada Honda), las tasas de crecimiento vehicular de los últimos 15 años son las siguientes:

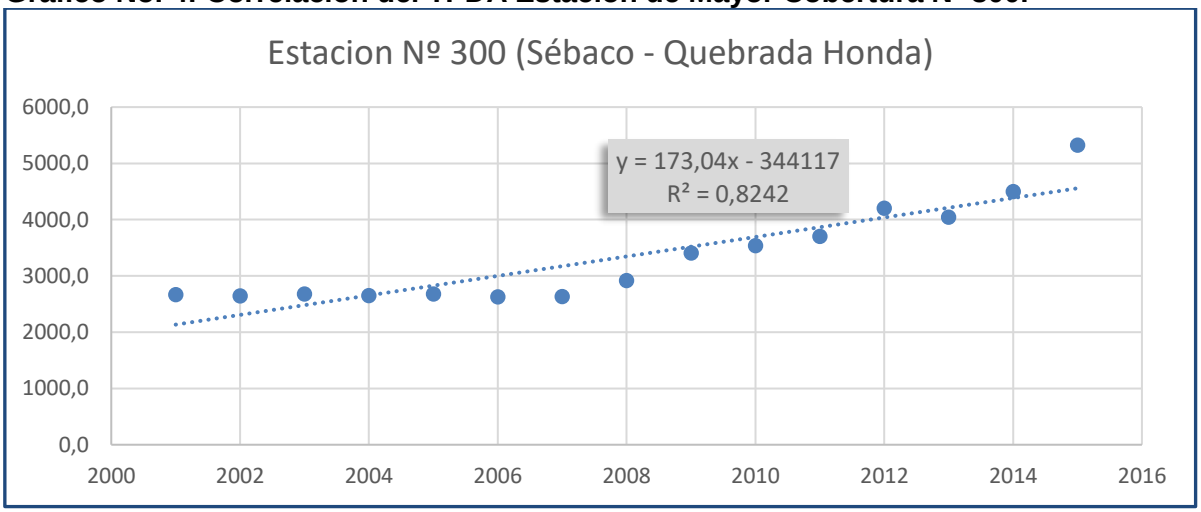
Tabla No. 4: Datos de TPDA EMC.

AÑO	TPDA	TCA interanual
2001	2664.0	
2002	2642.0	-0.83
2003	2678.0	1.36
2004	2649.0	-1.08
2005	2677.0	1.06
2006	2627.0	-1.87
2007	2629.0	0.08
2008	2917.0	10.95
2009	3403.0	16.66
2010	3538.0	3.97
2011	3701.0	4.61
2012	4203.0	13.56
2013	4042.0	-3.83
2014	4500.0	11.33
2015	5321.0	18.24
Promedio	3346.1	5.30

Fuente: Revista Anuario de Aforo 2015,Ministerio de Transporte e Infraestructura – DAV.

A continuación, se muestra en el gráfico siguiente la correlación con datos de TPDA de la Estación de Mayo Cobertura Nº 300.

Gráfico No. 4: Correlación del TPDA Estación de Mayor Cobertura Nº 300.



Fuente: Elaboración propia.

Al compara los gráficos No. 3 y No. 4, se puede notar que la estación de Mayor Cobertura Nº300 al tener continuidad de datos posee una mejor correlación a diferencia de la estación más cercana Nº305. Se decide escoger la Estación Nº300 para este estudio de tráfico ya que su coeficiente de determinación (R^2=0.824), es más alto que el de la estación Nº305 (R^2=0.579).

2.5.2. Tasa de Crecimiento poblacional.

Es el cambio en la población en un cierto plazo, y puede ser cuantificado como el cambio en el número de individuos en una población usando "tiempo por unidad" para su medición. Según las estadísticas poblacionales brindadas por el BCN (Banco Central de Nicaragua), en su informe 2015. **(Ver anexo B, Gráfico No.41, pág. IX)**.

Las tasas de crecimiento poblacional que son las siguientes:

Tabla No. 5: Tasas de Crecimiento Poblacional.

AÑO	TPDA	Pob. (miles)	TCA interanual
2001	2664.0	5098.0	
2002	2642.0	5244.7	2.88
2003	2678.0	5312.7	1.30
2004	2649.0	5380.5	1.28
2005	2677.0	5450.4	1.30
2006	2627.0	5638.0	3.44
2007	2629.0	5707.9	1.24
2008	2917.0	5778.8	1.24
2009	3403.0	5850.5	1.24
2010	3538.0	5923.1	1.24
2011	3701.0	5996.6	1.24
2012	4203.0	6071.0	1.24
2013	4042.0	6134.3	1.04
2014	4500.0	6198.2	1.04
2015	5321.0	6262.7	1.04
Promedio	3346.1	5736.5	1.48 %

Fuente: Banco Central de Nicaragua**.**

El promedio de crecimiento poblacional anual de los últimos años es de **1.48%.**

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

El PIB se utiliza como un indicador de la riqueza generada por una nación, durante un año, un trimestre u otra medida de tiempo. Según la información del Banco Central de Nicaragua, se pueden observar estos datos del PIB de los últimos 15 años. **(Ver anexo B, Gráfico No.42, pág. IX)**

Tabla No. 6: Tasas de crecimiento del PIB.

AÑO	TPDA	PIB (Miles $)	TCA interanual
2001	2664.0	5323.0	
2002	2642.0	5224.0	-1.86
2003	2678.0	5322.0	1.88
2004	2649.0	5793.0	8.85
2005	2677.0	6321.0	9.11
2006	2627.0	6764.0	7.01
2007	2629.0	7423.0	9.74
2008	2917.0	8497.0	14.47
2009	3403.0	8299.0	-2.33
2010	3538.0	8759.0	5.54
2011	3701.0	9774.0	11.59
2012	4203.0	10530.0	7.73
2013	4042.0	10980.0	4.27
2014	4500.0	11880.0	8.20
2015	5321.0	12750.0	7.32
Promedio	3346.1	8242.6	6.54 %

Fuente: Banco Central de Nicaragua**.**

La tasa de crecimiento Anual del Producto Interno Bruto (PIB) promedio de los últimos 15 años es de **6.54%**.

2.6. Selección de la Tasa de Crecimiento.

Para determinar las tasas de crecimiento del tráfico antes mencionado, se parte en primer lugar de la definición de las variables que intervendrán en el proceso de determinación de las tasas de crecimiento para cada uno de los tipos de tráfico Liviano, Pasajeros y Pesado.

Para este estudio se cuenta con registros Históricos de TPDA de la estación 300, otra variable importante son los registros Históricos de Producto Interno Bruto (PIB), relacionada con el crecimiento de la economía nacional, por consiguiente, se puede vincular con el crecimiento del tráfico vehicular. Por último, se tiene la variable de los registros históricos de Población, que también tiene relación estrecha con el tráfico vehicular. Estas variables serán sometidas a un estudio estadístico de correlación de variables, para determinar el grado de correlación entre ellas, de forma que se establezca su crecimiento con los diferentes tipos de tráfico a los cuales se deben realizar proyecciones.

El proceso de revisión parte del cálculo del Logaritmo Natural necesario de los datos, con ellos se elaborarán rectas de regresión y se calcula el coeficiente de correlación entre las variables, mientras más cercano al 100% se tengan resultados indicara una mejor correlación entre dichas variables. A continuación, se presenta el cálculo realizado de los logaritmos necesarios previo al cálculo de las correlaciones de las variables.

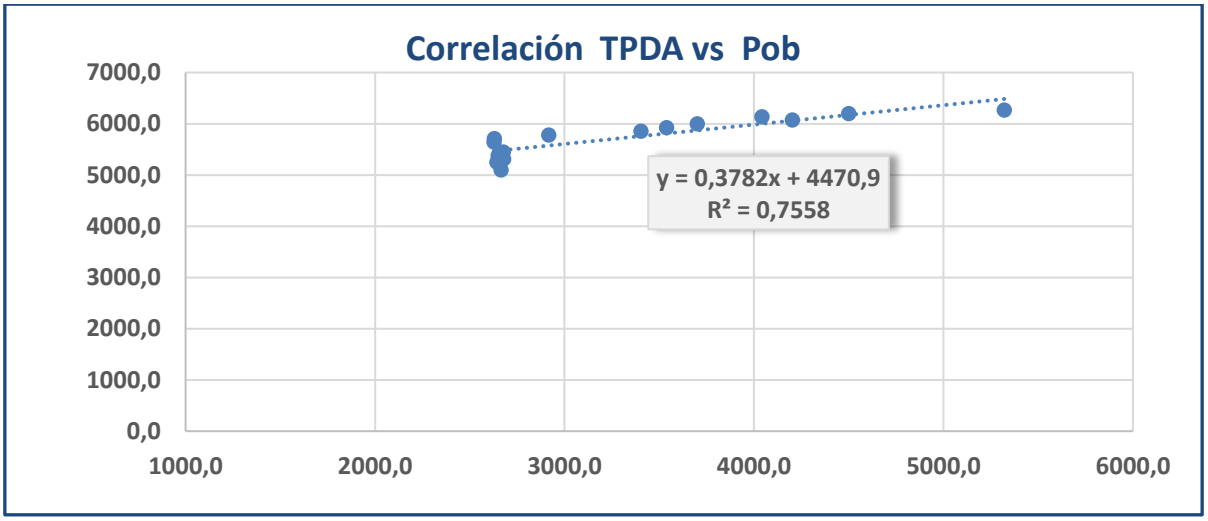
Tabla No. 7: Datos Históricos (Logaritmo Natural).

AÑO	LN TPDA	LN PIB (Miles $)	LN Pob
2001	7.9	8.6	8.5
2002	7.9	8.6	8.6
2003	7.9	8.6	8.6
2004	7.9	8.7	8.6
2005	7.9	8.8	8.6
2006	7.9	8.8	8.6
2007	7.9	8.9	8.6
2008	8.0	9.0	8.7
2009	8.1	9.0	8.7
2010	8.2	9.1	8.7
2011	8.2	9.2	8.7
2012	8.3	9.3	8.7
2013	8.3	9.3	8.7
2014	8.4	9.4	8.7
2015	8.6	9.5	8.7

Fuente: Banco Central de Nicaragua**.**

A continuación, se muestra en el gráfico siguiente la correlación con datos normales de la Población (Pob) y el TPDA de la Estación de Mayor CoberturaNo.300.

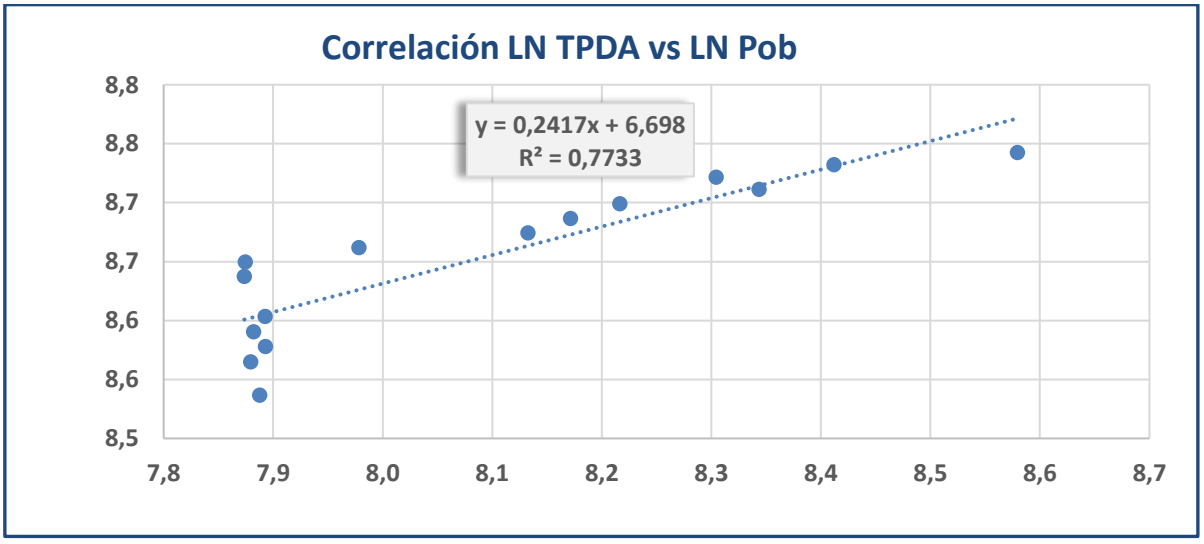
Gráfico No. 5: Correlación TPDA vs Pob.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra en el gráfico siguiente la correlación con datos convertidos a logaritmo Natural de la Población (Pob) y el TPDA de la Estación de Mayor Cobertura 300.

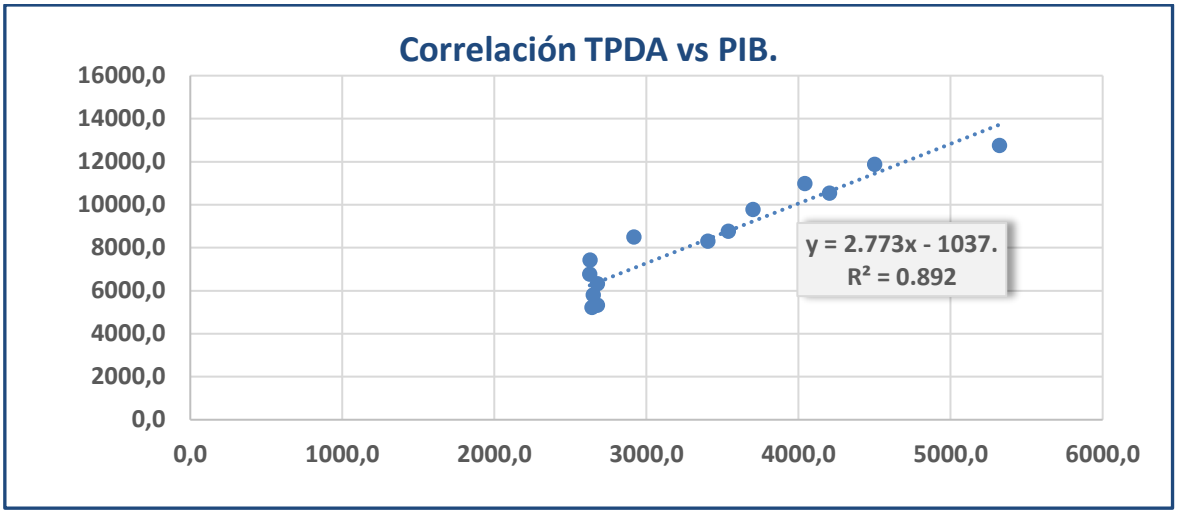
Gráfico No. 6: Correlación LN TPDA vs LN Pob.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra en el gráfico siguiente la correlación con datos normales de la Producto Interno Bruto (PIB) y el TPDA de la Estación de Mayor Cobertura No.300.

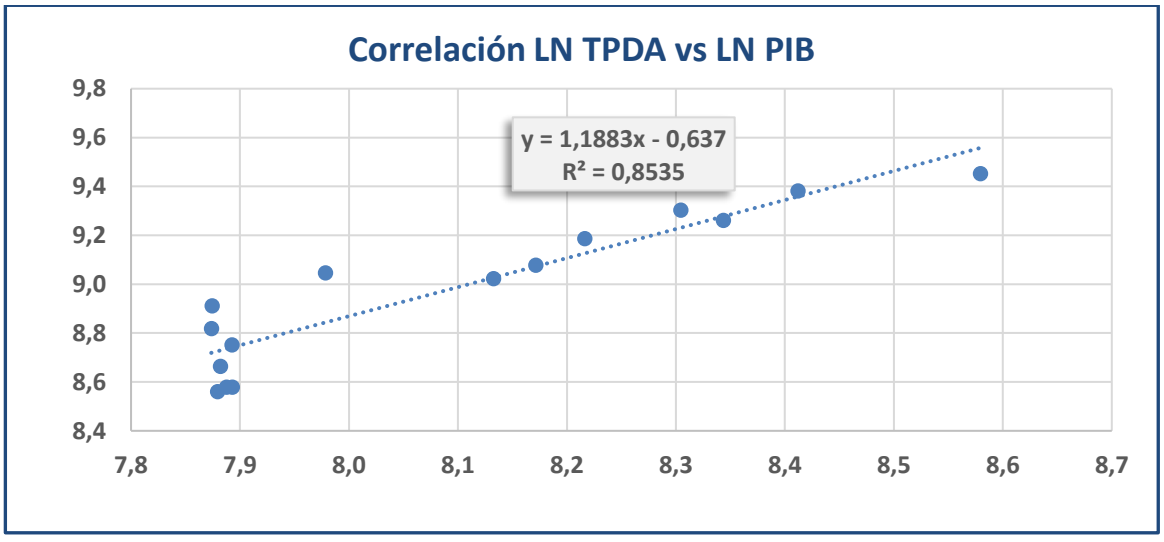
Gráfico No. 7: Correlación TPDA vs PIB.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra en el gráfico siguiente la correlación con datos convertidos a logaritmo Natural de la Producto Interno Bruto (PIB) y el TPDA de la Estación de Mayor Cobertura 300.

Gráfico No. 8: Correlación LN TPDA vs LN PIB.



Fuente: Elaboración propia.

Al aplicar la Ecuación No. 3, de la página 12, las tasas de crecimiento son:

- $\mathbf{TC\ TPDA} = \left(\frac{5{,}321}{2{,}664}\right)^{\frac{1}{15}} - 1$

  $\mathbf{TC\ TPDA} = \mathbf{0.0472 * 100 = 4.72}\ \%$

- $\mathbf{TC\ Pob} = \left(\frac{6{,}262.7}{5{,}098}\right)^{\frac{1}{15}} - 1$

  $\mathbf{TC\ Pob = 0.0138 * 100 = 1.38}\ \%$

- $\mathbf{TC\ PIB} = \left(\frac{12{,}750}{5{,}323}\right)^{\frac{1}{15}} - 1$

  $\mathbf{TC\ PIB = 0.06 * 100 = 6.00}\ \%$

Ya que las la correlación de Ln TPDA vs Ln Población (Gráfico No. 6), posee un mejor coeficiente de determinación (R^2), que la correlación TPDA vs Población (Gráfico No. 5), se decide utilizar la elasticidad del Gráfico No. 6.

Aplicando la elasticidad del **Gráfico No. 6**:

$$\mathbf{TC\ Pob = 1.38 * 0.2417 = 0.33}\ \%$$

Ya que las la correlación de TPDA vs Producto Interno Bruto (Gráfico No. 7), posee un mejor coeficiente de determinación (R^2), que la correlación Ln TPDA vs Ln Producto Interno Bruto (Gráfico No. 8), se decide utilizar la elasticidad del Gráfico No. 7.

Aplicando la elasticidad del **Gráfico No. 7**:

$$\mathbf{TC\ PIB = 6 * 2.773 = 16.63}\ \%$$

Tomando en cuenta la tasa de crecimiento vehicular, crecimiento económico y poblacional presentados anteriormente y dado a que para Vehículos Pesados nos da una Tasa de crecimiento de **16.63%** siendo este valor muy alto y para Vehículos de pasajeros una Tasa de crecimiento de **0.33%**.

Para las proyecciones del tránsito en el tramo de estudio se decidió tomar la Tasa de crecimiento Vehicular de la Estación de mayor cobertura **Nº300** Sébaco-Quebrada Honda que es de **4.72%** durante los últimos quince años. Esta es una tasa moderada y prudente que se adapta la realidad del País en cuanto a crecimiento Económico y Poblacional.

Tabla No. 8: Tasa de crecimiento Seleccionada.

TC Calculadas		
TC POB	**TC PIB**	**TC TPDA**
0.33%	16.63%	**4.72%**

Fuente: Elaboración Propia.

2.7. Tránsito de Diseño.

2.7.1. Período de diseño (N).

Es el tiempo total para el cual se diseña el pavimento en función de la proyección del tránsito y el tiempo que se considera apropiado para que las condiciones del entorno comiencen alterar, el funcionamiento del pavimento. Basándonos en el manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales, el período de diseño recomendado para esta vía en estudio, clasificado como colectoras rurales es de 10 a 20 años.

Tabla No. 9: Período de diseño (N).

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

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

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

2.7.2. Factor direccional (FD).

El factor direccional es el factor del total del flujo vehicular censado; generalmente su valor es de 0.5, ya que la mitad de los vehículos va en una dirección; y la otra mitad va en otra dirección.

Tabla No. 10: Factor de distribución por dirección (FD).

Número de carriles en ambas direcciones	FD %
2	**50**
4	45
6 o más	40

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

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

2.7.3. Factor de Crecimiento (FC).

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

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

Dónde:

FC: Factor de crecimiento.

i: Tasa de crecimiento del tránsito (%).

n: Período de diseño (años).

$$\mathbf{FC} = \frac{(\mathbf{1} + \mathbf{0.0472})^{\mathbf{15}} - \mathbf{1}}{\mathbf{0.0472}}$$

$$\mathbf{FC} = \mathbf{21.13}$$

2.7.4. Factor de distribución por carril.

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

Tabla No. 11: Factor de distribución por carril.

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

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

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

2.7.5. Determinación del tránsito de diseño.

Es el número de vehículos que circulan durante todo el periodo de diseño. Es de mucha importancia determinar la cantidad de vehículos que circularán en toda la vida útil del diseño de esta vía de donde podemos obtener un valor acumulado mediante el uso de la siguiente ecuación:

$$\mathbf{TD} = \mathrm{TPDA} * \mathrm{FC} * f_s * f_c * 365 \qquad (\text{Ecuación No. } 5)$$

Dónde:

TPDA: Tránsito Promedio Diario Anual Calculado

FC: Factor de Crecimiento.

fs: Factor de Distribución por Sentido.

fc: Factor por Distribución por Carril.

365: Días del año.

Tabla No. 12: Tránsito de Diseño.

Tipo de vehículos	Transito Actual (2017)	F.C.	Días del año	Tránsito de diseño	Factor por carril(Fc)	Factor de Dirección (Fs)	Tránsito para el carril de diseño
Autos	10.00	21.13	365	77,124.50	0.50	1.00	38,563
Jeep	13.00	21.13	365	100,261.85	0.50	1.00	50,131
Camionetas	48.00	21.13	365	370,197.60	0.50	1.00	185,099
Bus	11.00	21.13	365	84,836.95	0.50	1.00	42,419
C2 liv	9.00	21.13	365	69,412.05	0.50	1.00	34,707
C2 5 +ton	31.00	21.13	365	239,085.95	0.50	1.00	119,543
C3	2.00	21.13	365	15,424.90	0.50	1.00	7,713
Veh. Agríc	1.00	21.13	365	7,712.45	0.50	1.00	3,857
						Tránsito de Diseño	**482,032**

Fuente: Elaboración propia.

En este cuadro se muestra el tráfico proyectado el cual corresponde a **482,032** vehículos proyectados para el año 2032.

2.8. Índice de Serviciabilidad.

Se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado. En el diseño del pavimento se deben elegir la serviciabilidad inicial y final la mejor forma para evaluar esto es por el índice servicio presente (PSI), en una escala de 0 a 5, entre mayor sea el número, mejor será su condición al tráfico. Para ello debe asumirse la serviciabilidad inicial (ρ_0) y la serviciabilidad final (ρ_t). Los valores recomendados para pavimentos flexibles son los siguientes (Manual Centroamericano para El Diseño de Pavimentos, 2004):

Serviciabilidad inicial:
po = 4.5 para pavimentos rígidos.

po = 4.2 para pavimentos articulado.

Serviciabilidad final:
pt = 2.5 Lo más para caminos muy importantes.

pt = 2.0 para caminos de transito menor.

2.9. Pérdida de serviciabilidad (ΔPSI).

La pérdida de la serviciabilidad es la diferencia que existe entre la Serviciabilidad inicial y la final. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$\Delta PSI = \rho_0 - \rho_t \qquad \text{(Ecuación No. 6)}$$

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

2.10. Número Estructural Asumido (SN).

Es un número abstracto que expresa la resistencia estructural de un pavimento requerido. Se recomienda un coeficiente estructural de carga **SN=5.**

2.11. Factor de Equivalencia (FESAL).

Para el cálculo de ejes equivalentes (ESAL's) existe un factor correspondiente que se obtienen de las tablas de la AASHTO 93, de los ejes sencillos y dobles, para cada eje de los vehículos, el cual transforma la carga por eje a un número de ejes equivalentes. **(Ver anexo B, Tabla No.87-88, pág. X-XI)**

Para obtener dicho factor se considera una **pt de 2.0**, que es el valor que se recomienda para camino de tránsito menor y un **SN=5.**Se interpolaron los valores de kips que no se reflejan como lo son 2.2, 4.4, 8.8, 9.9, 17.6 y 19.8 de la tabla para ejes sencillos **(Ver anexo B, Tabla No.89, pág. XII)**. De la tabla para ejes tándem (doble), se interpolo el valor de kips de 36.30. **(Ver anexo B, Tabla No.90, pág. XIII)**

Tabla No. 13: Interpolación Lineal para 2.2 kips.

X	Y	Interpolación Lineal	
Paso No. 1		**Paso No. 2**	**Paso No. 3**
2	0.0002	$\frac{4-2}{2.2-2} = \frac{0.002-0.0002}{Yx-0.0002}$	$2(Yx - 0.0002) = 0.2 \times 0.0018$
2.2	***Yx***		$Yx - 0.0002 = \frac{(0.00036)}{2}$
4	0.002		$Yx = 0.00018 + 0.0002$
		Resultado para 2.2	$\boldsymbol{Yx = 0.00038}$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 14: Interpolación Lineal 4.4.

X	Y	Interpolación Lineal	
Paso No. 1		Paso No. 2	Paso No. 3
4	0.002	6 – 4 / 0.009 – 0.002 4.4 – 4 / Yx – 0.002	$2(Yx - 0.002) = 0.4 \times 0.007$ $Yx - 0.002 = \frac{(0.0028)}{2}$ $Yx = 0.0014 + 0.002$
4.4	Yx		
6	0.009		
		Resultado para 4.4	$\boldsymbol{Yx = 0.0034}$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 15: Interpolación Lineal 8.8.

X	*Y*	Interpolación Lineal	
Paso No. 1		Paso No. 2	Paso No. 3
8	0.031	10 – 8 / 0.079 – 0.031 8.8 – 8 / Yx – 0.031	$2(Yx - 0.031) = 0.8 \times 0.048$ $Yx - 0.031 = \frac{(0.0384)}{2}$ $Yx = 0.0192 + 0.031$
8.8	*Yx*		
10	0.079		
		Resultado para 8.8	$\boldsymbol{Yx = 0.0502}$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 16: Interpolación Lineal 9.9.

X	Y	Interpolación Lineal	
Paso No. 1		Paso No. 2	Paso No. 3
8	0.031	10 – 8 / 0.079 – 0.031 9.9 - 8 / Yx – 0.031	$2(Yx - 0.031) = 1.9 \times 0.048$ $Yx - 0.031 = \frac{(0.0912)}{2}$ $Yx = 0.0456 + 0.031$
9.9	*Yx*		
10	0.079		
		Resultado para 9.9	$\boldsymbol{Yx = 0.077}$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 17: Interpolación Lineal 11.

X	*Y*	*Interpolación Lineal*	
Paso No. 1		Paso No. 2	Paso No. 3
10	0.079	12 -10 / 0.174 – 0.079 11 – 10 / Yx – 0.079	$2(Yx - 0.079) = 1 \times 0.095$ $Yx - 0.079 = \frac{(0.095)}{2}$ $Yx = 0.0475 + 0.079$
11	*Yx*		
12	0.174		
		Resultado para 11	$\boldsymbol{Yx = 0.1265}$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 18: Interpolación Lineal 17.6.

X	Y	Interpolación Lineal	
Paso No. 1		Paso No. 2	Paso No. 3
16	0.603	18 -16 1.00 - 0.603 17.6 -16 Yx - 0.603	$2(\mathrm{Yx} - 0.603) = 1.6 \times 0.397$ $\mathrm{Yx} - 0.603 = \frac{(0.6352)}{2}$ $\mathrm{Yx} = 0.3176 + 0.603$
17.6	**Yx**		
18	1.00		
Resultado para 17.6			$\boldsymbol{Yx = 0.9206}$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 19: Interpolación Lineal 19.8

X	*Y*	*Interpolación Lineal*	
Paso No. 1		Paso No. 2	Paso No. 3
18	1.00	20 -18 1.57- 1.00 19.8 - 18 Yx - 1.000	$2(Yx - 1.00) = 1.8 \times 0.57$ $Yx - 1.00 = \frac{(1.026)}{2}$ $Yx = 0.513 + 1.00$
19.8	***Yx***		
20	1.57		
Resultado para 19.8			$\boldsymbol{Yx = 1.513}$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 20: Interpolación Lineal 36.3

X	*Y*	*Interpolación Lineal*	
Paso No. 1		Paso No. 2	Paso No. 3
36	1.38	38 -36 1.73 - 1.38 36.3 -36 Yx -1.38	$2(Yx - 1.38) = 0.3 \times 0.35$ $Yx - 0.603 = \frac{(0.105)}{2}$ $Yx = 0.0525 + 1.38$
36.3	***Yx***		
38	1.73		
Resultado para 36.3			$\boldsymbol{Yx = 1.4325}$

Fuente: Elaboración propia.

2.12. Ejes Equivalentes (ESAL o W18).

Se define como ESAL's de diseño a la transformación de ejes de un tránsito mixto que circula por una vía a ejes equivalentes de 8.2 toneladas, 18 kips ó 18, 000 libras, en el carril de diseño durante la vida útil del pavimento.

Se obtiene conociendo el tránsito de diseño (TD) y los factores de equivalencia (FESAL). Se calcula mediante la siguiente expresión:

ESAL = TD * FESAL (Ecuación No. 7)

Tabla No. 21: Cálculo de ejes equivalentes de 18 kips (8.2 Ton).

Tipo de vehículos	*Peso X eje(Ton.met)*	*Peso X eje (Kips)*	*Tipo de eje*	*To. 2017*	*TD*	*Factor ESAL*	*ESAL de diseño*
Autos	1.00	2.20	Simple	10.00	38,563	0.00038	15
	1.00	2.20	Simple			0.00038	15
Jeep	1.00	2.20	Simple	13.00	50,131	0.00038	19
	1.00	2.20	Simple			0.00038	19
Camionetas	1.00	2.20	Simple	48.00	185,099	0.00038	70
	2.00	4.40	Simple			0.0034	629
Bus	5.00	11.00	Simple	11.00	42,419	0.1265	5366
	10.00	22.00	Simple			2.35	99685
C2 Liv	4.00	8.80	Simple	9.00	34,707	0.0502	1742
	8.00	17.60	Simple			0.9206	31951
C2 5 +ton	5.00	11.00	Simple	31.00	119,543	0.1265	15122
	10.00	22.00	Simple			2.3500	280926
C3	5.00	11.00	Simple	2.00	7,713	0.1265	976
	16.50	36.30	Doble			1.4325	11049
Veh. Agríc	4.50	9.90	Simple	1.00	3,857	0.0766	295
	9.00	19.80	Simple			1.513	5836
	4.00	8.80	Simple			0.0502	194
	4.00	8.80	Simple			0.0502	194
					Total ESAL´S de diseño(W18)		***454,103.00***

Fuente: Elaboración propia.

Para el diseño del tramo de vía en estudio se obtuvo un valor de: **ESAL o W18** de **454,103** ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño.

CAPÍTULO III

ESTUDIO GEOTÉCNICO

3.1. Introducción.

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

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

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

Tabla No. 22: Ensayes practicados a las muestras de suelos de sondeos de línea y a Bancos de Préstamo.

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. Propiedades Consideraciones para elección del banco a utilizar.

3.2.1. Base.

Es la capa de pavimento sobre la cual se coloca la capa de rodadura y tiene la función de distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la capa de sub-base y a través de ésta a la sub-rasante. El material de la base debe de cumplir con los requisitos propuestos por las normas NIC 2000:

Tabla No. 23: Especificaciones de materiales para base granular.

No.	Propiedad	Especificación	Metodología
1	Límite Líquido	25% máx.	AASHTO-89
2	Índice Plástico	6% máx.	AASHTO-90
3	**CBR**	**80% min.**	**AASHTO-180**
4	Desgaste de los Ángeles	50% máx.	AASHTO-96
5	Intemperismo Acelerado	12% máx.	AASHTO-104
6	Compactación	95% min del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba proctor modificado (AASHTO-180)	AASHTO-191 Y/O T-238 (In Situ)

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

3.2.2. Sub-Base.

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

El material de sub-base deberá ser seleccionado y tener mayor valor de soporte (C.B.R) que el material de sub-rasante y su espesor será variable según las condiciones y debe de cumplir con los requisitos propuestos por las normas NIC- 2000.

Tabla No. 24: Especificaciones de materiales para sub-base.

No.	Propiedad	Especificación	Metodología
1	Límite Líquido	25% máx.	AASHTO-89
2	Índice Plástico	6% máx.	AASHTO-90
3	**CBR**	**40% min.**	**AASHTO-193**
4	Desgaste de los Ángeles	50% máx.	AASHTO-96
5	Intemperismo Acelerado	12% máx.	AASHTO-104
6	Compactación	95% min del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba proctor modificado (AASHTO-180)	AASHTO-191 Y/O T-238 (In Situ)

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

3.2.3. Sub-rasante o Terreno Natural.

Comprende la longitud total de la vía, esta es la que constituye la fundación para el pavimento articulado. Sirviendo de soporte a la estructura y capaz de resistir las cargas aplicada a esta. El pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la sub-rasante por lo que esta debe de cumplir con las normas NIC 2000, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por eje a la capacidad de la sub-rasante. Los materiales apropiados para esta capa son de preferencia los suelos granulares.

Tabla No. 25: Especificaciones de materiales de terraplenes y capa de sub-rasante.

No.	Propiedad	Terraplenes	Capa Sub-rasante	Metodología
1	% de malla N° 200	40 % Max	30 % Max	AASHTO-11
2	Limite Liquido	40 % Max	30 % Max	AASHTO-89
3	Índice Plástico	15 % Max	10 % Max	AASHTO-90
4	**CBR**	**10 % Min**	**20 % Max**	**AASHTO-193**
5	Compactación	95 %Min Del peso volumétrico seco Max obtenido por medio de la prueba Proctor modificado (AASHTO-99)	95 %Min Del peso volumétrico seco Max obtenido por medio de la prueba Proctor modificado (AASHTO-T-180)	AASHTO T-191 y/0T 238 (in situ)

Fuente: Especificaciones generales NIC– 2000.

3.3. Trabajos de campo y laboratorio.

3.3.1. Ensayos de suelo en línea.

Se analizaron 17 sondeos de línea en toda la longitud del tramo (4.00 Kilómetros), de un estudio realizado en la zona en el mes de Abril del año 2017 por Ingeniera, Desarrollo e Inversiones. S. A (IDISA). Los sondeos consistieron en perforaciones manuales a cielo abierto, localizados uno a cada 250 metros, de forma alternada al centro y a ambos lados de la línea central.

De los suelos se extrajeron 47 muestras de los diferentes estratos de suelos encontrados, las que fueron sometidas a las pruebas de laboratorio a fin de ser analizadas y determinar las características y las propiedades de los suelos existentes.

En cada sitio de sondeo, primeramente, se realizó la clasificación de forma visual y al tacto, identificando las características del tipo de suelo encontrado de cada estrato. Todas las muestras extraídas de los sondeos de línea se homogenizaron y agruparon por tipos de suelos afines representativos de todos los tipos de suelos encontrados, para el tramo en estudio.

A estas muestras agrupadas, se les practicó los ensayes mostrados en Tablas No.22, para determinar su densidad máxima para obtener su capacidad de soporte(CBR) a 95%.

3.4. Características de los suelos.

De la estación 0+000 a la estación 1+500 el material superficial está compuesto por un material clasificado como A-2-6(0) en un espesor que varía de 0.8 metros a 1.5 metros, limite liquido de 34 y plasticidad de 11; este material cumple con las especificaciones técnicas para utilizarse como capa de rodamiento en caminos rurales.

En la estación 1+750 existe una capa de material superficial clasificada como A-7-6(16) con un espesor de 0.55 metros, limite liquido de 58 y plasticidad de 28, lo cual no cumple las especificaciones técnicas para utilizarse como capa de rodamiento en caminos rurales.

De la estación 2+000 a la estación de 3+000, en la capa superficial aflora un material clasificado como A-2-4(0) y A-5(2) con espesor que varía de 0.09 metros hasta 0.80 metras limite liquido de 42 y plasticidad de 9. Este material cumple las especificaciones técnicas para utilizarse como capa de rodamiento en caminos rurales.

De la estación 3+250 a la estación 4+000, se localiza una capa de material superficial clasificada como A-7-6(7,11,16) con un espesor que varía de 0.15 metros a 1.50 metros, límite líquido mayor de 50 y plasticidad mayor de 17, la cual no cumple con las especificaciones técnicas para utilizarse como capa de rodamiento en caminos rurales.

Con la finalidad de cumplir el objetivo planteado en este capítulo, se procedió a realizar 5 sondeos; de los que se extrajeron 12 muestras del tramo y 2 muestras a los bancos de materiales, las cuales fueron sometidos a ensayes de laboratorios para conocer su granulometría y clasificación AASHTO, así poder compáralos a los estudios suministrados por IDISA S, A. **(Ver anexo C, Tablas No.93-No.98, págs. XVI-XXI)**

Como se aprecia en el Anexo C **(gráficos No.43-No.47, págs. XXII-XXIV),** al comparar cada sondeo se puede apreciar la consistencia y similitud de cada estrato en lo que se refiere a granulometría y clasificación AASHTO, lo único que varía es la profundidad a la que se encuentra cada estrato.

A continuación, se muestra en Tablas No.26, No.27 y No.28 los resultados de los ensayes de laboratorio de los sondeos de línea suministrados por Ingeniera, Desarrollo e Inversiones. S.A (IDISA).

Tabla No. 26: **Sondeos realizados a lo largo del tramo.**

IDISA

INGENIERIA, DESARROLLO E INVERSIONES, S.A.

Barrio San Luis, del Edificio Armando Guido 5 c. al sur 1 1/2 c. abajo

Telfs.: 2248-1160, 2248-1729, 2244-2095.

E-mail: idisa@turbonett.com.ni

CLIENTE: ING. JIMMY SIERRA MERCADO

ROYECTO: EL AMPARO-SAN JUAN (YALI)

FECHA: 12/04/2017

PROCEDENCIA: Sondeos Manuales

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS (SONDEOS MANUALES)

SONDEO N°.	ESTACION UBICACIÓN	PROFUNDIDAD EN CENTIMETROS	MUESTRA	% QUE PASA POR TAMIZ										LL	IP	CLASIFICACION	CBR AL 95%
				2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200				
1	0+000 LADO CENTRAL	0 - 1.50	1	100	93	82	73	62	54	38	30	20	15	34	11	A-2-5(0)	17
2	0+250 LADO DERECHO	0 -15	2	100	90	74	64	51	40	23	18	12	8	45	9	A-2-5(0)	18
2		15 - 40	3		100	99	98	97	96	93	92	80	82	58	22	A-7-5-(16)	3
2		40 - 1.05	4					100	98	98	96	93	88	50	20	A-7-5(14)	2
2		1.05 - 1.50	5				100	99	98	97	96	92	86	44	19	A-7-6(13)	3
3	0+500 LADO IZQUIERDO	0 - 17	6	100	93	82	73	62	54	38	30	20	15	34	11	A-2-6(0)	15
3		17 - 46	7		100	99	98	97	96	93	92	88	82	58	22	A-7-5(16)	5
3		46 - 1.50	8							100	100	99	98	73	38	A-7-5(20)	5
4	0+750 LADO CENTRAL	0 -20	9	100	93	82	73	62	54	38	30	20	15	34	11	A-2-6(0)	15
4		20 -52	10							100	100	99	98	73	38	A-7-5(0)	5
4		52 - 1.04	11				99	98	95	90	88	79	79	59	30	A-7-6(20)	2
4		1.04 - 1.50	12	100	96	89	86	81	77	65	61	51	40	43	19	A-7-6(3)	3
5	1+000 LADO DERECHO	0-20	13	100	93	82	73	62	54	38	30	20	15	34	11	A-2-6(0)	15
5		20-52	14		100	99	98	97	96	93	92	88	82	58	22	A-7-5(16)	5
5		52-81	15					100	99	98	96	93	88	50	20	A-7-5(14)	5
5		81-1.50	16	100	99	98	96	92	89	83	79	69	59	41	13	A-7-6(6)	3
6	1+250 LADO IZQUIERDO	0-15	17	100	93	82	73	62	54	38	30	20	15	34	11	A-2-6(0)	13
6		15-72	18					100	99	98	96	93	88	50	20	A-7-5(14)	5
6		72-1.50	19				100	99	98	97	96	92	86	44	19	A-7-6(13)	3
7	1+500 LINEA CENTRAL	0-18	20	100	93	82	73	62	52	38	30	20	15	34	11	A-2-6(0)	15
7		18-32	21		100	99	98	97	96	93	92	88	82	58	22	A-7-5(16)	5
7		38-82	22		100	97	96	95	94	83	80	74	65	58	28	A-7-6(16)	3
7		82-1.50	23	100	99	98	96	92	89	83	79	69	59	41	13	A-7-6(6)	3



Fuente: Ingeniera, Desarrollo e Inversiones. S.A (IDISA).

Tabla No. 27: **Sondeos realizados a lo largo del tramo.**

IDISA

INGENIERIA, DESARROLLO E INVERSIONES, S.A.

Barrio San Luis, del Edificio Armando Guido 5 c. al sur 1 1/2 c. abajo
Telfs.: 2248-1160, 2248-1729, 2244-2095.
E-mail: idisa@turbonett.com.ni

CLIENTE: ING. JIMMY SIERRA MERCADO

FECHA: 12/04/2017

ROYECTO: EL AMPARO-SAN JUAN (YALI)

PROCEDENCIA: Sondeos Manuales

RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS (SONDEOS MANUALES)

SONDEO No.	ESTACION UBICACIÓN	PROFUNDIDAD EN CENTIMETROS	MUESTRA	% QUE PASA POR TAMIZ										LL	IP	CLASIFICACION	CBR AL 95%
				2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200				
8	1+750 LADO DERECHO	0-55	24		100	97	96	95	94	83	80	74	65	58	28	A-7-6(16)	3
8		55-1.50	25	100	99	98	97	95	92	83	77	66	56	47	16	A-7-6(7)	3
9	2+000 LADO IZQUIERDO	0-25	26	97	84	73	69	62	55	45	41	27	16	35	8	A-2-4(0)	30
9		25-88	27		100	99	98	97	96	93	92	88	82	58	22	A-7-5(16)	5
9		88-1.50	28				100	99	98	97	96	92	86	44	19	A-7-6(13)	2
10	2+250 LINEA CENTRAL	0-80	29	100	99	97	96	94	91	83	75	58	45	42	9	A-5(2)	10
10		80-+	MANTO ROCOSO NO PENETRABLE CON BARRA														
11	2+500 LADO DERECHO	0-22	30	100	99	97	96	94	91	83	75	58	45	42	9	A-5(2)	10
11		22-1.40	31							100	99	92	85	52	20	A-7-6(14)	3
11		1.40-1.50	32				100	99	98	97	96	92	86	44	19	A-7-6(13)	2
12	2+750 LADO IZQUIERDO	0-60	33						100	99	98	82	64	45	9	A-5(7)	12
12		60-95	34						100	99	95	75	56	43	8	A-5(5)	10
12		95-1.50	35						100	99	98	82	64	45	9	A-5(7)	11
13	3+000 LINEA CENTRAL	0-24	36	100	99	97	96	94	91	83	75	58	45	42	9	A-5(2)	12
13		24-95	37							100	99	92	85	52	20	A-7-6(14)	2
13		95-1.50	38				100	99	98	94	87	69	51	39	12	A-6(1)	10
14	3+250 LADO DERECHO	0-78	39		100	99	98	97	96	93	92	88	82	58	22	A-7-5(16)	5
14		78-1.50	40	100	97	96	93	87	85	72	63	44	30	36	9	A-2-4(0)	35
15	3+750 LADO IZQUIERDO	0-31	41	100	92	87	85	84	83	80	79	75	67	58	17	A-7-5(11)	5
15		31-1.42	42	100	92	81	76	70	68	62	55	47	42	49	19	A-7-6(4)	3

Fuente: Ingeniera, Desarrollo e Inversiones. S.A (IDISA).

Tabla No. 28: **Sondeos realizados a lo largo del tramo.**

IDISA

INGENIERIA,DESARROLLO E INVERSIONES,S.A.

Barrio San Luis, del Edificio Armando Guido 5 c. al sur 1 1/2 c. abajo

Telfs.: 2248-1160, 2248-1729, 2244-2095.

E-mail: idisa@turbonett.com.ni

CLIENTE: ING. JIMMY SIERRA MERCADO

FECHA: 12/04/2017

ROYECTO: EL AMPARO-SAN JUAN (YALI)

PROCEDENCIA: Sondeos Manuales

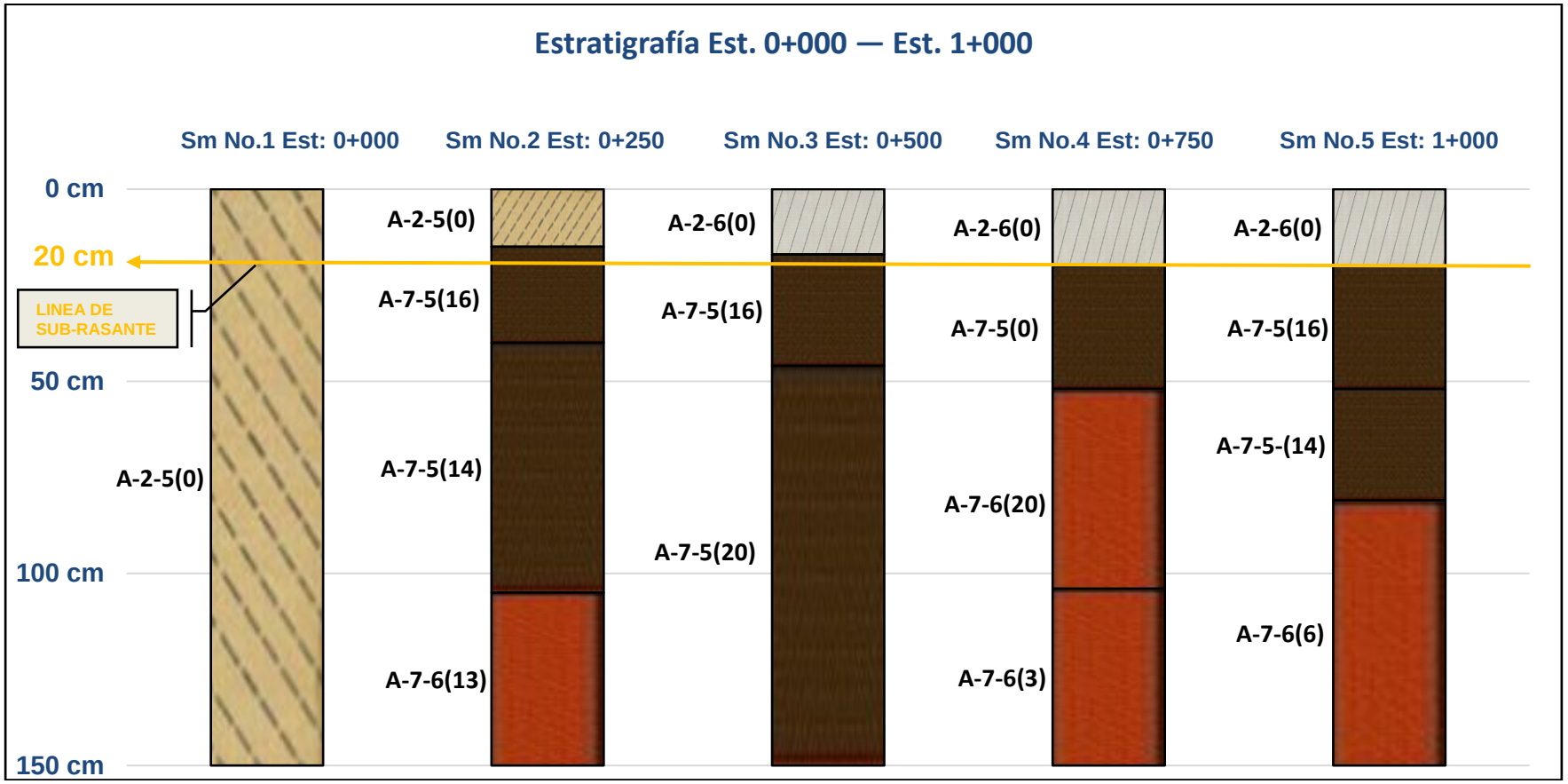
RESULTADOS DE ENSAYES DE SUELOS (SONDEOS MANUALES)

SONDEO No.	ESTACION UBICACIÓN	PROFUNDIDAD EN CENTIMETROS	MUESTRA	% QUE PASA POR TAMIZ										LL	IP	CLASIFICACION	CBR AL 95%
				2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200				
16	3+750 LINEA CENTRAL	0-20	43		100	99	98	97	96	93	92	88	82	58	22	A-7-5(16)	5
16		20-1.07	44			100	99	98	95	90	88	85	79	59	30	A-7-6(20)	3
16		1.07-1.50	45	88	77	66	63	58	54	48	45	39	35	46	15	A-2-7(1)	18
17	4+000 LADO DERECHO	0-24	46	100	92	87	85	84	83	80	79	75	67	58	17	A-7-5(11)	6
17		24-1.10	47		100	97	96	95	94	83	80	74	65	58	28	A-7-6(16)	2
17		1.10-+		ROCA NO PENETRABLE CON BARRA													

Fuente: Ingeniera, Desarrollo e Inversiones. S.A (IDISA).

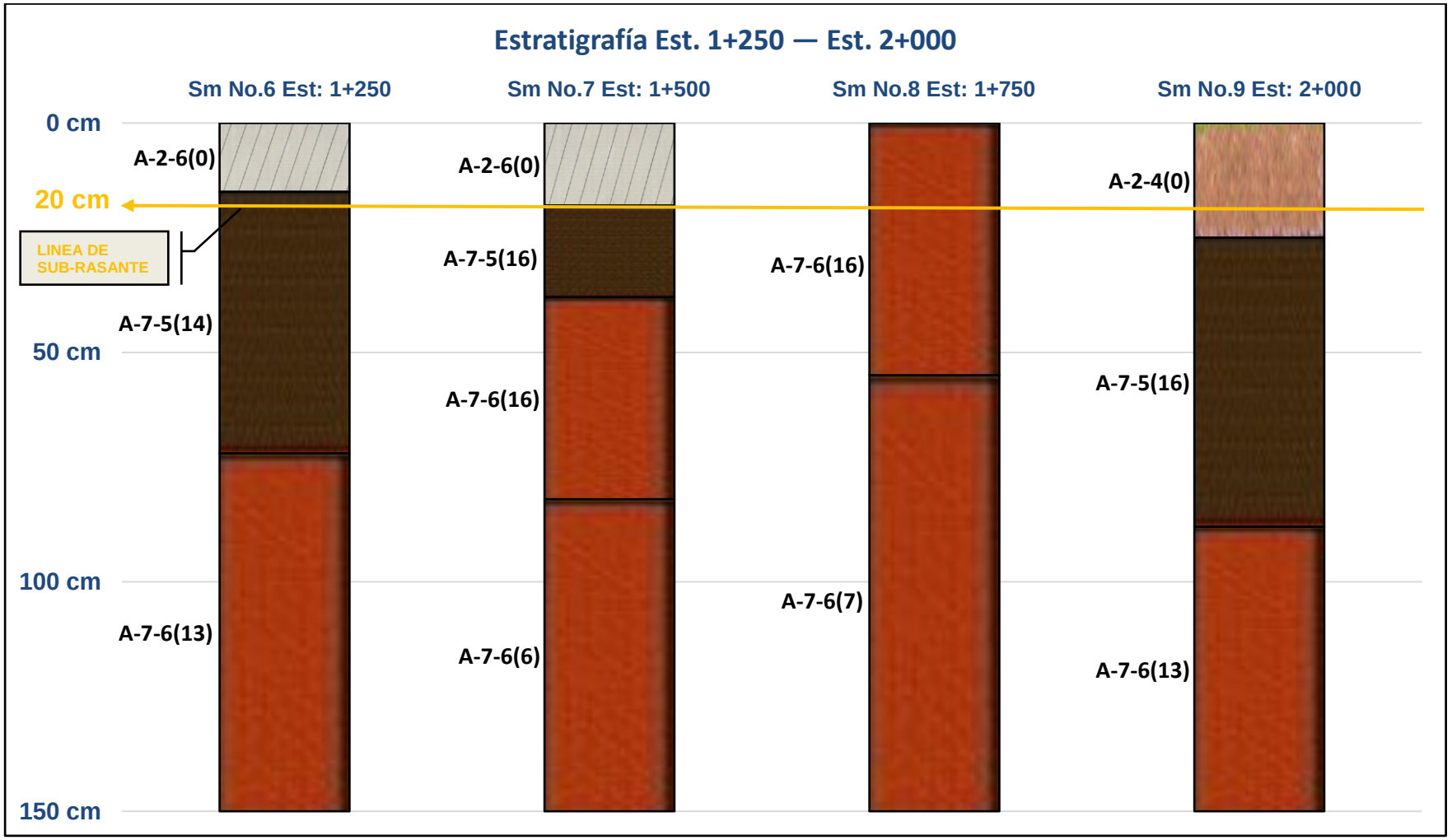
A continuación, se muestra el perfil estratigráfico del suelo en base a los resultados de los ensayes de laboratorio realizados en los sondeos de línea.

Gráfico No. 9: Estratigrafía (Sondeo No.1 al Sondeo No.5).



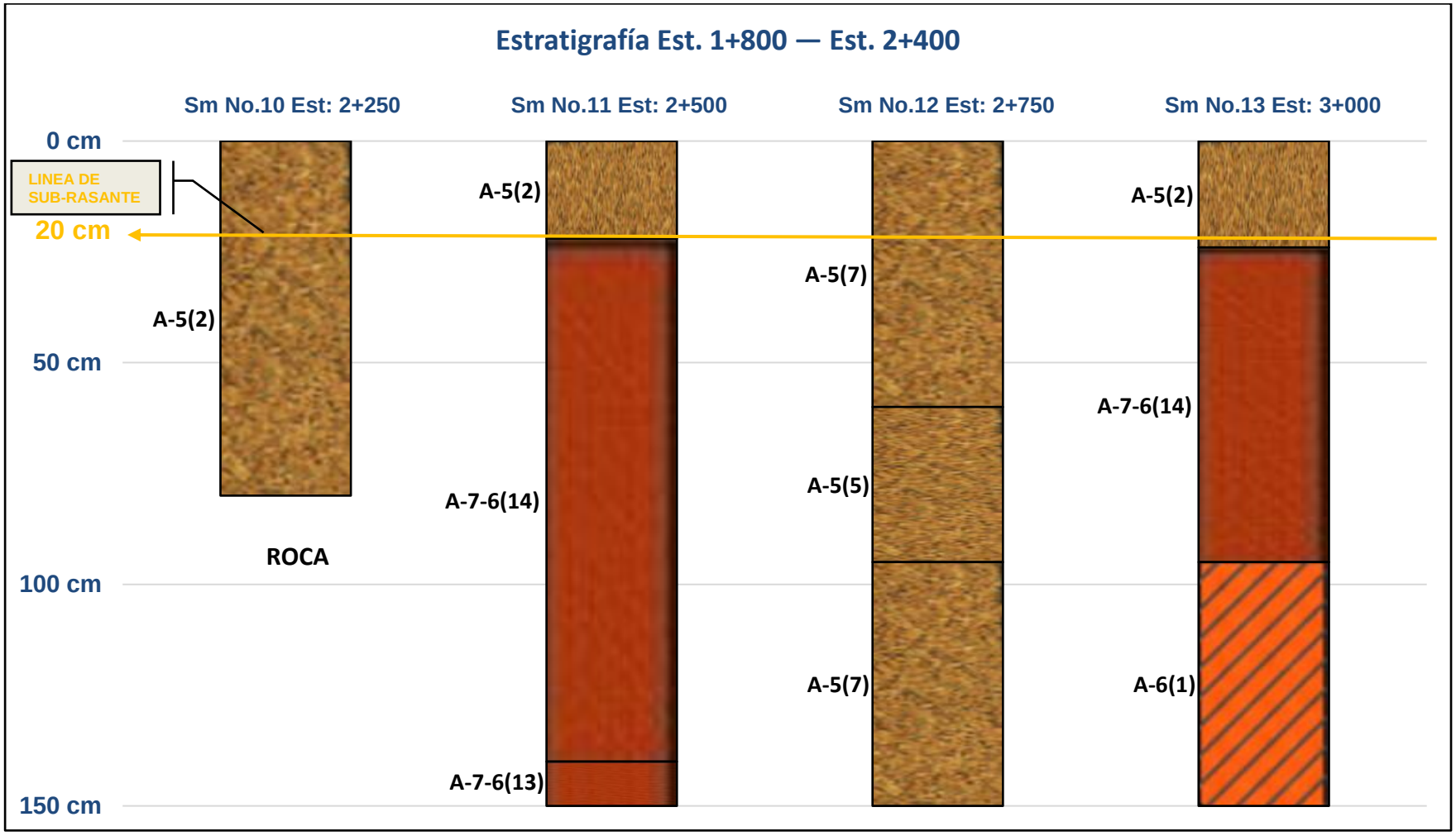
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico No. 10: Estratigrafía (Sondeo 6 al sondeo 9).



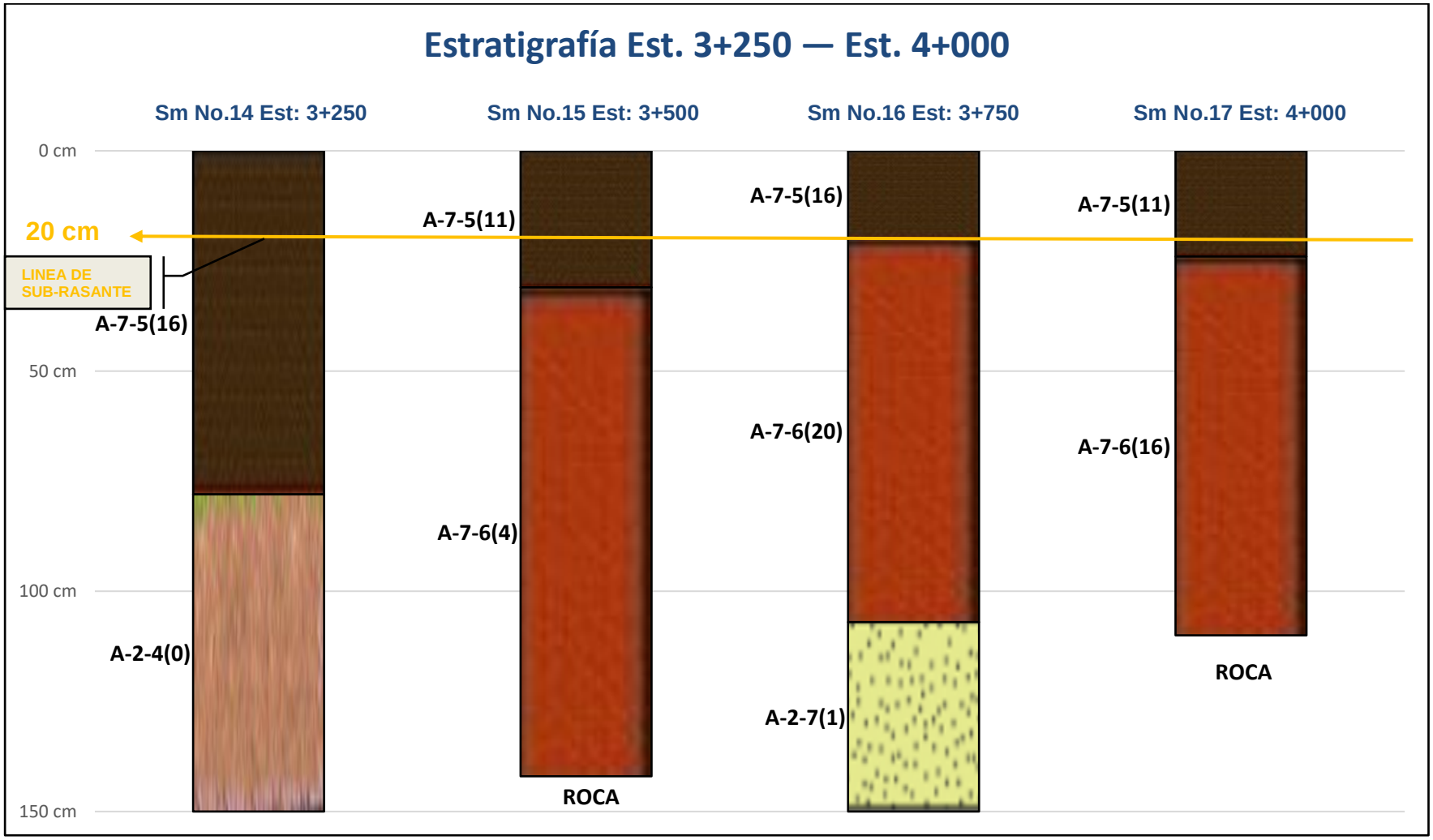
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico No. 11: Estratigrafía (Sondeo 10 al sondeo 13).



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico No. 12: Estratigrafía (Sondeo 14 al sondeo 17).



Fuente: Elaboración propia.

3.5. Investigación de bancos de materiales.

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

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

Los materiales del **banco No.1**, ubicado en la Estación 0+070 presenta una buena granulometría, limite liquido de 34 y plasticidad de 8, clasificándolo como material **A-2-4(0)**, lo que permite utilizarse como capa de rodamiento en caminos vecinales.

Los materiales del **banco No.2**, ubicado en la Estación 3+100, presenta una buena granulometría, limite liquido de 40 y plasticidad de 10, clasificándolo como material **A-2-4(0)**, lo que permite utilizarse como capa de rodamiento en caminos vecinales.

La investigación de estas fuentes de materiales consistió en determinar, mediante sondeos manuales si las condiciones del material contenido en ellas son aptas para ser utilizado en la construcción del pavimento articulado.

Se realizó un sondeo por cada banco, que consistieron en perforaciones manuales a cielo abierto, bajo la misma mecánica de procedimiento que se utilizó en los sondeos de línea, con la diferencia que los sondeos en los bancos fueron de mayor dimensión: 1.50 meros x 1.50 metros con profundidades hasta de cuatro metros.

Para la determinación de la consistencia de los suelos encontrados en los bancos, mediante ensaye CBR, se homogenizaron las muestras similares.

3.6. Resultados de los ensayes de Laboratorio realizados a los Bancos de préstamo.

Los resultados de los ensayes de laboratorio a los materiales de los bancos fueron realizados por la firma consultora Ingeniera, Desarrollo e Inversiones. S.A (IDISA). A continuación, se presentan en las **tablas Nº29 y Nº30**.

Tabla No.29: Resultados de los Ensayes realizados en Bancos de Materiales.

ENSAYES ADICIONALES (A.S.T.M)		
	BANCO #1 (Est. 0+070, LI)	**BANCO #2(Est. 3+100, LD)**
LIMITE LIQUIDO (D 423-54T)	34	40
INDICE de PLASTICIDAD (D 424-54T)	8	10
CLASIFICACION H.R.B	A-2-4(0)	A-2-4(0)
P.V.S MAXIMO (kg/m³) (D 698-55T)	1698	1819
HUMEDAD ÓPTIMA (D 698-58T)	11.6	17.7
C.B.R (AASHTO T-180)	68.2	64.7
P.V.S.S (kg/m³)	1397	1337
FACTOR DE ABUNDAMIENTO	1.4	1.36
OBSERVACIONES:	**Banco #1** **Largo:** 70 metros **Ancho:** 40 metros **Alto:** 20 metros, **Volumen Explotable: 56,000m³**	
	Banco#2 **Largo:** 25 metros **Ancho:** 22 metros **Alto:** 14 metros **Volumen Explotable: 7,700m³**	

Fuente: Ingeniera, Desarrollo e Inversiones. S.A (IDISA).

Tabla No.30: **Granulometría y CBR.**

ANALISIS GRANULOMETRICOS												CBR (95%)
UBICACIÓN	SONDEO	% QUE PASA POR TAMIZ										
		2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200	
BANCO # 1 EST. 0+070 LI	STOCK	100	97	88	71	64	45	33	28	18	10	68.2
BANCO # 2 EST. 3+100 LD	STOCK	100	91	74	64	54	49	39	32	24	15	64.7

Fuente: Ingeniera, Desarrollo e Inversiones. S.A (IDISA).

Para la **base granular** se decidió escoger el material del **banco No.1 (estación 0+070),** este no cumple con la sección 1003.23 II b. de la NIC - 2000 que indica, que para bases incluyendo las estabilizadas mecánicamente el CBR al 95% de compactación deberá ser 80% mínimo, pero si cumple con el requerimiento de CBR al 95% de compactación para Sub-bases que deberá ser 40% mínimo.

Tabla 31: Requisitos que debe cumplir el Banco No. 1, para ser utilizado como Base.

Prueba	Requerimiento mínimo NIC-2000	Banco No. 1	Valoración
Graduación	Cuadro 1003.10	Cumple	**Cumple**
Desgaste	Máx. 50%	-	**-**
Índice de plasticidad	Máx. 10%	8%	**Cumple**
CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación	Base Min. 80%	68.2%	**No Cumple**
CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación	Sub-base Min. 40%	68.2%	**Cumple**

Cuadro 1003.10 de NIC 2000, Requisitos graduación de agregados.			
Tamiz (mm)	**% que debe pasar por los tamices**	**Banco No.2**	**Valoración**
75	100	100	**Cumple**
4.75	30-70	33	**Cumple**
0.075	0-15	10	**Cumple**

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

Para la **Sub-base granular** se decidió escoger el material del **banco No.2 (estación 3+100),** este material cumple con la sección 1003.23 II b. de la NIC - 2000 que indica, que para Sub-bases incluyendo las estabilizadas mecánicamente el CBR al 95% de compactación deberá ser 40% mínimo.

Tabla 32: Requisitos que debe cumplir el Banco No. 2, para ser utilizado como Sub-Base.

Prueba	Requerimiento mínimo NIC-2000	Banco No. 2	Valoración
Graduación	Cuadro 1003.10	Cumple	**Cumple**
Desgaste	Máx. 50%	-	**-**
Índice de plasticidad	Máx. 10%	10%	**Cumple**
CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación	base Min.80%	64.7%	**No Cumple**
CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación	Sub-base Min.40%	64.7%	**Cumple**

Cuadro 1003.10 de NIC 2000, Requisitos graduación de agregados.			
Tamiz (mm)	**% que debe pasar por los tamices**	**Banco No.2**	**Valoración**
75	100	100	**Cumple**
4.75	30-70	39	**Cumple**
0.075	0-15	15	**Cumple**

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

3.7. Estabilización con cemento del material del Banco de préstamo No. 1.

De acuerdo con los resultados obtenidos se considerará utilizar como fuente de materiales para capa de base el **Banco Nº 1 (Est. 0+070),** en vista de que es uno de los que presenta un volumen aproximado a explotar de 56,000.00 m^3. Debido a que su resistencia (CBR) no se ajusta a las mínimas establecidas en las normas para ser utilizado como base granular **(Ver tabla No.31, pág. 43)**, se consideró estabilizar su material con cemento, siendo que esta alternativa ha representado una experiencia con buenos resultados en los proyectos viales del país.

El material que contiene dicho banco deberá cumplir con las especificaciones para materiales naturales estabilizadas con cemento de la norma NIC 2000 Sección 1003.23 – II (d).

Tabla No. 33: Estabilización con Cemento Portland.

IDISA

INGENIERIA, DESARROLLO E INVERSIONES, S.A.

Barrio San Luis, del Edificio Armando Guido 5 c. al sur 1 1/2 c. abajo

Telfs.: 2248-1160, 2248-1729, 2244-2095.

E-mail: idisa@turbonett.com.ni

CLIENTE: ING. JIMMY SIERRA MERCADO

FECHA: 12/04/2017

PROYECTO: EL AMPARO-SAN JUAN (YALI)

PROCEDENCIA:Banco No.1 EST. 0+070 LI

RESULTADOS DE ENSAYES (BANCO DE MATERIAL)

ESTABILIZACION CON CEMENTO ASTM D-1633-00							
ENSAYO No.	SONDEO	DOSIFICACION DE CEMENTO	EDAD (DIAS)	CARGA (lb)	CARGA (kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm^2)	RESISTENCIA A LA COMPRESION (Lb/plg^2)
1	STOCK	4%	7	2692	1221	18.11	257.63
2	STOCK	6%	7	3104	1408	22.3	317.23

Fuente: Ingeniera, Desarrollo e Inversiones. S.A (IDISA).

Todas las pruebas de resistencia se realizaron con especímenes de suelo-cemento, sometidas a curado de 7 días. Según la Tabla No. 30, la opción más óptima es usar una dosificación de **6%** de cemento con una resistencia última a la compresión de **22.3 Kg/cm^2**, ya que este valor es mayor al mínimo establecido por las normas NIC 2000 sección 1003.23 – II (d), que indica una resistencia última a la compresión de al menos 1800KN /m^2 o 21 Kg/cm^2 medidas después de 7 días de curado.

3.8. Determinación del CBR de Diseño de subrasante.

El CBR es una medida comparativa de la resistencia al corte de un suelo, material granular o estabilizado, y se define como la relación porcentual entre la carga unitaria requerida para penetrar un pistón normalizado, una profundidad determinada dentro de una muestra del material bajo ensayo, y la carga unitaria requerida para penetrar el mismo pistón, y a la misma profundidad, en una mezcla patrón de piedra picada, tal y como se indica a continuación:

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

Tabla No. 34: Criterio del Instituto del Asfalto para determinar el CBR de Diseño.

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

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

Aplicando los resultados de los ensayes de línea que forman parte de la subrasante que en este caso se consideró a una profundidad de 0.20 metros, ya que es donde se encuentran los suelos más estables, dichos se utilizaron para elaborar la gráfica de los porcentajes de distribución de CBR al 95% **(Ver Graf. No. 13, pág. 48)**

Tabla No. 35: Valores utilizados para el diseño de CBR de Sub-rasante.

CLASIFICACION AASHTO	CBR AL 95%	FRECUENCIA	CANTIDAD DE VALORES IGUALES O MAYORES	PORCENTAJES
A-7-6	4	7	38	100%
A-7-5, A-7-6	5	11	31	82%
A-7-5	6	1	20	53%
A-7-5	7	4	19	50%
A-7-5	8	6	15	39%
A-5, A-6	10	3	9	24%
A-5	11	1	6	16%
A-5	12	1	5	13%
A-2-5	17	1	4	11%
A-2-7	18	1	3	8%
A-2-4	30	1	2	5%
A-2-4	35	1	1	3%
No. DE MUESTRAS UTILZADAS		**38 de 47**		

OBSERVACIONES:

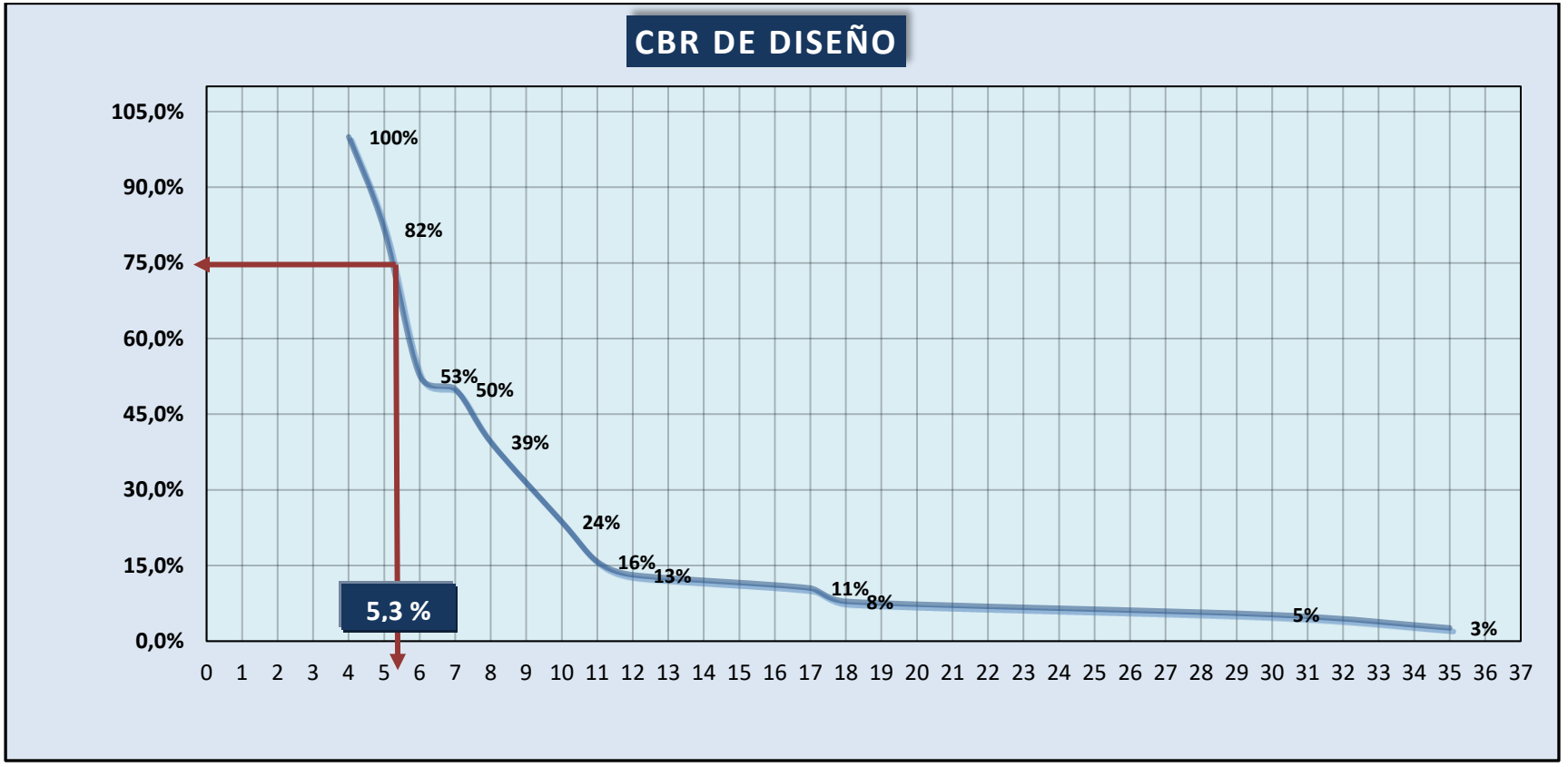
1- Para el diseño de la subrasante se utilizaron solo las muestras de CBR de suelos que se encuentran localizados por debajo de la sub-rasante considerada a 0.20 metros de profundidad.

2- 47 es el número total de muestras tomadas en los sondeos de línea.

Fuente: Elaboración propia.

Aplicando el criterio de la tabla No. 34 el Percentil de diseño en base al ESAL's de diseño es de 75%. Por lo tanto, se obtiene:

Gráfico No. 13: CBR de Diseño para la Sub-rasante.



FUENTE: Elaboración propia.

En base a estos datos de los resultados de los ensayes de línea se elabora el gráfico donde se determina el CBR de Diseño para la sub-rasante, resultando un valor igual a **5.3%**. Este porcentaje refleja una muestra representativa de los valores del CBR encontrados en la línea.

CAPÍTULO IV

ESTUDIO HIDROLOGICO Y DISEÑO HIDRAULICO

4.1. Metodología.

Se realizó una inspección de campo para observar in situ las características topográficas del terreno, tipo de suelo y analizar las condiciones de cada cruce en relación con el deterioro por el efecto de las aguas que drenan, así como las pendientes, características y el sentido del flujo a drenar. Una vez definidos los datos fisiográficos de las sub-cuencas del proyecto, se procedió a realizar los cálculos hidrológicos.

4.1.1. Caracterización y determinación de los parámetros para el cálculo del caudal por el método racional.

4.1.1.1. Límites de la Cuenca de drenaje.

Para determinar el área de drenaje que aporta escorrentía a la vía, se utilizó el programa Google Earth, estas áreas por ser muy pequeñas fueron confirmadas en el campo. Se obtienen las longitudes de las corrientes de cada micro cuenca, así como la elevación máxima y mínima**. (Ver Anexo D, Imágenes No.44-No.46., págs. XXIV-XXV)**

4.1.1.2. División de la cuenca en sub-cuencas.

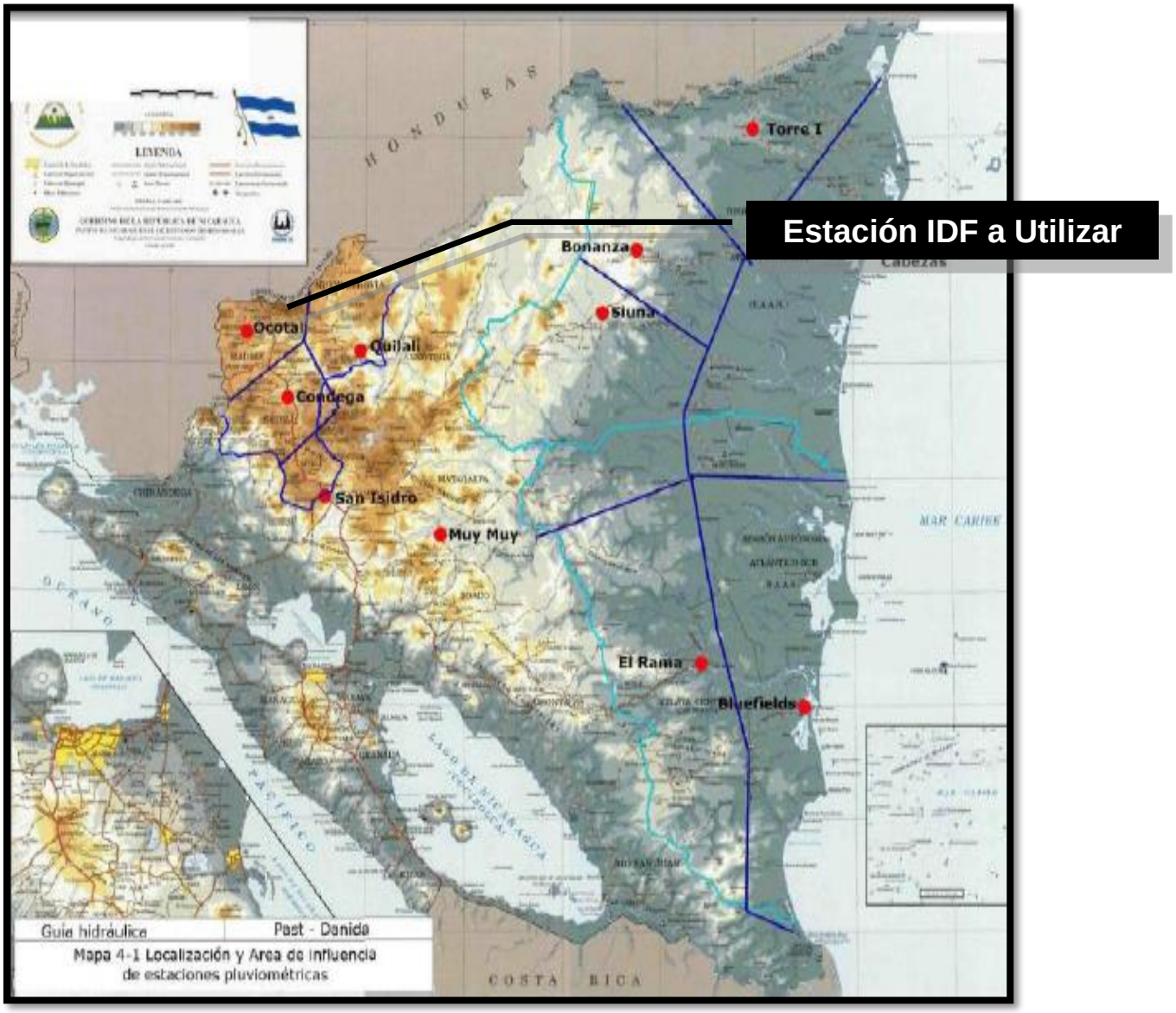
El tamaño de la sub-cuenca está determinado por las limitaciones del método racional que se aplica en cuencas cuya área de aportación es menor de 500 Ha (5.0 km^2). Para cada sub-cuenca se determinan las características hidrometeorológicas como son: área, longitud, pendiente, tiempo de concentración intensidad duración frecuencia y caudal.

4.1.1.3. Intensidad Duración Frecuencia (IDF).

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

Los datos obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Imagen No. 3. Mapa de estaciones IDF.



***Fuente**: INETER, Past– Danida.*

Tabla No. 36: Factores de ajuste para la estación de Condega.

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

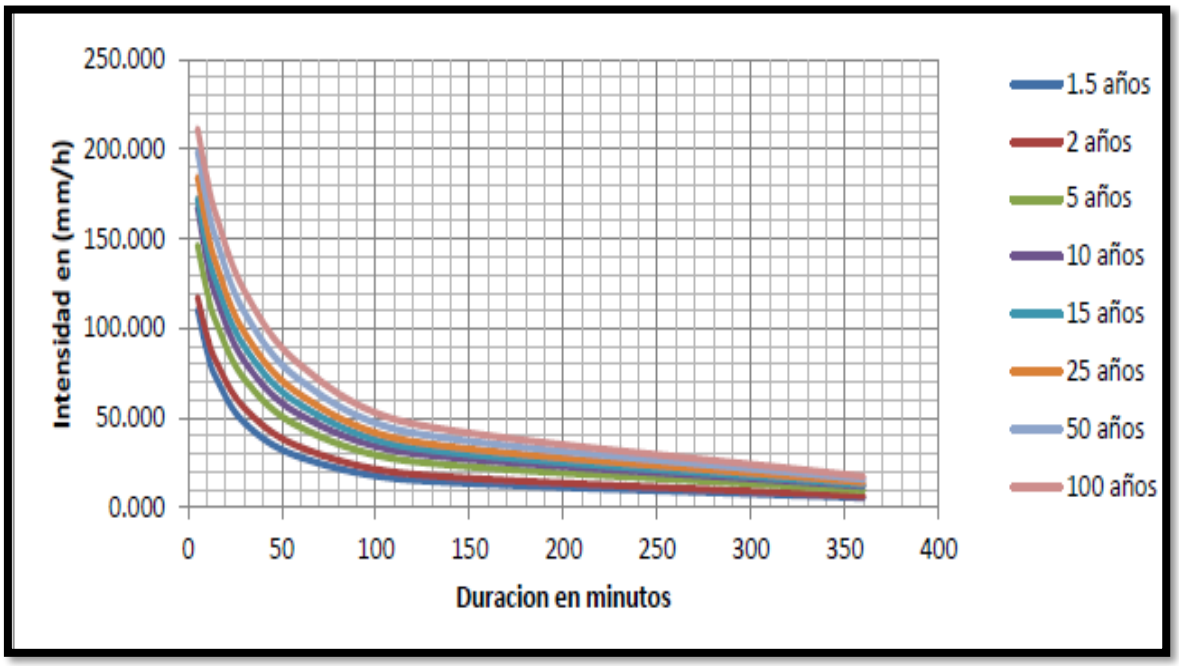
Fuente: INETER, Past– Danida.

Tabla No. 37: 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 No. 14. Curvas IDF estación Condega.



Fuente: INETER, Past– Danida.

4.1.1.4. 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:

- **Sub-cuenca Cunetas: SC-1, SC-2, SC-4, SC-5, SC-7, SC-8, SC-10, SC-11, SC-13, SC-14, SC-16, SC-17, SC-19, SC-20, SC-22.**

Se tomó un periodo de retorno de 25 años el cual depende del tipo de carretera y el tipo de obra de drenaje a utilizarse.

- **Sub-cuenca Alcantarilla: SC-3 y SC- 18.**

Se tomó un periodo de retorno de 15 años el cual depende del tipo de carretera y el tipo de obra de drenaje a utilizarse.

El manual de carreteras MOP recomienda un mínimo de 10 a 20 años para vías secundarias en alcantarillas menores a 1500 mm de diámetro (Loaisiga, Tirado, & Lanza, 2011, pág. 24).

- **Sub-cuenca Vado: SC-6, SC-9, SC-12, SC-15 y SC-21.**

Se tomó un periodo de retorno de 2 años.
Según la guía hidráulica para el diseño de obras de drenaje en caminos rurales, el caudal de diseño para un drenaje de plataforma (badén) se debe calcular para un período de retorno de 2 años, usando el Método Racional (PAST-DANIDA, 2004, p. 17).

4.1.1.5. Caudal (Q).

Considerando las dimensiones de la cuenca, se usa el Método Racional el cual tiene una base sencilla y lógica que consiste en que el caudal de escorrentía es una proporción del agua de lluvia. Para este estudio, se considera que las áreas de drenaje menores de 3.0 km^2, corresponden a cuencas pequeñas, tal como se indica en la Guía Hidráulica para el Diseño de Obras de Drenaje en Caminos Rurales. Para el cálculo del caudal se utiliza la ecuación:

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

Dónde:

Q: Caudal en m^3/s.
C: Coeficiente de escorrentía de la cuenca o superficie drenada, es adimensional.
I: Intensidad media de precipitación en mm/h correspondiente al periodo de retorno considerado y a un intervalo igual a tiempo de concentración.
A: Área de drenaje de la cuenca en hectáreas o km

4.1.1.6. Coeficiente de Escorrentía.

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

C = Us * Ts * Pt (Ecuación 9)

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 No. 38: Criterios para cálculo de 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: Elaboración Propia.

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

Tabla No. 39: Datos de Us, Ts y Pt.

Sub Cuenca	Uso del Suelo	Us	Tipo de Suelo	Ts	Pendiente del Terreno (%)	Pt
SC-1	Maleza	0.06	Semipermeables	1.25	3.1 - 5.0	1.5
SC-2	Vegetación Densa	0.04	Semipermeables	1.25	10.1 - 20	2.5
SC-3	Vegetación Densa	0.04	Semipermeables	1.25	5.1 - 10	2.0
SC-4	Maleza	0.06	Semipermeables	1.25	5.1 - 10	2.0
SC-5	Maleza	0.06	Semipermeables	1.25	10.1 - 20	2.5
SC-6	Maleza	0.06	Semipermeables	1.25	5.1 - 10	2.0
SC-7	Maleza	0.06	Semipermeables	1.25	5.1 - 10	2.0
SC-8	Maleza	0.06	Semipermeables	1.25	20.1 - más	3.0
SC-9	Maleza	0.06	Semipermeables	1.25	5.1 - 10	2.0
SC-10	Maleza	0.06	Semipermeables	1.25	5.1 - 10	2.0
SC-11	Maleza	0.06	Semipermeables	1.25	5.1 - 10	2.0
SC-12	Maleza	0.06	Semipermeables	1.25	20.1 - más	3.0
SC-13	Maleza	0.06	Semipermeables	1.25	10.1 - 20	2.5
SC-14	Vegetación Densa	0.04	Semipermeables	1.25	10.1 - 20	2.5
SC-15	Vegetación Densa	0.04	Semipermeables	1.25	20.1 - más	3.0
SC-16	Vegetación Densa	0.04	Semipermeables	1.25	10.1 - 20	2.5
SC-17	Vegetación Densa	0.04	Semipermeables	1.25	10.1 - 20	2.5
SC-18	Maleza	0.06	Semipermeables	1.25	5.1 - 10	2.0
SC-19	Vegetación Densa	0.04	Semipermeables	1.25	20.1 - más	3.0
SC-20	Maleza	0.06	Semipermeables	1.25	10.1 - 20	2.5
SC-21	Maleza	0.06	Semipermeables	1.25	20.1 - más	3.0
SC-22	Maleza	0.06	Semipermeables	1.25	5.1 - 10	2.0

Fuente: Elaboración Propia.

4.1.1.7. Pendiente (Sc).

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

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

Dónde:

Sc: Pendiente en m/m.
Hmáx: Elevación máxima de la sub-cuenca.
Hmín: Elevación mínima de la sub-cuenca.
L: Longitud.

4.1.1.8. 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.

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

Dónde:

Tc: Tiempo de concentración en minutos.

L: Longitud máxima en metros.

S: Pendiente media del terreno.

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

5.1.1.9. Intensidad de lluvia.

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

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

Dónde:

I: Intensidad de lluvia en mm/h.

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

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

Tabla No. 40: 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 No. 41: Caudales de diseño.

CALCULO DEL CAUDALES DE LAS SUBCUENCAS POR EL MÉTODO RACIONAL													
SUB CUENCA	ÁREA	LONG	Hmax	Hmin	Sc		tc	I	Coeficiente de escorrentía				Caudal
	km2	m	m	m	m/m	%	min	mm/hora	Us	Ts	Pt	C	m3/s
1	2	3	4	5	6	7	7	8	9	10	11	12	13
SC-1	0.0196	140	798.00	792.00	0.0429	4.29%	1.55	184.69	0.06	1.25	1.50	0.113	0.113
SC-2	0.0224	60	798.00	787.00	0.1833	18.33%	0.46	184.69	0.04	1.25	2.50	0.125	0.143
SC-3	0.0985	539	833.00	788.00	0.0835	8.35%	3.38	172.59	0.04	1.25	2.00	0.100	0.472
SC-4	0.0096	60	794.00	788.00	0.1000	10.00%	0.58	184.69	0.06	1.25	2.00	0.150	0.074
SC-5	0.0091	76	794.00	786.00	0.1053	10.53%	0.68	184.69	0.06	1.25	2.50	0.188	0.088
SC-6	0.0033	98	801.00	796.00	0.0509	5.09%	1.10	117.32	0.06	1.25	2.00	0.150	0.016
SC-7	0.0126	104	803.00	796.00	0.0673	6.73%	1.03	184.69	0.06	1.25	2.00	0.150	0.097
SC-8	0.0106	84	820.00	803.00	0.2024	20.24%	0.57	184.69	0.06	1.25	3.00	0.225	0.122
SC-9	0.0015	84	847.00	841.00	0.0718	7.18%	0.85	117.32	0.06	1.25	2.00	0.150	0.008
SC-10	0.0127	156	865.00	843.00	0.1410	14.10%	1.06	184.69	0.06	1.25	2.00	0.150	0.098
SC-11	0.0008	42	967.00	964.00	0.0714	7.14%	0.50	184.69	0.06	1.25	2.00	0.150	0.006
SC-12	0.0015	96	1007.00	964.00	0.4465	44.65%	0.47	117.32	0.06	1.25	3.00	0.225	0.011
SC-13	0.0024	100	984.00	964.00	0.2000	20.00%	0.66	184.69	0.06	1.25	2.50	0.188	0.023
SC-14	0.0026	138	1101.00	1085.00	0.1159	11.59%	1.04	184.69	0.04	1.25	2.50	0.125	0.016
SC-15	0.0015	84	1108.00	1085.00	0.2751	27.51%	0.51	117.32	0.04	1.25	3.00	0.150	0.008
SC-16	0.0024	37	1092.00	1085.00	0.1892	18.92%	0.31	184.69	0.04	1.25	2.50	0.125	0.015
SC-17	0.0151	193	1050.00	1022.00	0.1451	14.51%	1.24	184.69	0.04	1.25	2.50	0.125	0.097
SC-18	0.0626	497	1112.00	1022.00	0.1811	18.11%	2.35	172.59	0.06	1.25	2.00	0.150	0.450
SC-19	0.0065	151	1021.00	987.00	0.2252	22.52%	0.87	184.69	0.04	1.25	3.00	0.150	0.050
SC-20	0.0036	129	1005.00	992.00	0.1008	10.08%	1.04	184.69	0.06	1.25	2.50	0.188	0.035
SC-21	0.0100	180	1058.00	991.00	0.3722	37.22%	0.82	117.32	0.06	1.25	3.00	0.225	0.073
SC-22	0.0042	56	994.00	991.00	0.0536	5.36%	0.70	184.69	0.06	1.25	2.00	0.150	0.032

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.10. 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 las tablas con los datos calculados para la realización de los hidrogramas triangulares sintéticos donde se muestran tiempos y caudales interpolados.

Tabla No. 42: Datos para Hidrogramas Triangular Sintético (Cunetas).

Hidrograma SC-1		**Hidrograma SC-2**		**Hidrograma SC-4**		**Hidrograma SC-5**	
t=tc/2=	**2.50**	**t=tc/2=**	**2.50**	**t=tc/2=**	**2.50**	**t=tc/2=**	**2.50**
t(min)	Q(m3/s)	t(min)	Q(m3/s)	t(min)	Q(m3/s)	t(min)	Q(m3/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.06	2.50	0.07	2.50	0.04	2.50	0.04
5.00	**0.113**	**5.00**	**0.143**	**5.00**	**0.074**	**5.00**	**0.088**
7.50	0.06	7.50	0.07	7.50	0.04	7.50	0.04
10.00	0.00	10.00	0.00	10.00	0.00	10.00	0.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 43: Datos para Hidrogramas Triangular Sintético (Cunetas).

Hidrograma SC-7		**Hidrograma SC-8**		**Hidrograma SC-10**		**Hidrograma SC-11**	
t=tc/2=	**2.50**	**t=tc/2=**	**2.50**	**t=tc/2=**	**2.50**	**t=tc/2=**	**2.50**
t(min)	Q(m3/s)	t(min)	Q(m3/s)	t(min)	Q(m3/s)	t(min)	Q(m3/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.05	2.50	0.06	2.50	0.05	2.50	0.00
5.00	**0.10**	**5.00**	**0.12**	**5.00**	**0.098**	**5.00**	**0.006**
7.50	0.05	7.50	0.06	7.50	0.05	7.50	0.00
10.00	0.00	10.00	0.00	10.00	0.00	10.00	0.00

Fuente*:* Elaboración propia.

Tabla No. 44: Datos para Hidrogramas Triangular Sintético (Cunetas).

Hidrograma SC-13		Hidrograma SC-14		Hidrograma SC-16		Hidrograma SC-17	
t=tc/2=	2.50	t=tc/2=	2.50	t=tc/2=	2.50	t=tc/2=	2.50
t(min)	Q(m3/s)	t(min)	Q(m3/s)	t(min)	Q(m3/s)	t(min)	Q(m3/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.01	2.50	0.01	2.50	0.01	2.50	0.05
5.00	**0.023**	**5.00**	**0.016**	**5.00**	**0.02**	**5.00**	**0.10**
7.50	0.01	7.50	0.01	7.50	0.01	7.50	0.05
10.00	0.00	10.00	0.00	10.00	0.00	10.00	0.00

Fuente: Elaboración propia.

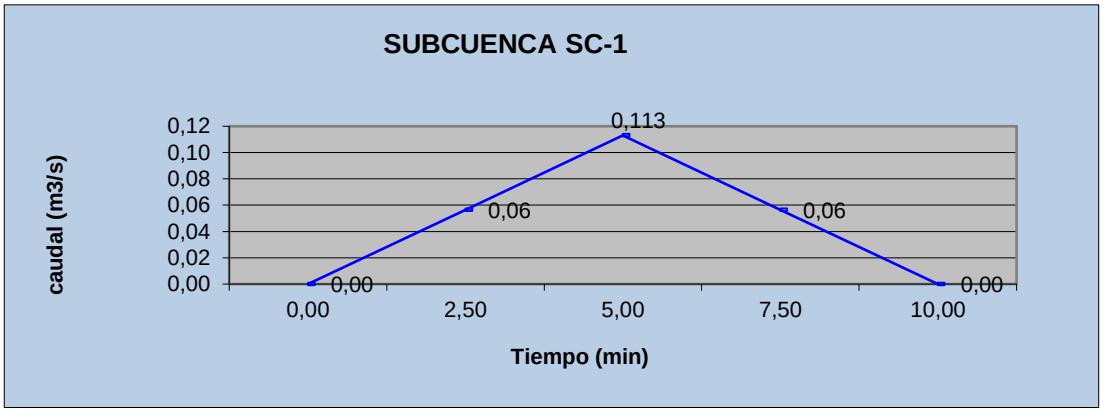
Tabla No. 45: Datos para Hidrogramas Triangular Sintético (Cunetas).

Hidrograma SC-19		Hidrograma SC-20		Hidrograma SC-22	
t=tc/2=	2.50	t=tc/2=	2.50	t=tc/2=	2.50
t(min)	Q(m3/s)	t(min)	Q(m3/s)	t(min)	Q(m3/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.02	2.50	0.02	2.50	0.02
5.00	**0.05**	**5.00**	**0.03**	**5.00**	**0.032**
7.50	0.02	7.50	0.02	7.50	0.02
10.00	0.00	10.00	0.00	10.00	0.00

Fuente: Elaboración propia.

Hidrogramas Triangulares Sintéticos (Cunetas).

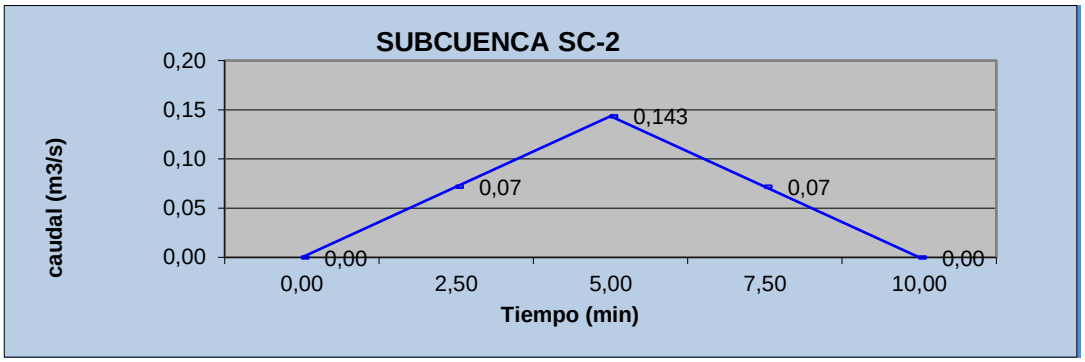
Gráfico No. 15: SC - 1.



Fuente: Elaboración propia.

Caudal pico de 0.113 m^3/s en un tiempo de 5 minutos.

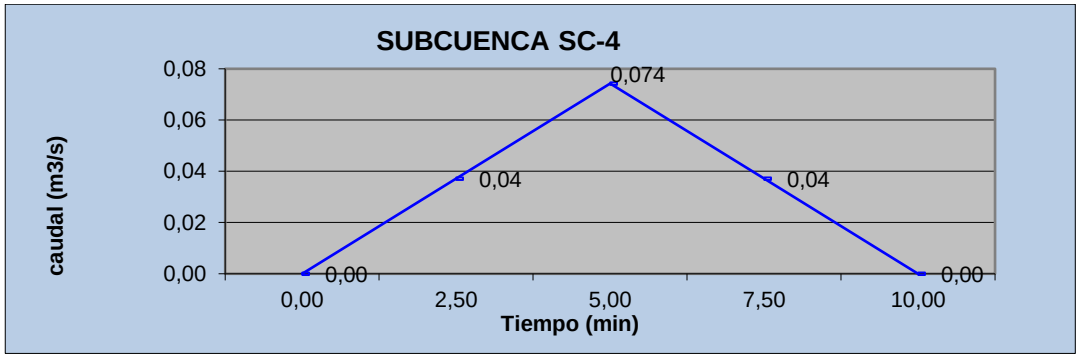
Gráfico No. 16: SC - 2.



Fuente: Elaboración propia**.**

Caudal pico de 0.143 m^3/s en un tiempo de 5 minutos.

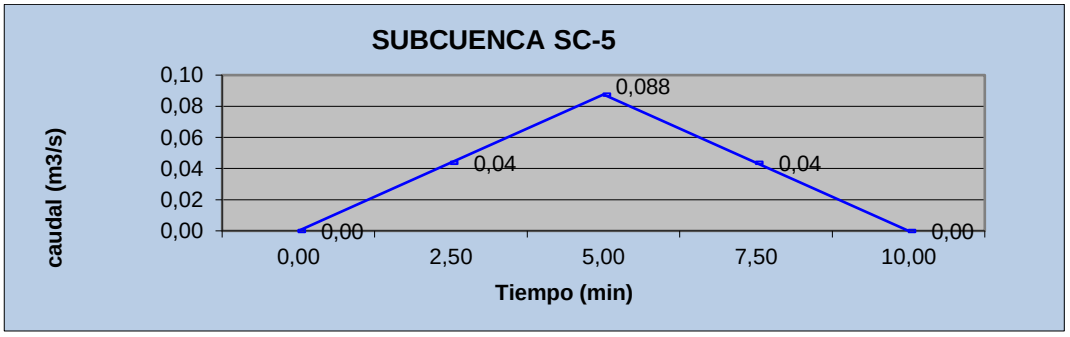
Gráfico No. 17: SC - 4.



Fuente: Elaboración propia**.**

Caudal pico de 0.074 m^3/s en un tiempo de 5 minutos.

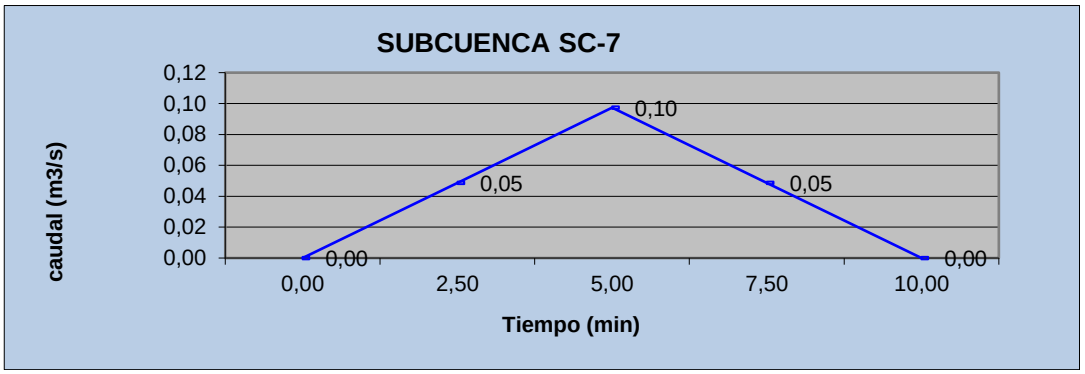
Gráfico No. 18: SC - 5.



Fuente: Elaboración propia**.**

Caudal pico de 0.088 m^3/s en un tiempo de 5 minutos.

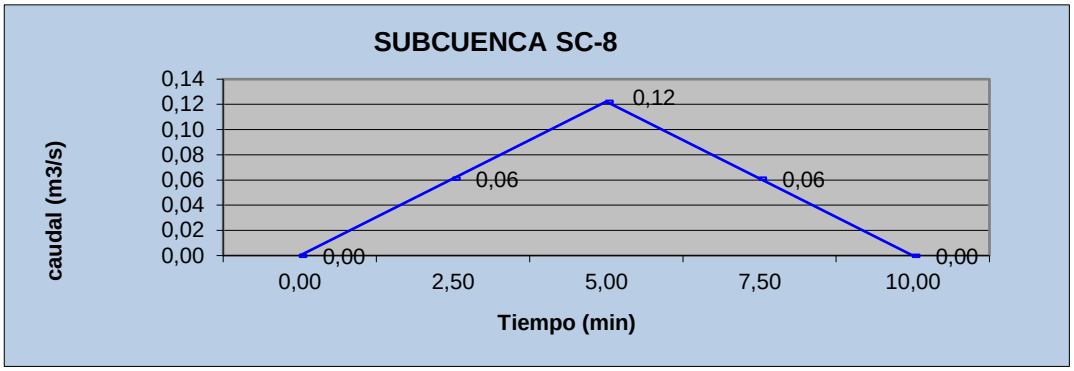
Gráfico No. 19: SC - 7.



Fuente: Elaboración propia**.**

Caudal pico de 0.10 m^3/s en un tiempo de 5 minutos.

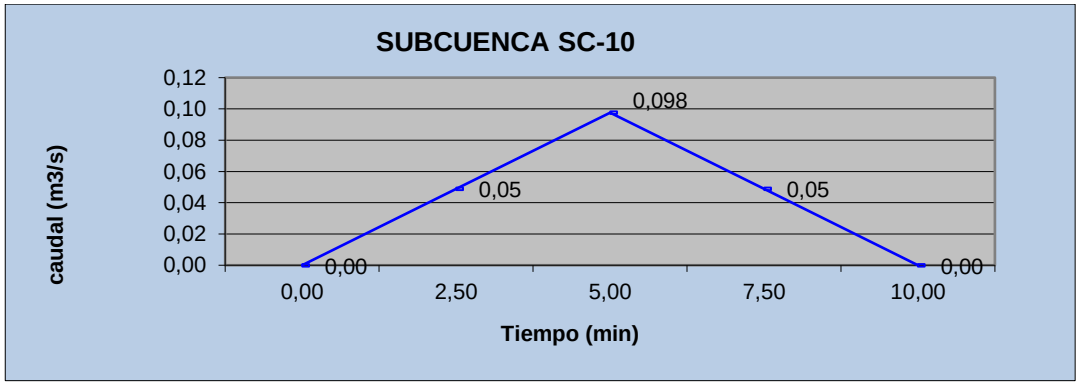
Gráfico No. 20 SC - 8.



Fuente: Elaboración propia**.**

Caudal pico de 0.12 m^3/s en un tiempo de 5 minutos.

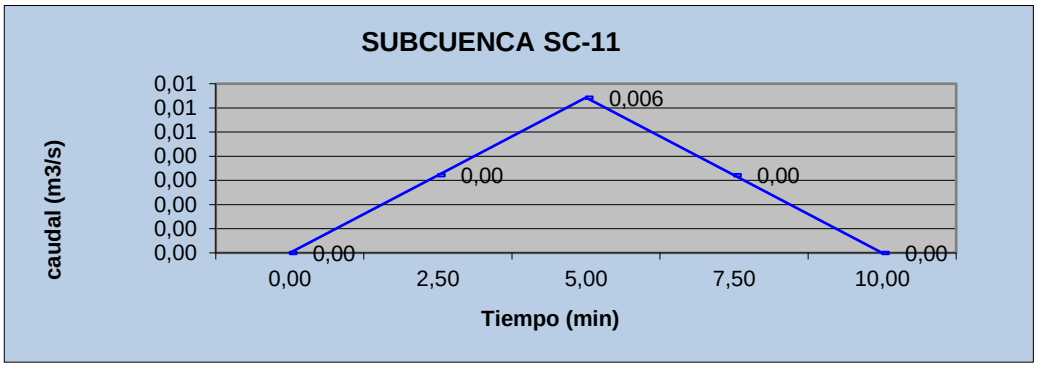
Gráfico No. 21: SC - 10.



Fuente: Elaboración propia**.**

Caudal pico de 0.098 m^3/s en un tiempo de 5 minutos.

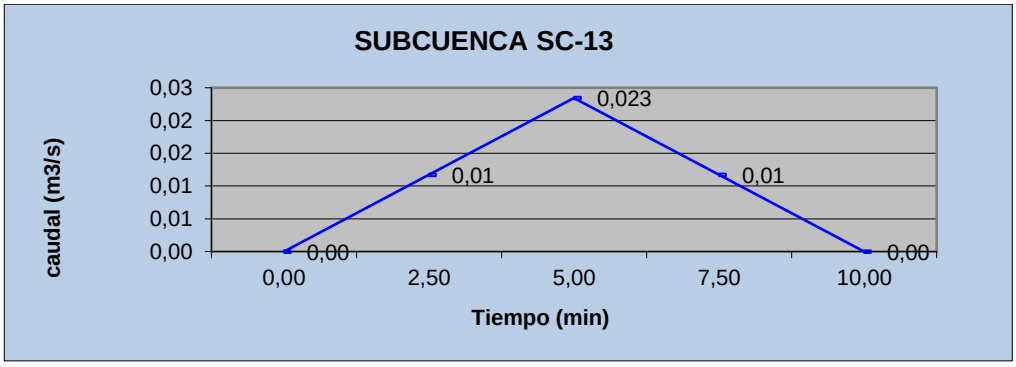
Gráfico No. 22: SC - 11.



Fuente: Elaboración propia**.**

Caudal pico de 0.006 m^3/s en un tiempo de 5 minutos.

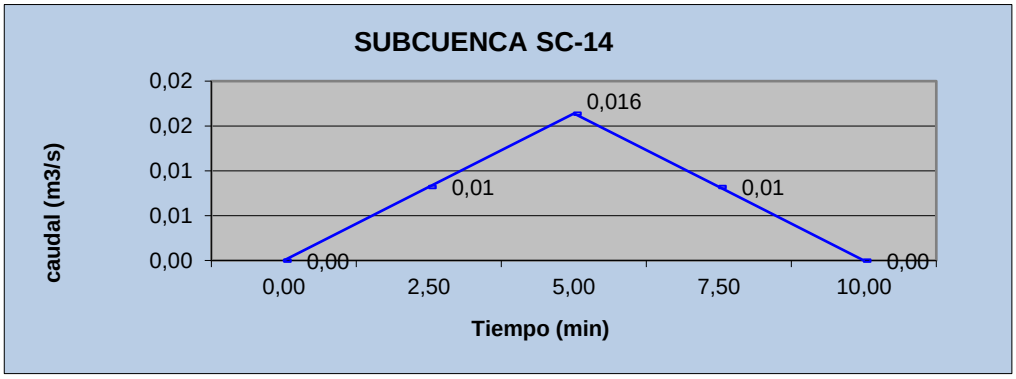
Gráfico No. 23: SC - 13.



Fuente: Elaboración propia**.**

Caudal pico de 0.023 m^3/s en un tiempo de 5 minutos.

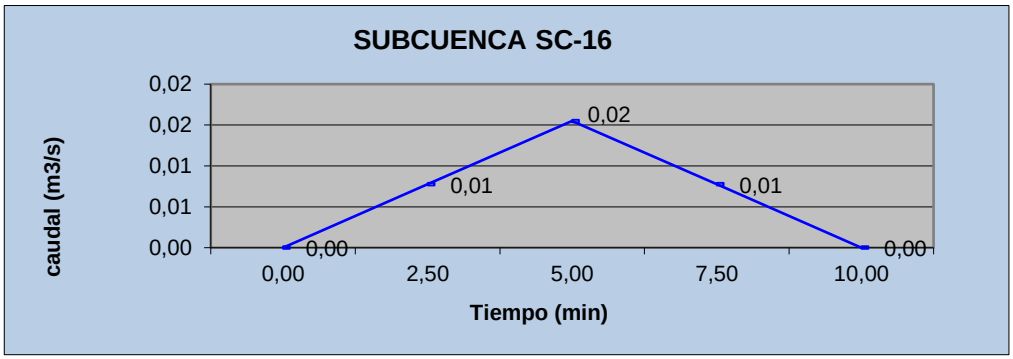
Gráfico No. 24: SC - 14.



Fuente: Elaboración propia**.**

Caudal pico de 0.016 m^3/s en un tiempo de 5 minutos.

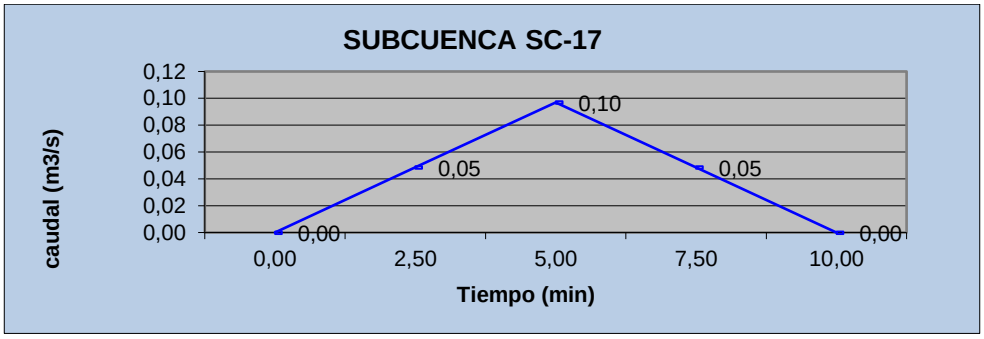
Gráfico No. 25: SC - 16.



Fuente: Elaboración propia**.**

Caudal pico de 0.02 m^3/s en un tiempo de 5 minutos.

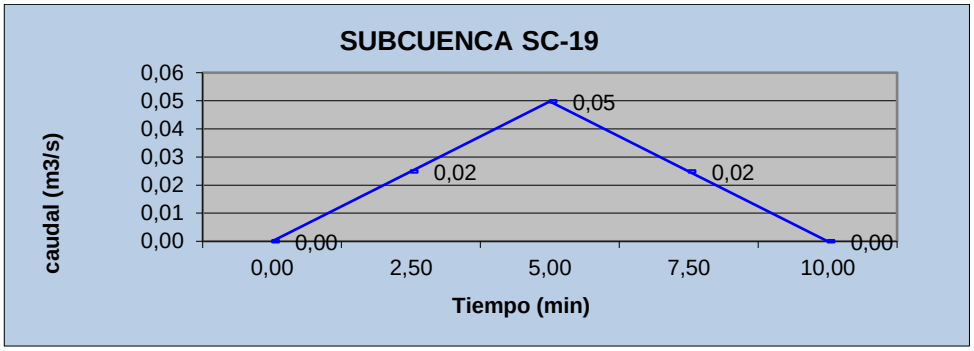
Gráfico No. 26: SC - 17.



Fuente: Elaboración propia**.**

Caudal pico de 0.15 m^3/s en un tiempo de 5 minutos.

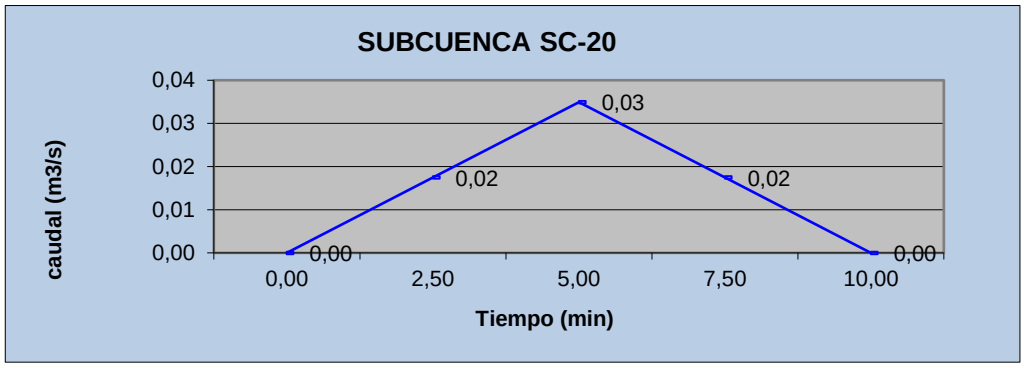
Gráfico No. 27: SC - 19.



Fuente: Elaboración propia**.**

Caudal pico de 0.07 m^3/s en un tiempo de 5 minutos.

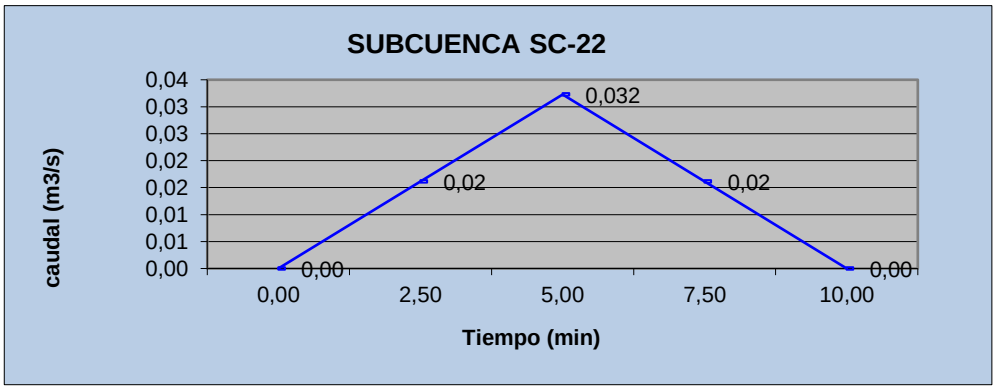
Gráfico No. 28: SC - 20.



Fuente: Elaboración propia**.**

Caudal pico de 0.03 m^3/s en un tiempo de 5 minutos.

Gráfico No. 29: SC - 22.



Fuente: Elaboración propia**.**

Caudal pico de 0.032 m^3/s en un tiempo de 5 minutos.

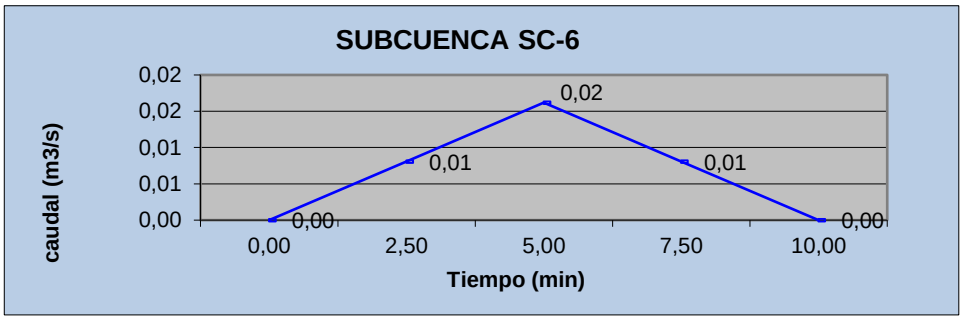
Tabla No. 46: Datos para Hidrogramas Triangular Sintético (Vado).

Hidrograma SC-6		**Hidrograma SC-9**		**Hidrograma SC-12**		**Hidrograma SC-15**		**Hidrograma SC-21**	
t=tc/2=	**2.50**	**t=tc/2=**	**2.50**	**t=tc/2=**	**2.50**	**t=tc/2=**	**2.50**	**t=tc/2=**	**2.50**
t(min)	Q(m3/s)	t(min)	Q(m3/s)	t(min)	Q(m3/s)	t(min)	Q(m3/s)	t(min)	Q(m3/s)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.01	2.50	0.00	2.50	0.01	2.50	0.00	2.50	0.04
5.00	**0.02**	**5.00**	**0.008**	**5.00**	**0.01**	**5.00**	**0.008**	**5.00**	**0.07**
7.50	0.01	7.50	0.00	7.50	0.01	7.50	0.00	7.50	0.04
10.00	0.00	10.00	0.00	10.00	0.00	10.00	0.00	10.00	0.00

Fuente: Elaboración propia**.**

Hidrogramas Triangulares Sintéticos (Vados).

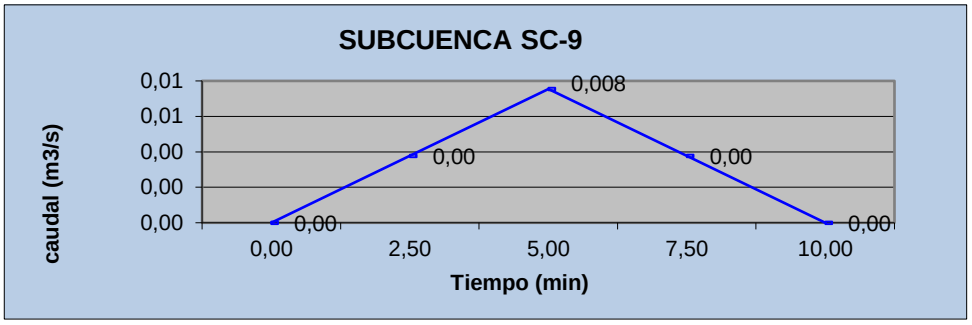
Gráfico No. 30: SC - 6.



Fuente: Elaboración propia**.**

Caudal pico de 0.02 m^3/s en un tiempo de 5 minutos.

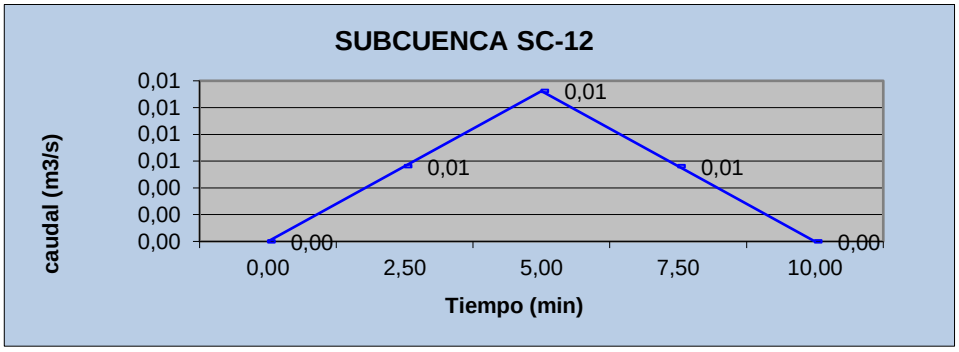
Gráfico No. 31: SC - 9.



Fuente: Elaboración propia**.**

Caudal pico de 0.008 m^3/s en un tiempo de 5 minutos.

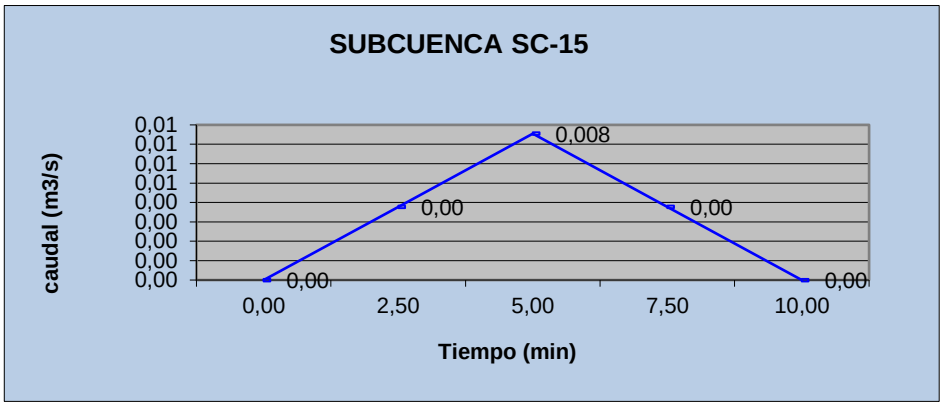
Gráfico No. 32: SC - 12.



Fuente: Elaboración propia**.**

Caudal pico de 0.01 m^3/s en un tiempo de 5 minutos.

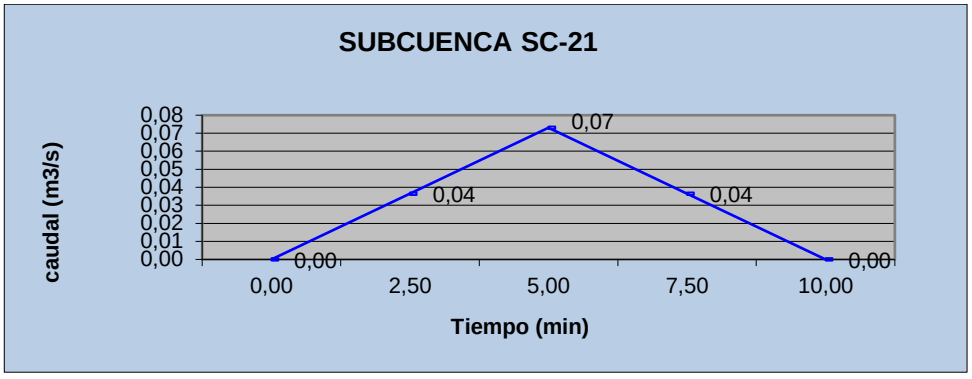
Gráfico No. 33: SC - 15.



Fuente: Elaboración propia**.**

Caudal pico de 0.008 m^3/s en un tiempo de 5 minutos.

Gráfico No. 34: SC - 21.



Fuente: Elaboración propia**.**

Caudal pico de 0.07 m^3/s en un tiempo de 5 minutos.

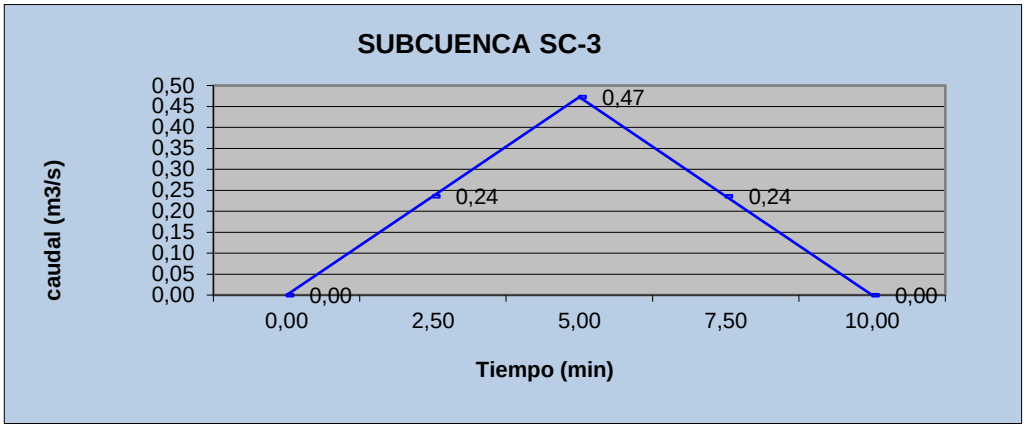
Tabla No. 47: Datos para Hidrogramas Triangular Sintético (Alcantarillas).

Hidrograma SC-3		**Hidrograma SC-18**	
t=tc/2=	**2.50**	**t=tc/2=**	**2.50**
t(min)	Q(m3/s)	t(min)	Q(m3/s)
0.00	0.00	0.00	0.00
2.50	0.24	2.50	0.23
5.00	**0.47**	**5.00**	**0.45**
7.50	0.24	7.50	0.23
10.00	0.00	10.00	0.00

Fuente: Elaboración propia**.**

Hidrogramas Triangulares Sintéticos (Alcantarillas).

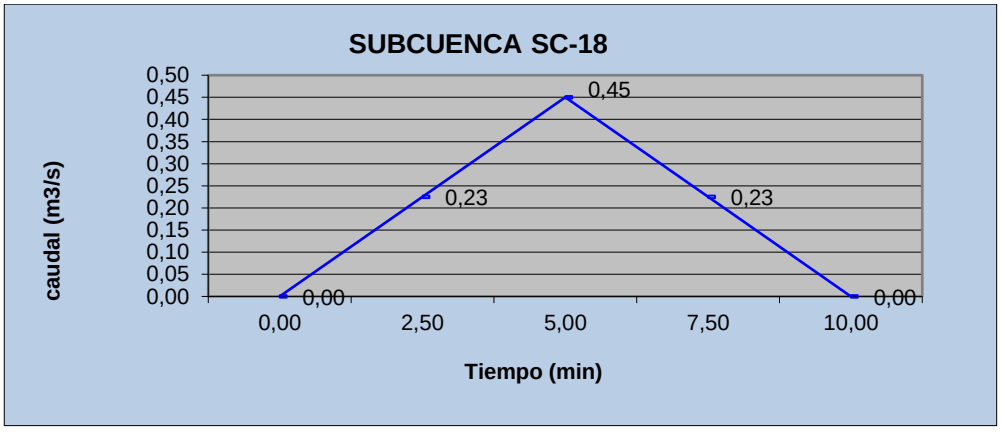
Gráfico No. 35: SC - 3.



Fuente: Elaboración propia**.**

Caudal pico de 0.47 m^3/s en un tiempo de 5 minutos.

Gráfico No. 36: SC - 18.



Fuente: Elaboración propia**.**

Caudal pico de 0.45 m^3/s en un tiempo de 5 minutos.

4.2. 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.

4.2.1. 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 No. 48: Coeficientes de rugosidad (n).

TIPO DE CANAL			MINIMO	NORMAL	MÁXIMO
A.CONDUCTO CERRADO CON ESCURRIMIENTO PARCIALMENTE LLENO	A.1. METÁLICOS	a. Bronce Polido	0.009	0.010	0.013
		b. Acero			
		soldado	0.010	0.012	0.014
		con remaches	0.013	0.016	0.017
		c. Metal corrugado			
		sub - dren	0.017	0.019	0.021
		dren para aguas lluvias	0.021	0.024	0.030
	A.2 NO METÁLICOS	a. Concreto	0.010	0.011	0.013
		tubo recto y libre de basuras	0.011	0.013	0.014
		tubo con curvas, conexiones	0.011	0.012	0.014
		afinado	0.013	0.015	0.017
		tubo de alcantarillado con			
		cámaras, entradas.	0.012	0.013	0.014
		Tubo con moldaje de acero.	0.012	0.014	0.016
		Tubo de moldaje madera cepillada	0.015	0.017	0.020
		Tubo con moldaje madera en bruto			
		b. Madera	0.010	0.012	0.014
		duelas	0.015	0.017	0.020
		laminada y tratada	0.018	0.025	0.030
		c. Albañilería de piedra.			
B.CANALES REVESTIDOS	B.1 METAL	a. Acero liso	0.011	0.012	0.014
		sin pintar	0.012	0.013	0.017
		pintado	0.021	0.025	0.030
		b. Corrugado			
	B.2 NO METÁLICO	a. Madera	0.010	0.012	0.014
		Sin tratamiento	0.011	0.012	0.015
		Tratada	0.012	0.015	0.018
		Planchas			
		b. Concreto	0.011	0.013	0.015
		afinado con plana	0.015	0.017	0.020
		afinado con fondo de grava	0.014	0.017	0.020
		sin afinar	0.017	0.020	
		excavado en roca de buena calidad	0.022	0.027	
		excavado en roca descompuesta			
		c. Albañilería	0.017	0.025	0.030
		piedra con mortero	0.023	0.032	0.035

Fuente: Hidráulica de Canales Abiertos, Ven Te Chow, 1983

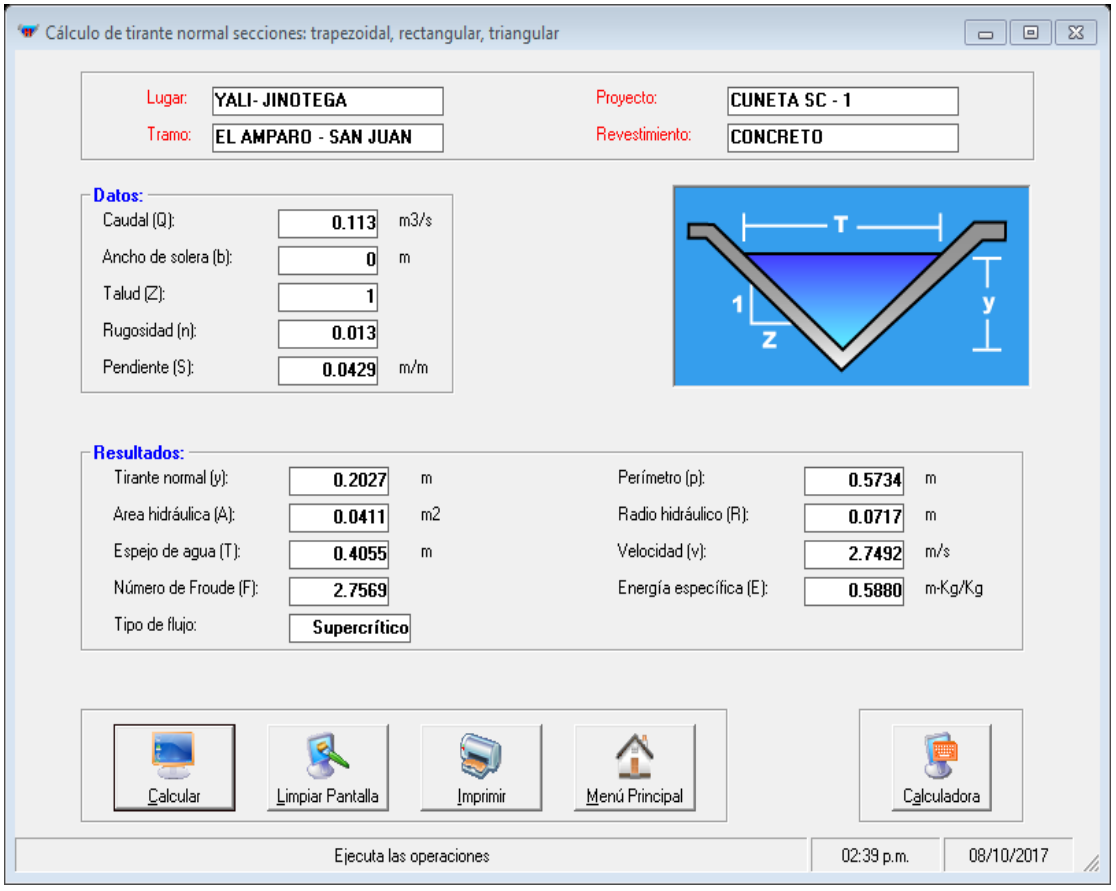
4.2.2. Cunetas.

De acuerdo con 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 subrasante hasta la vertical que pasa por el vértice inferior. La profundidad es medida verticalmente desde el nivel del borde de la subrasante 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.

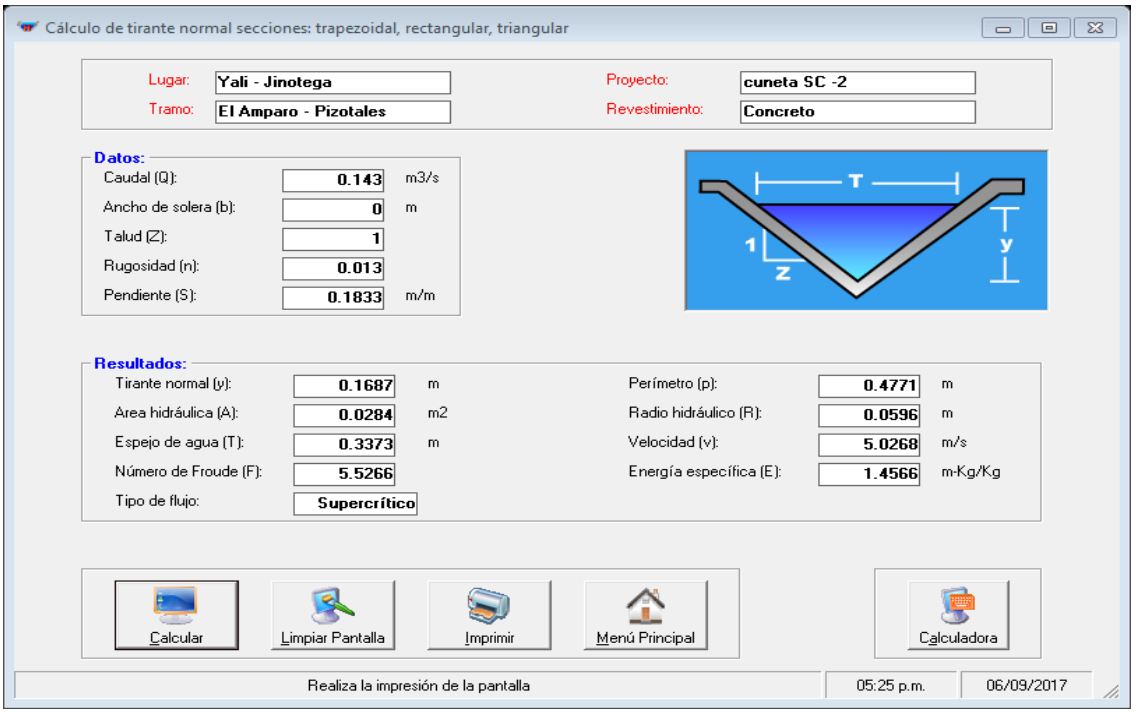
Dimensionamiento de cunetas de acuerdo al caudal de diseño de cada sub-cuenca.

Imagen No. 4: Cuneta SC-1Est 0+000-Est 0+140.



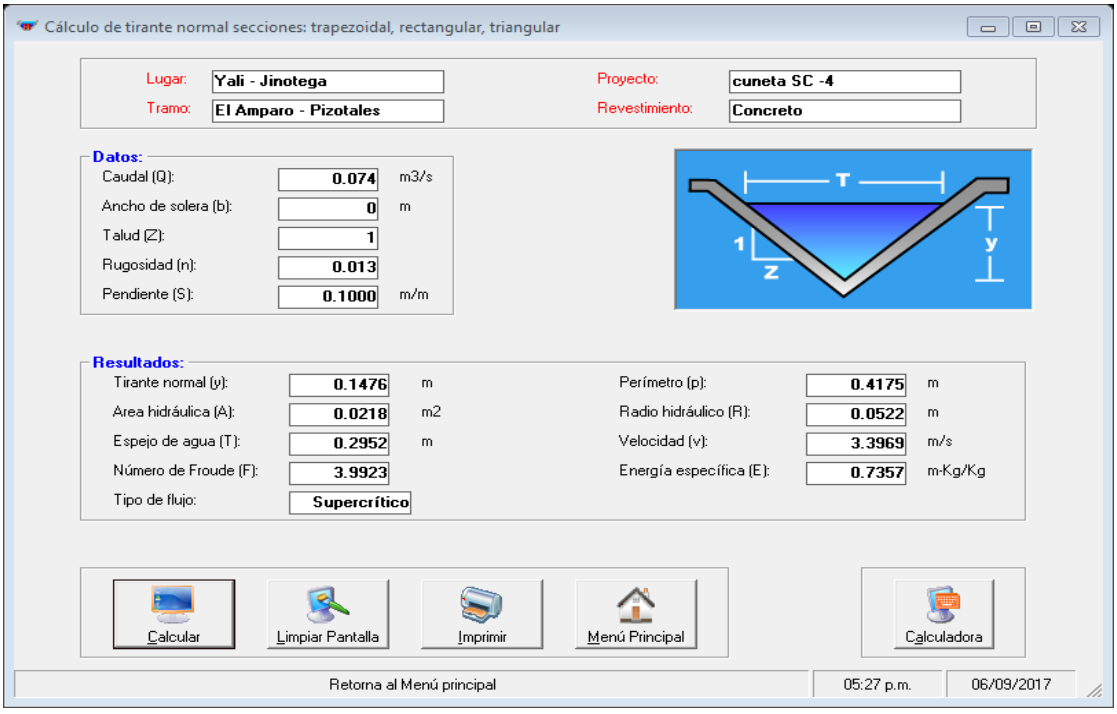
Fuente: Elaboración propia**.**

Imagen No. 5: Cuneta SC-2 Est 0+220-Est 0+280.



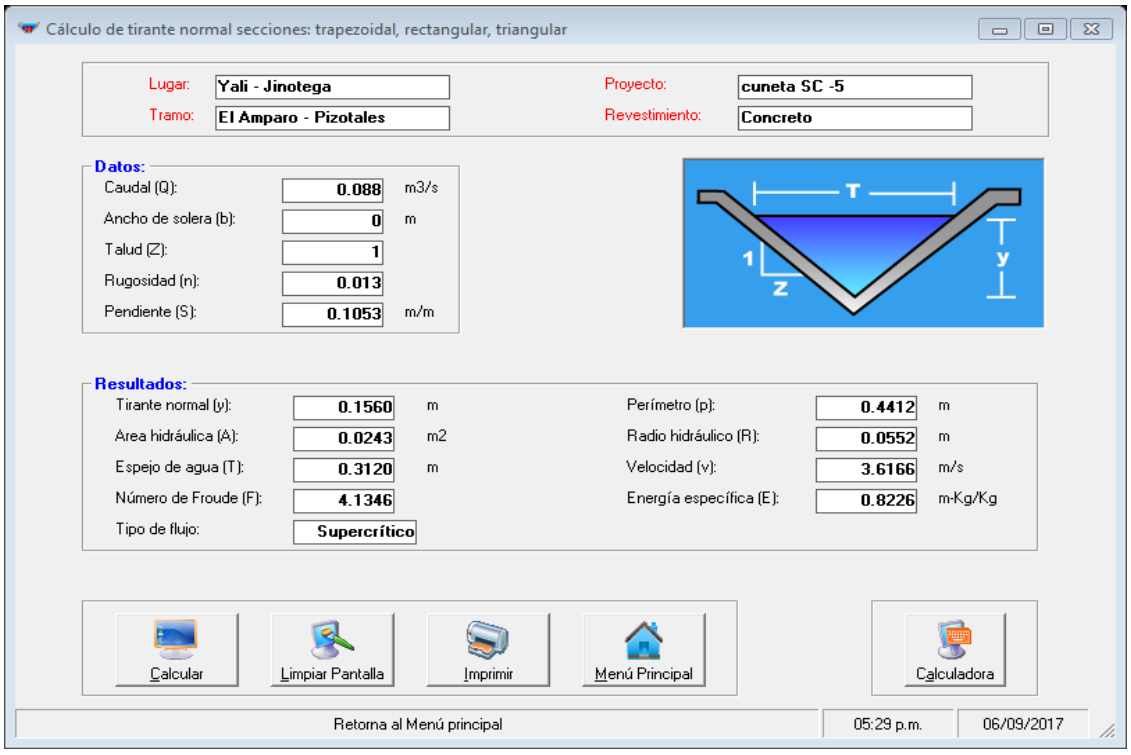
Fuente: Elaboración propia**.**

Imagen No. 6: Cuneta SC-4 Est 0+280-Est 0+340.



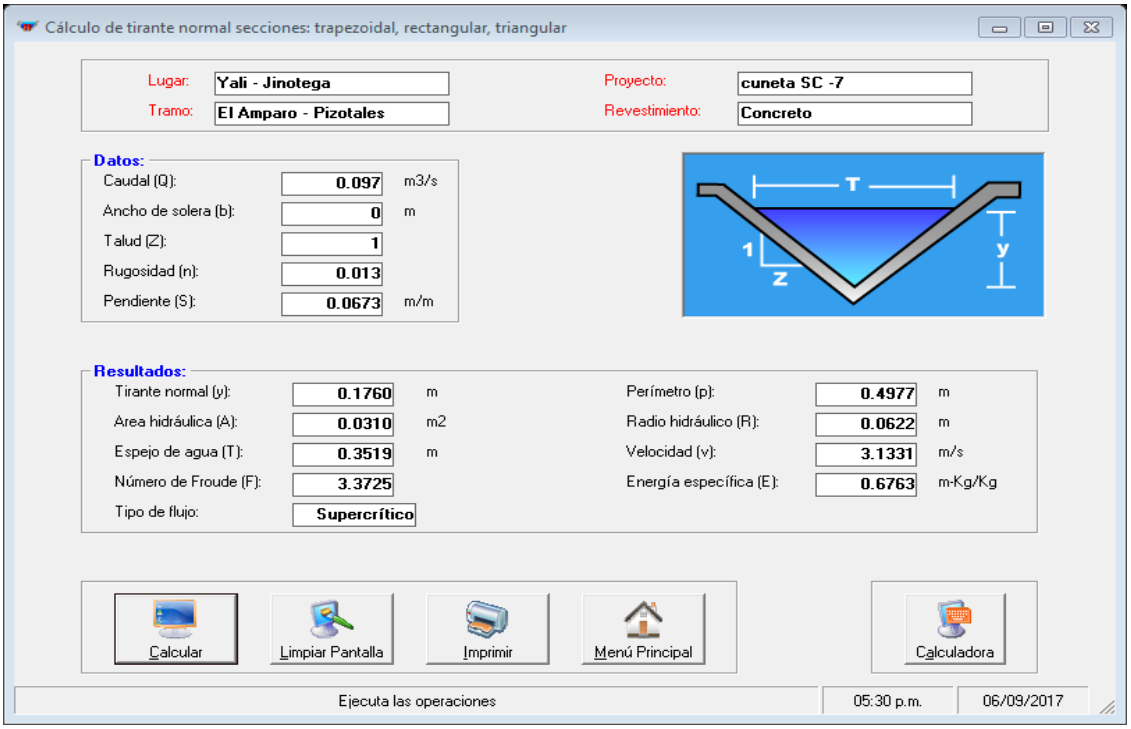
Fuente: Elaboración propia**.**

Imagen No. 7: Cuneta SC-5 Est 0+380-Est 0+456.



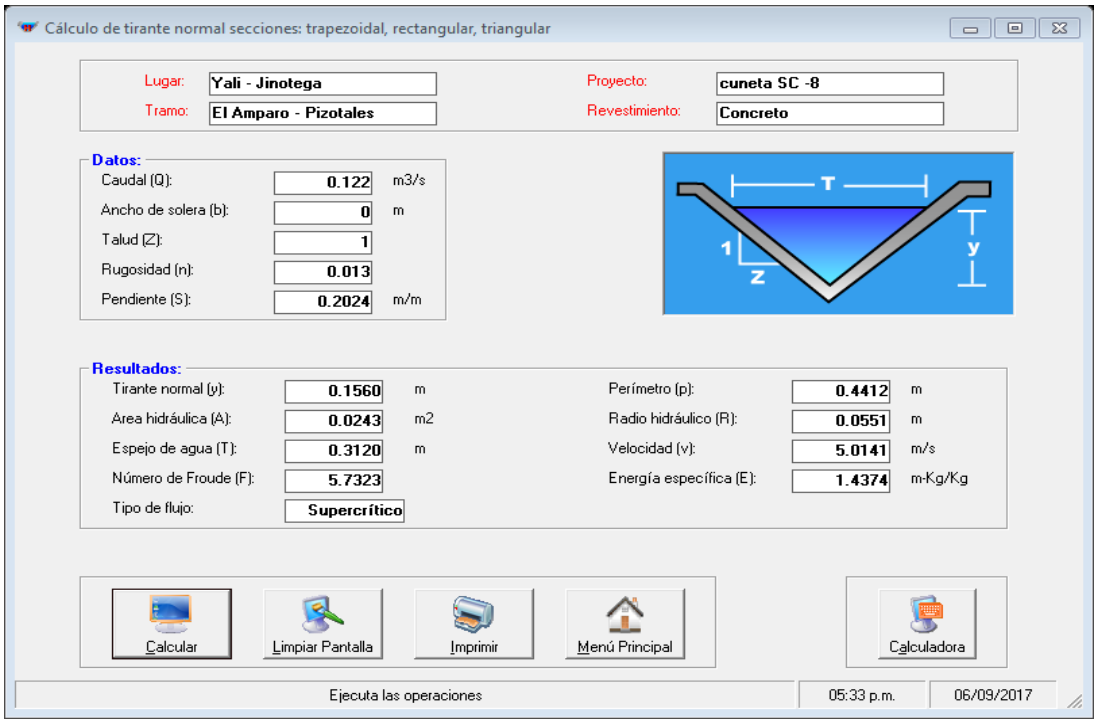
Fuente: Elaboración propia.

Imagen No. 8: Cuneta SC-7 Est 0+456-Est 0+560.



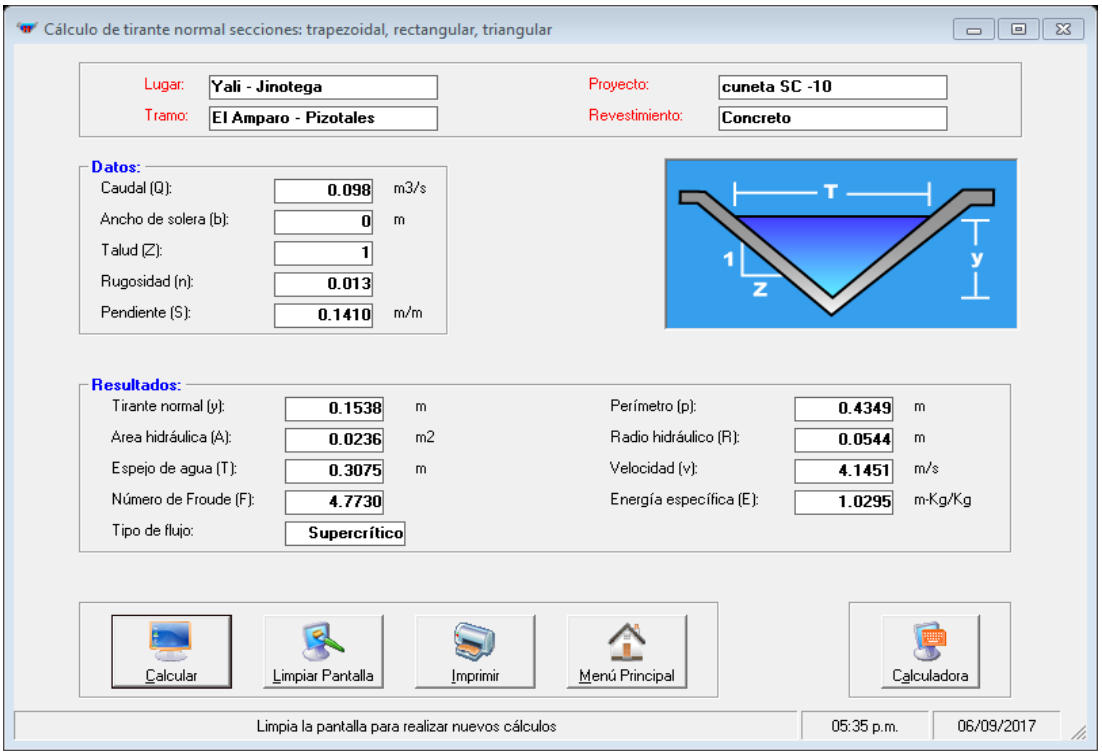
Fuente: Elaboración propia.

Imagen No. 9: Cuneta SC-8 Est 0+960-Est 1+044.



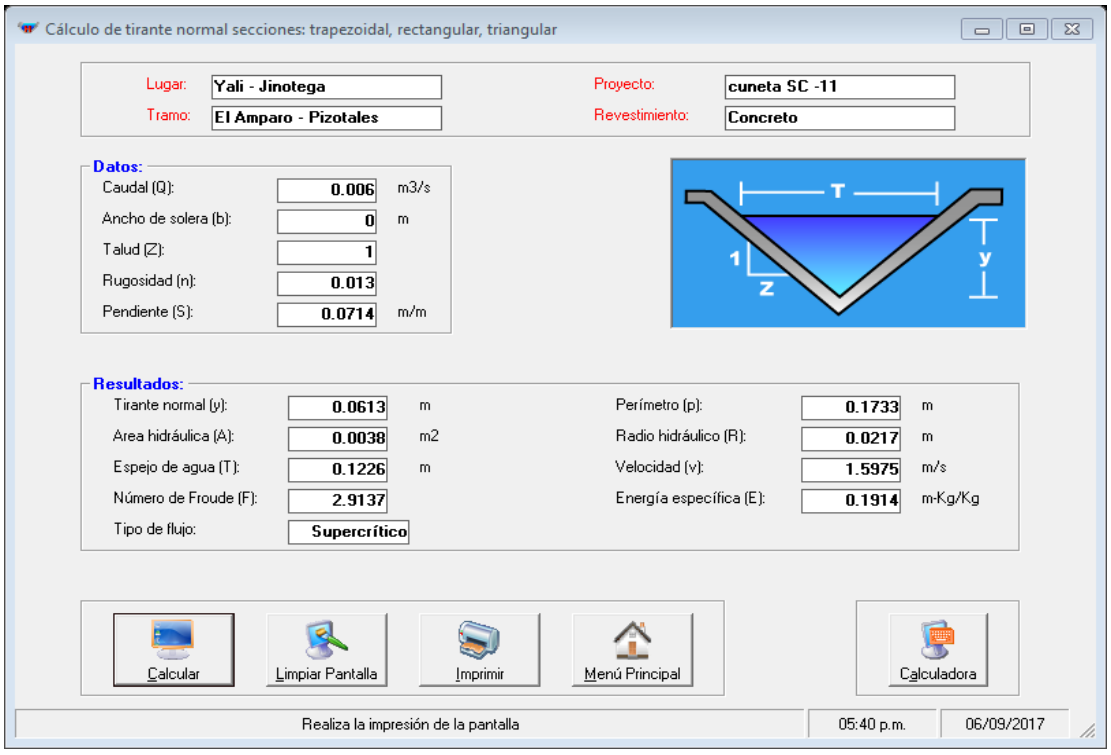
Fuente: Elaboración propia**.**

Imagen No. 10: Cuneta SC-10 Est 1+044-Est 1+200.



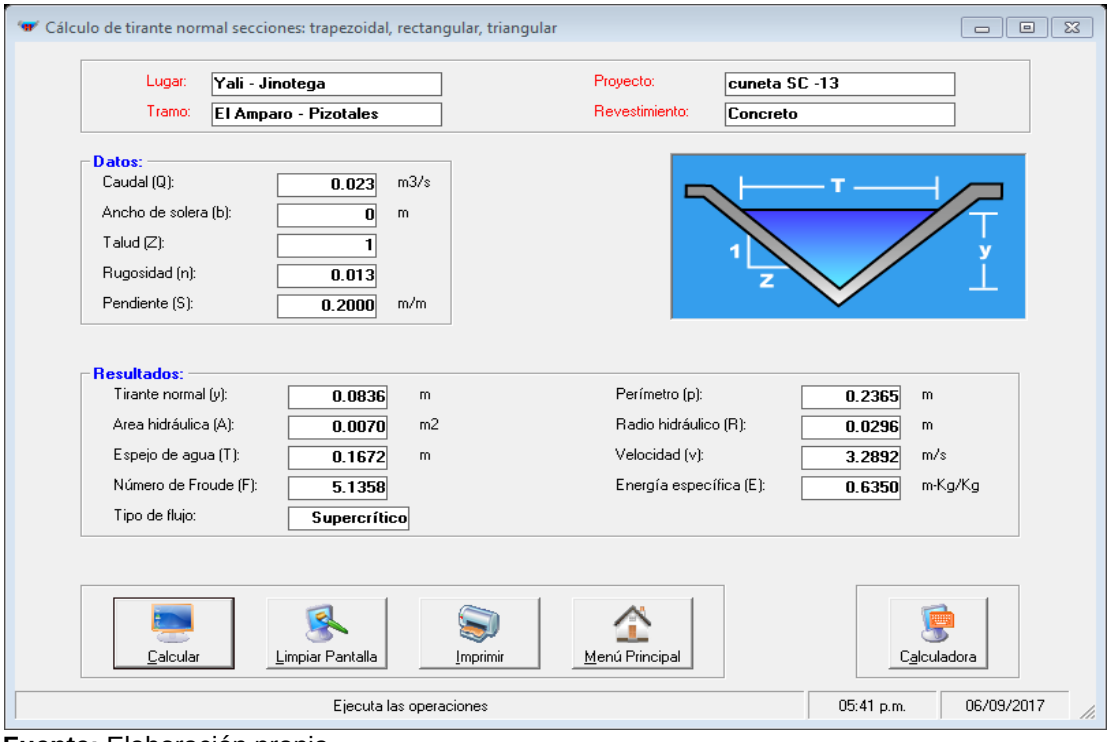
Fuente: Elaboración propia**.**

Imagen No. 11: Cuneta SC-11 Est 1+958-Est 2+000.



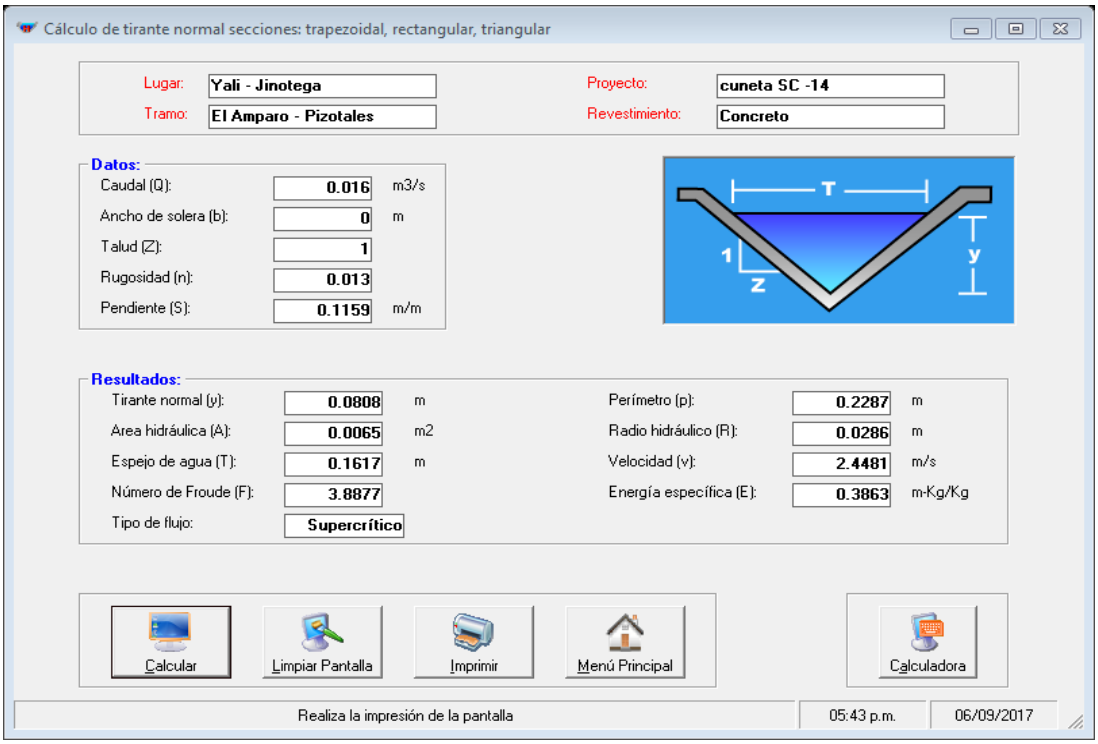
Fuente: Elaboración propia**.**

Imagen No. 12: Cuneta SC-13 Est 2+000-Est 2+100.



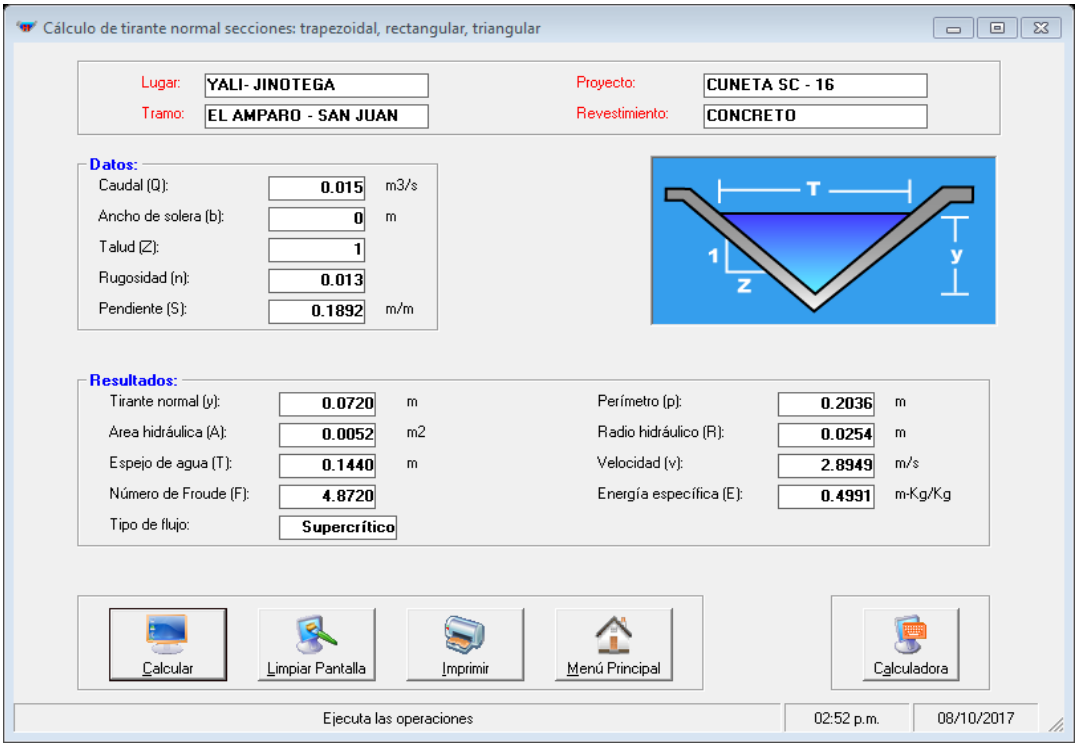
Fuente: Elaboración propia**.**

Imagen No. 13: Cuneta SC-14 Est 2+950-Est 3+088.



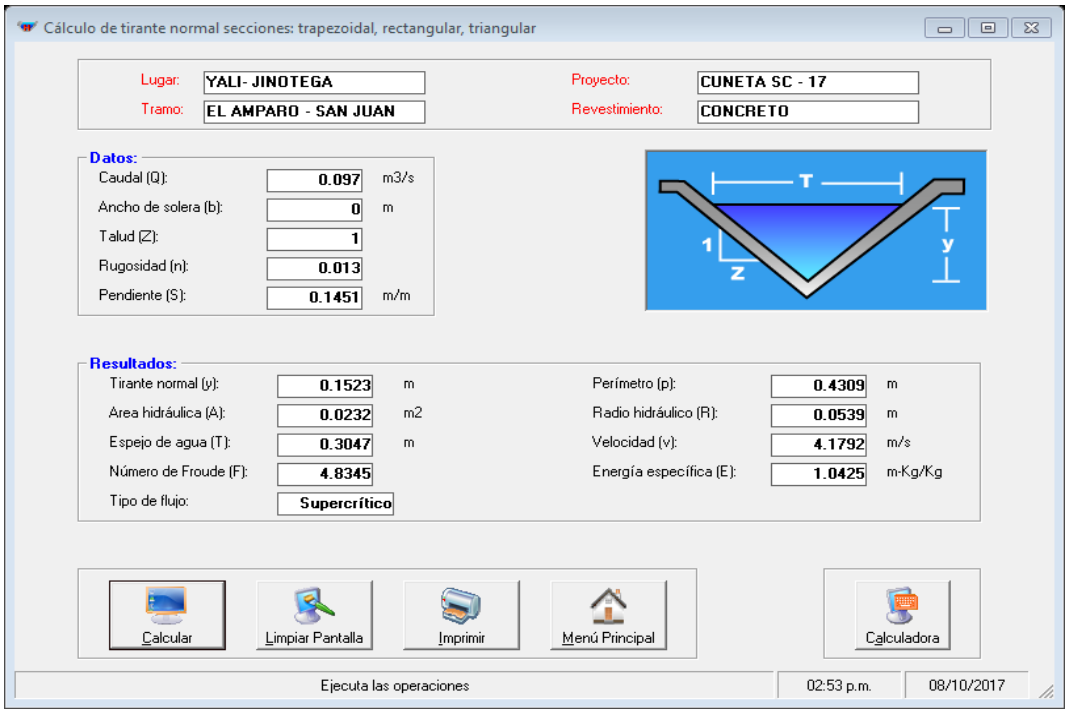
Fuente: Elaboración propia**.**

Imagen No. 14: Cuneta SC-16 Est 3+088-Est 3+125.



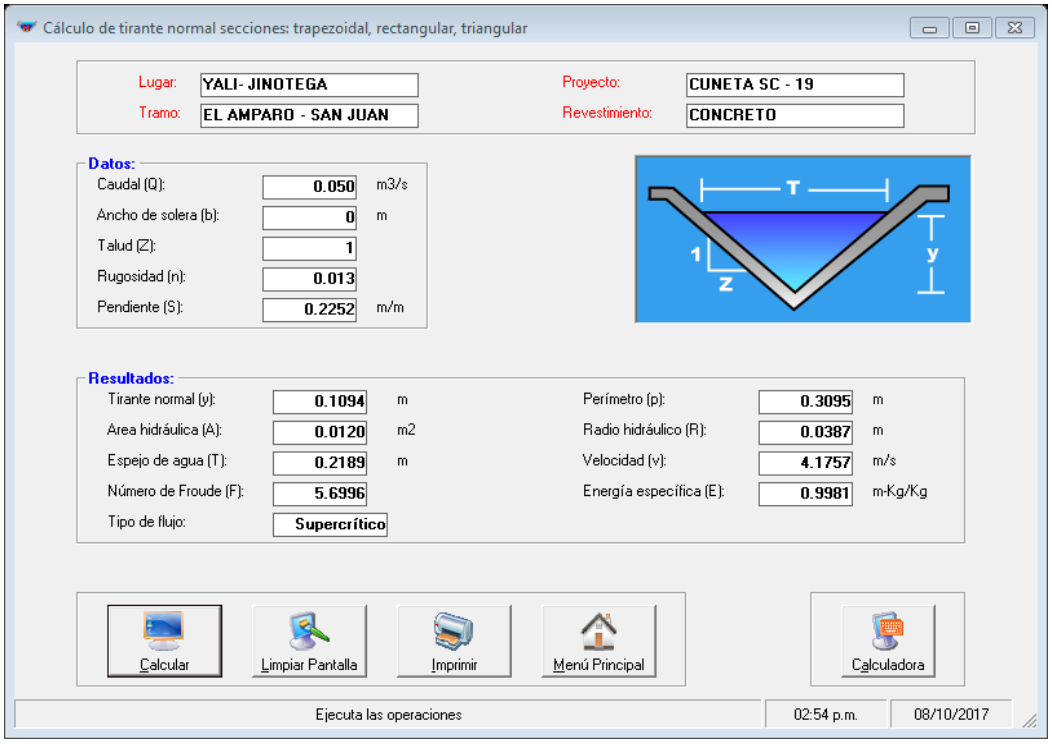
Fuente: Elaboración propia**.**

Imagen No. 15: Cuneta SC-17 Est 3+426-Est 3+619.



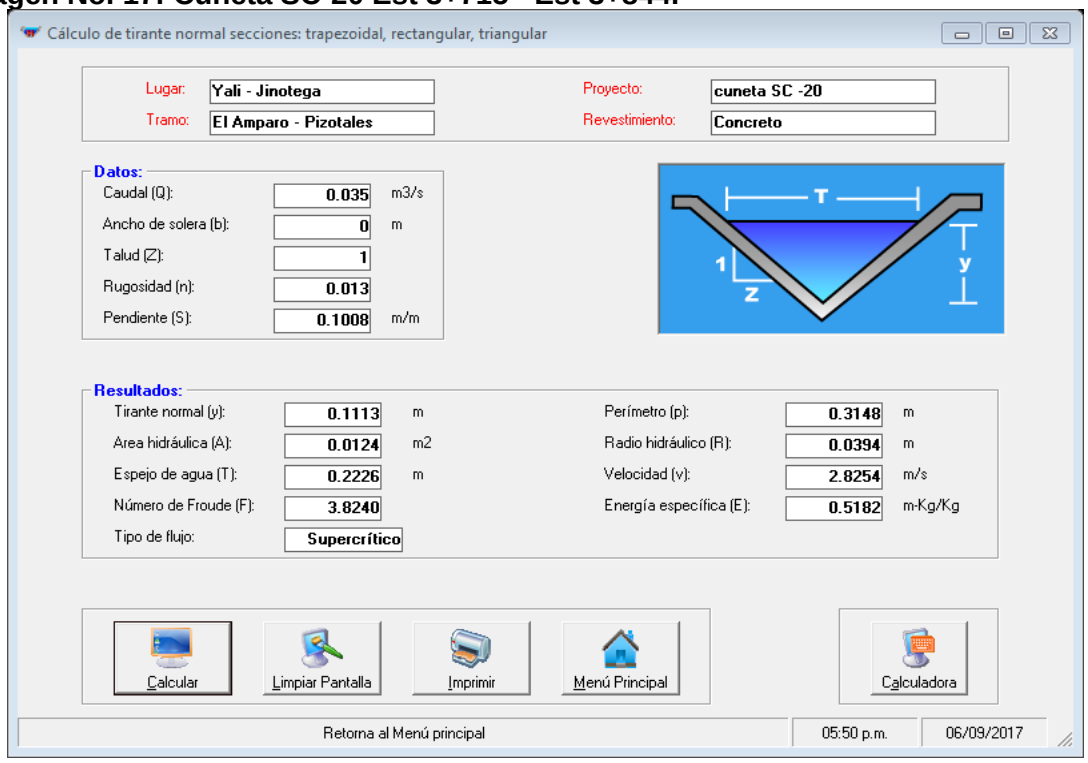
Fuente: Elaboración propia**.**

Imagen No. 16: Cuneta SC-19 Est 3+619-Est 3+770.



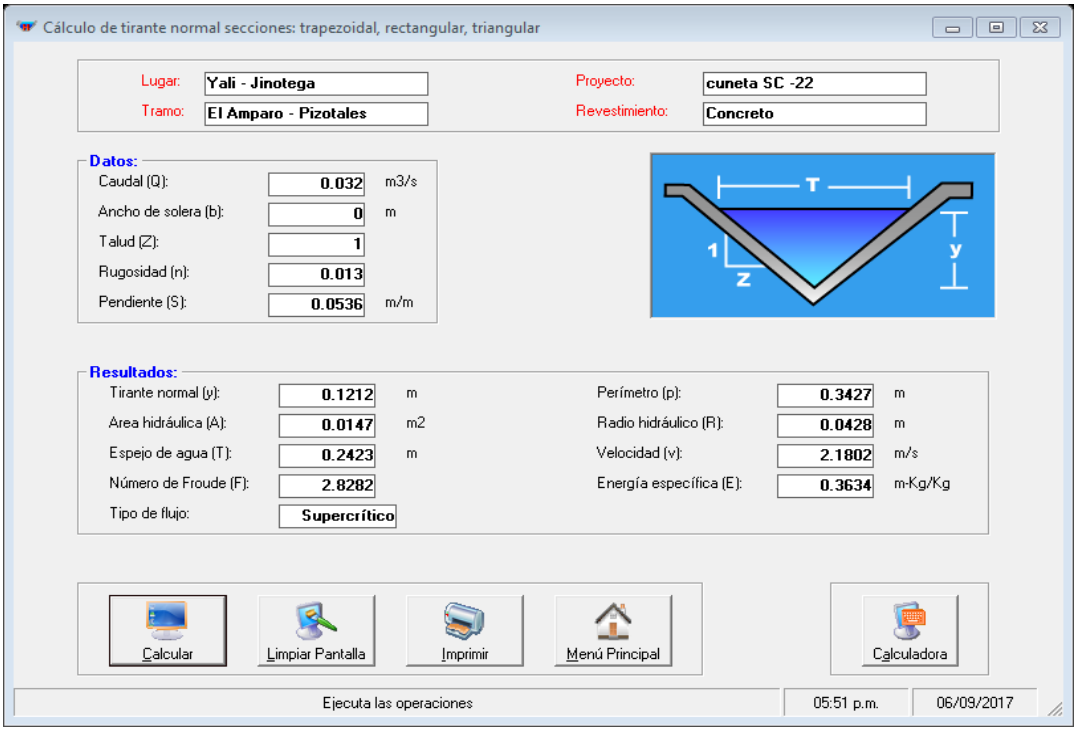
Fuente: Elaboración propia**.**

Imagen No. 17: Cuneta SC-20 Est 3+715 - Est 3+844.



Fuente: Elaboración propia**.**

Imagen No. 18: Cuneta SC-22 Est 3+844-Est 3+900.



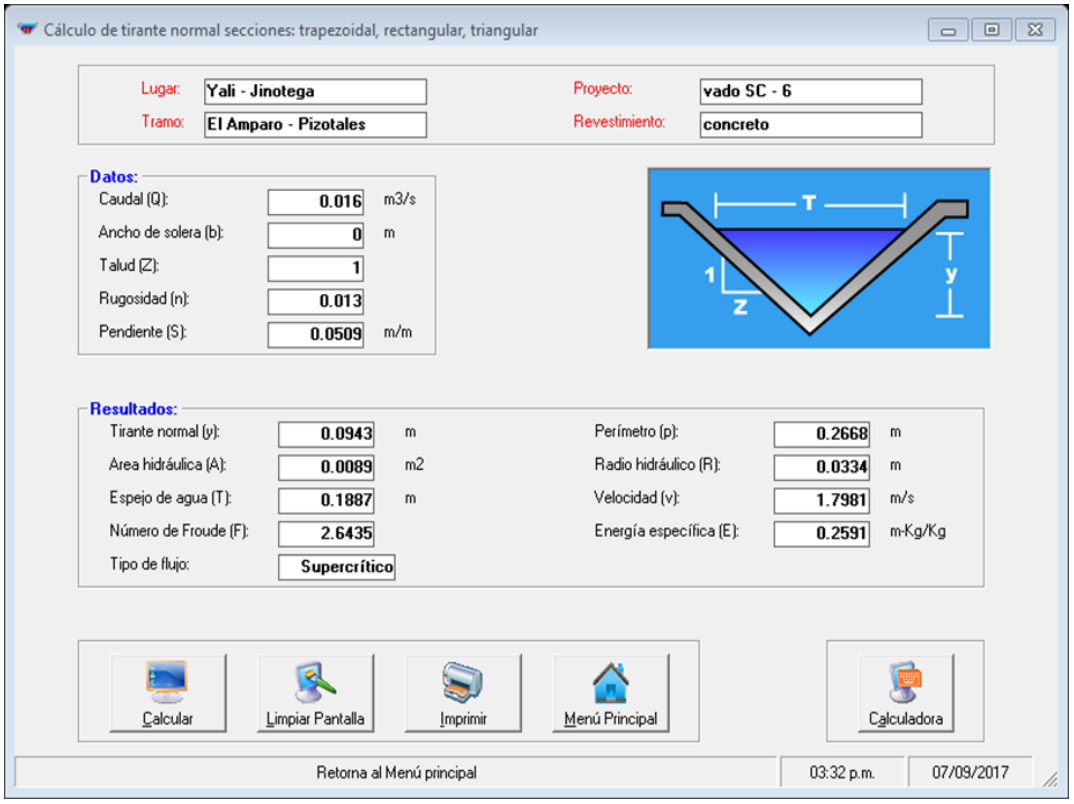
Fuente: Elaboración propia**.**

4.2.3. Vados.

Son 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 calculadas con el software H canales. El tirante máximo permitido para proponer vados es de 0.30 metros, si es mayor se debe de resolver con otra obra de drenaje menor.

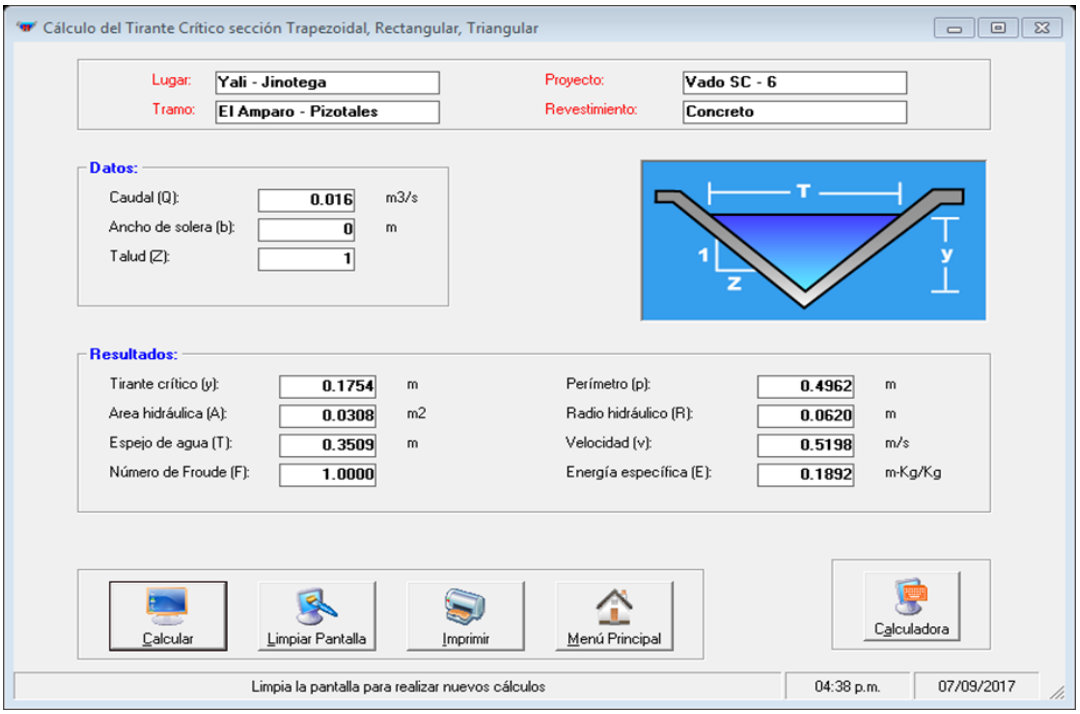
Dimensionamiento de vado de acuerdo con el caudal de diseño de cada sub-cuenca.

Imagen No. 19: Vado SC-6 (Tirante Normal) Est 0+456.



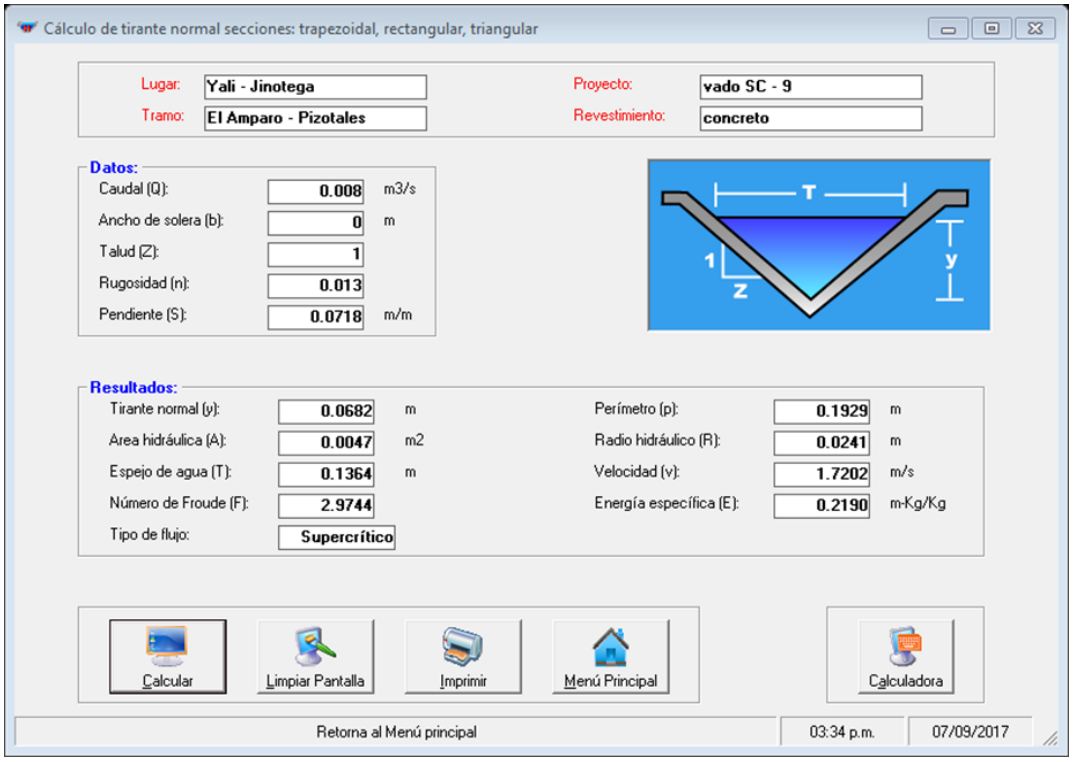
Fuente: Elaboración propia**.**

Imagen No. 20: Vado SC-6 (Tirante Critico) Est 0+456.



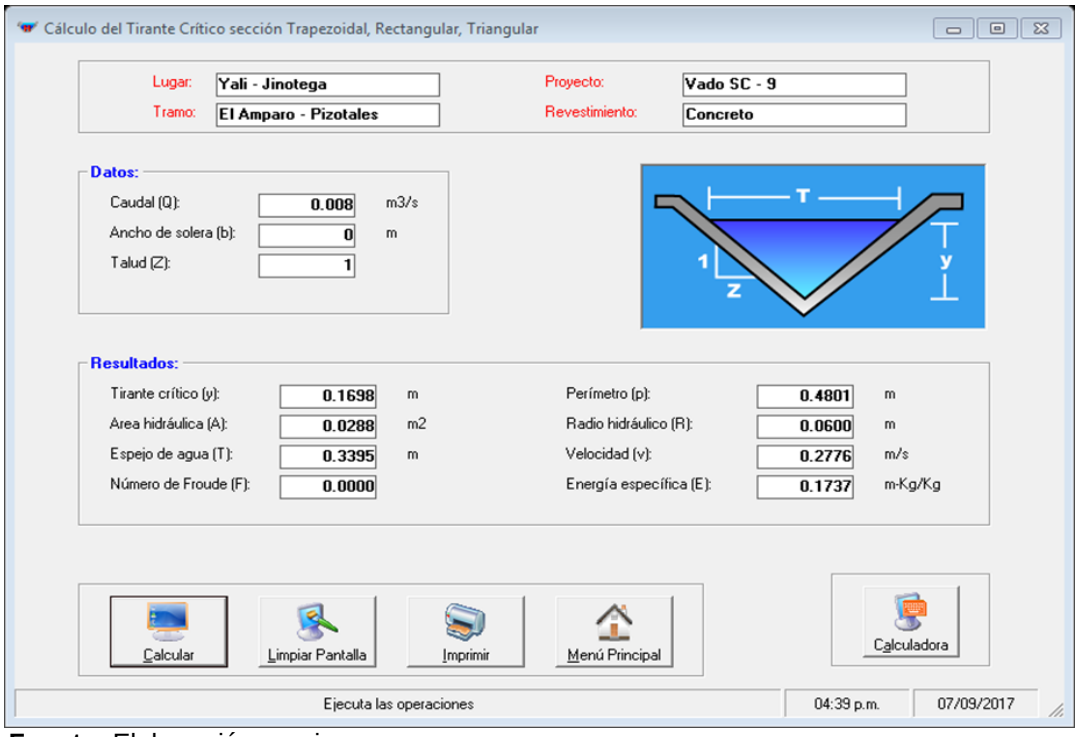
Fuente: Elaboración propia**.**

Imagen No. 21: Vado SC-9 (Tirante Normal) Est 1+044.



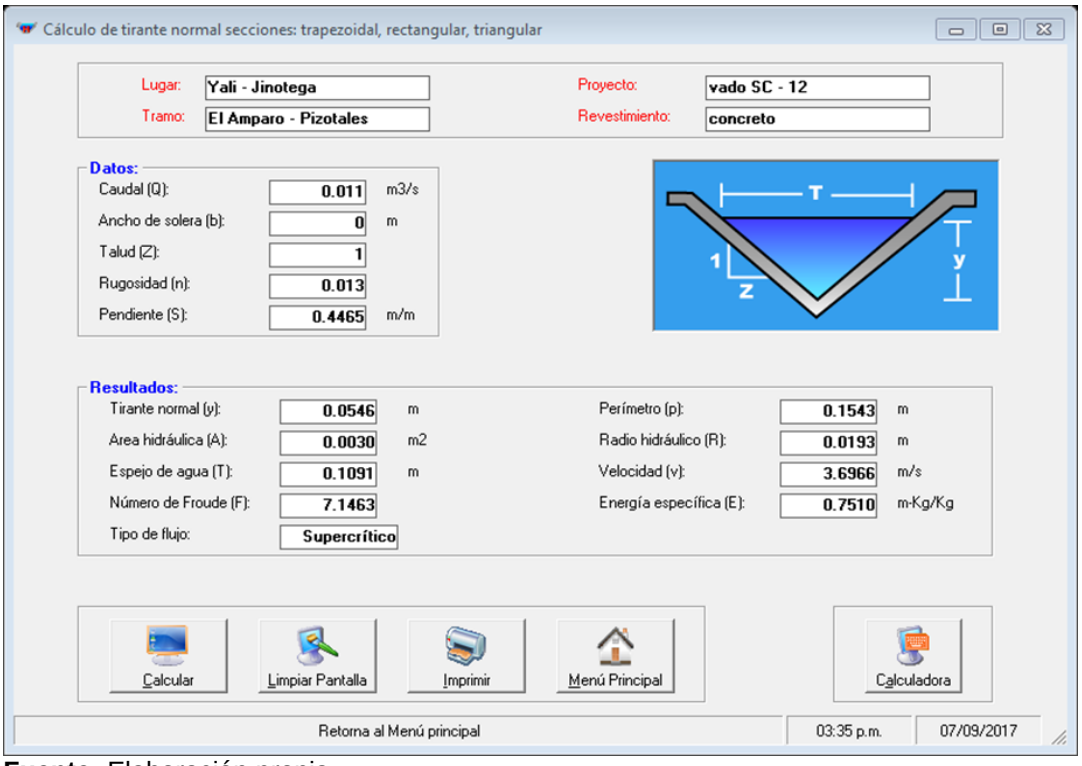
Fuente: Elaboración propia**.**

Imagen No. 22: Vado SC-9 (Tirante Critico) Est 1+044.



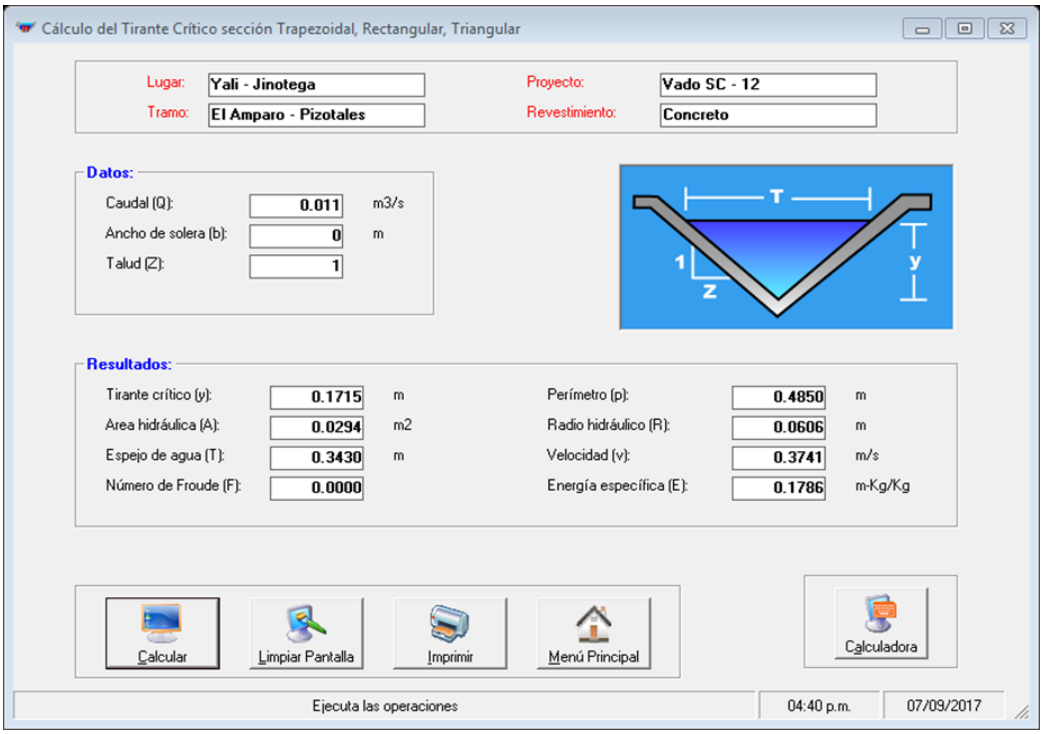
Fuente: Elaboración propia**.**

Imagen No. 23: Vado SC-12 (Tirante Normal) Est 2+000.



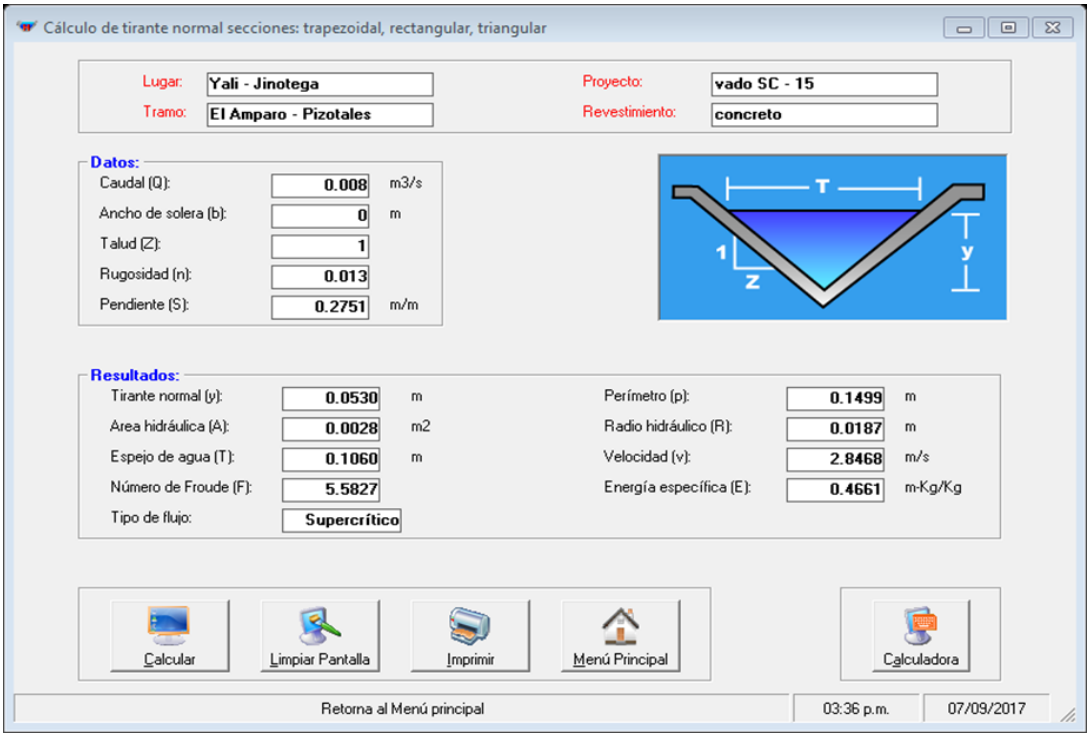
Fuente: Elaboración propia**.**

Imagen No. 24: Vado SC-12 (Tirante Critico) Est 2+000.



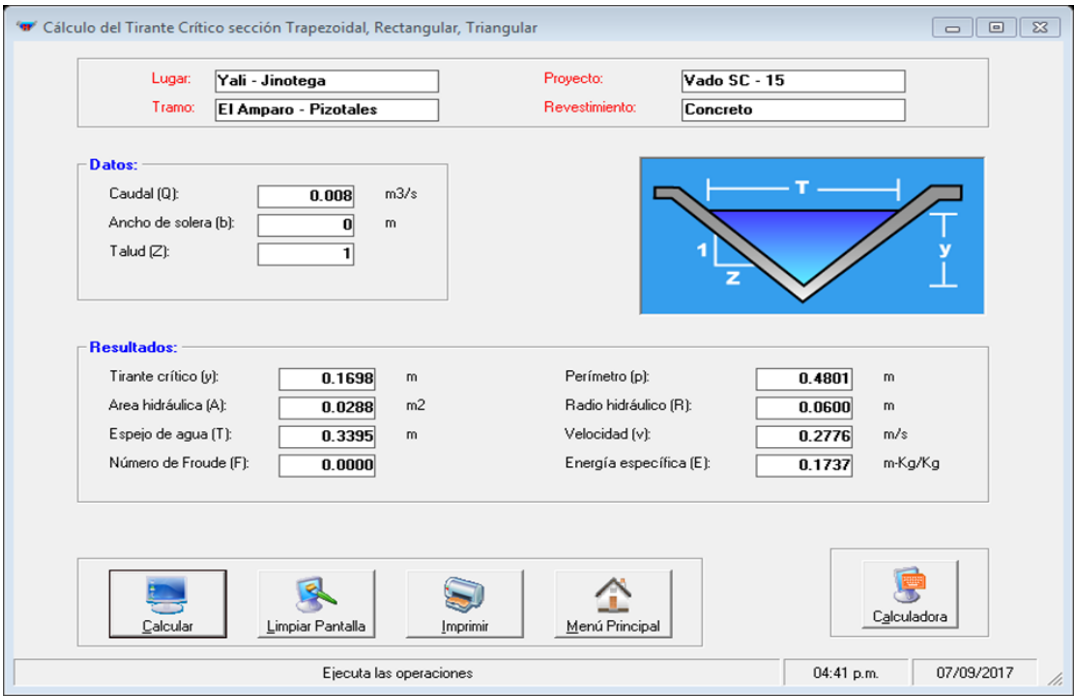
Fuente: Elaboración propia**.**

Imagen No. 25: Vado SC-15 (Tirante Normal) Est 3+088.



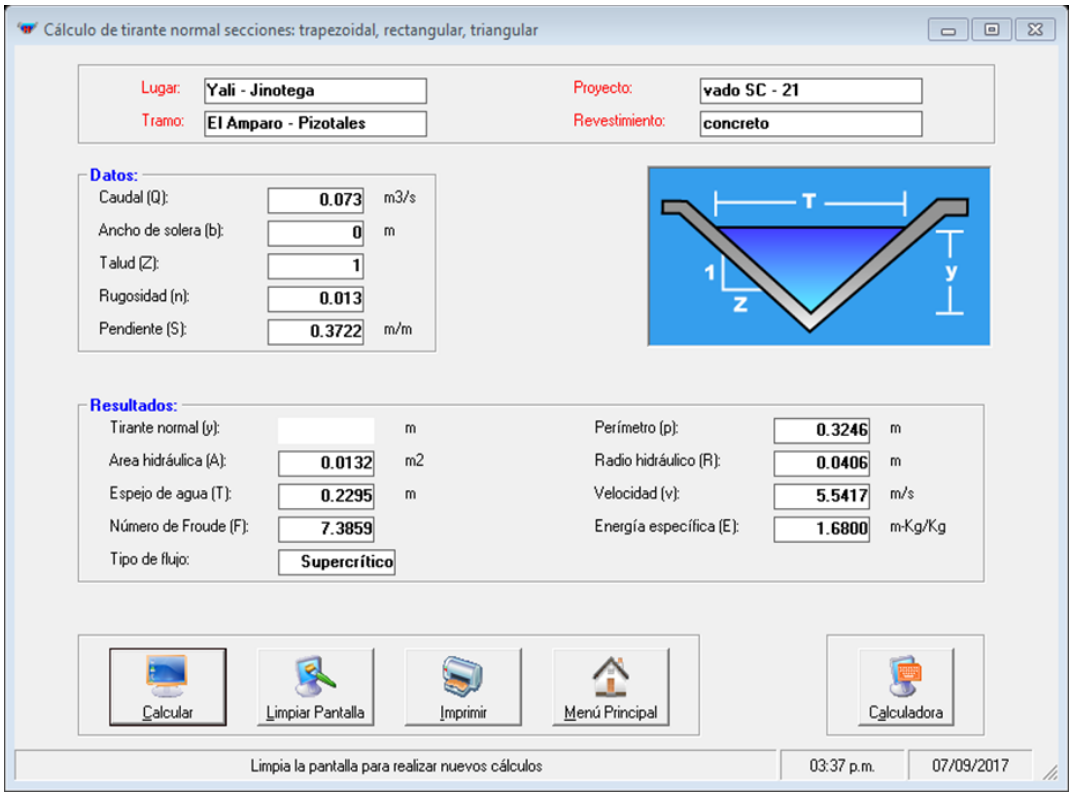
Fuente: Elaboración propia**.**

Imagen No. 26: Vado SC-15 (Tirante Critico) Est 3+088.



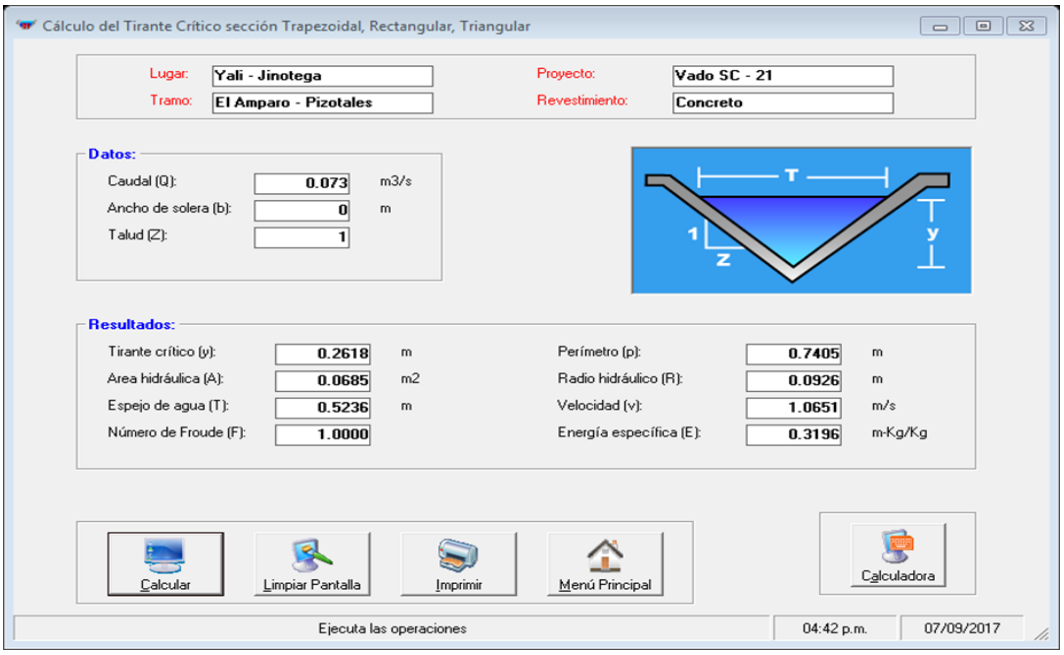
Fuente: Elaboración propia**.**

Imagen No. 27: Vado SC-21 (Tirante Normal) Est 3+844.



Fuente: Elaboración propia**.**

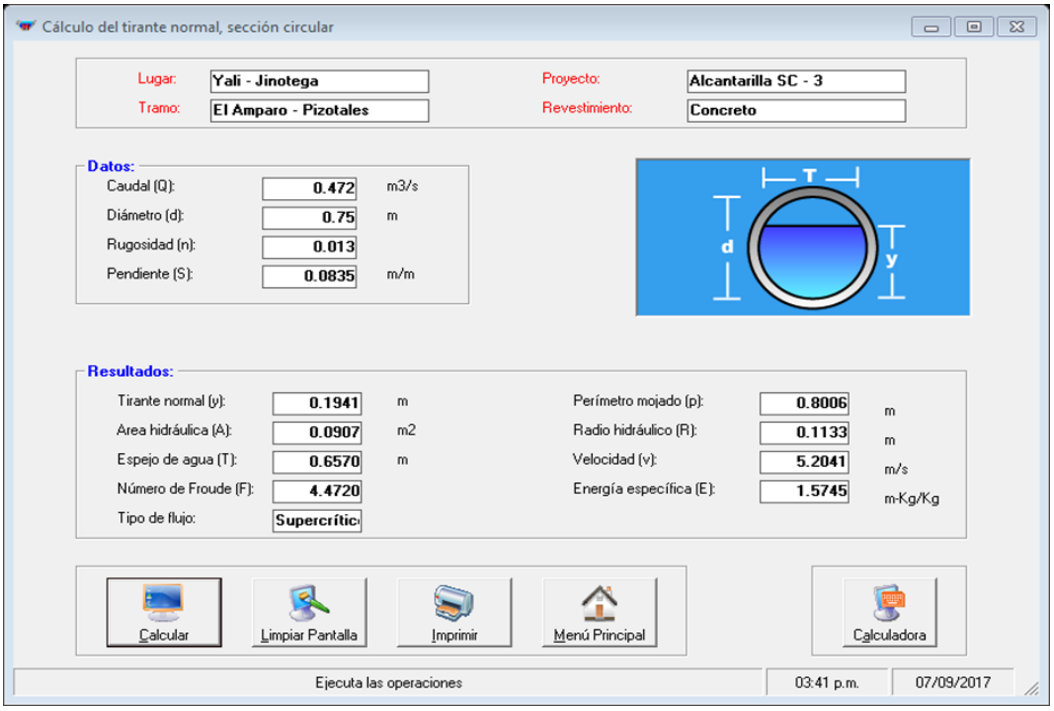
Imagen No. 28: Vado SC-21 (Tirante Critico) Est 3+844.



Fuente: Elaboración propia

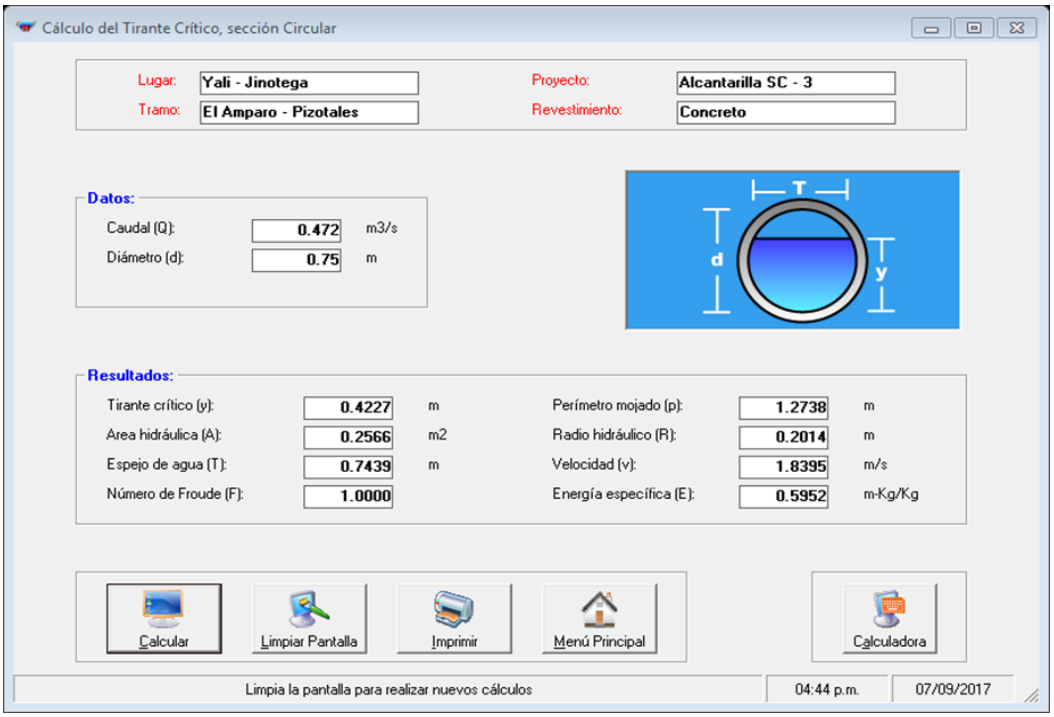
4.2.4. Dimensionamiento de Alcantarillas H canales.

Imagen No. 29: Alcantarilla SC-3 (Tirante Normal) Est 0+280.



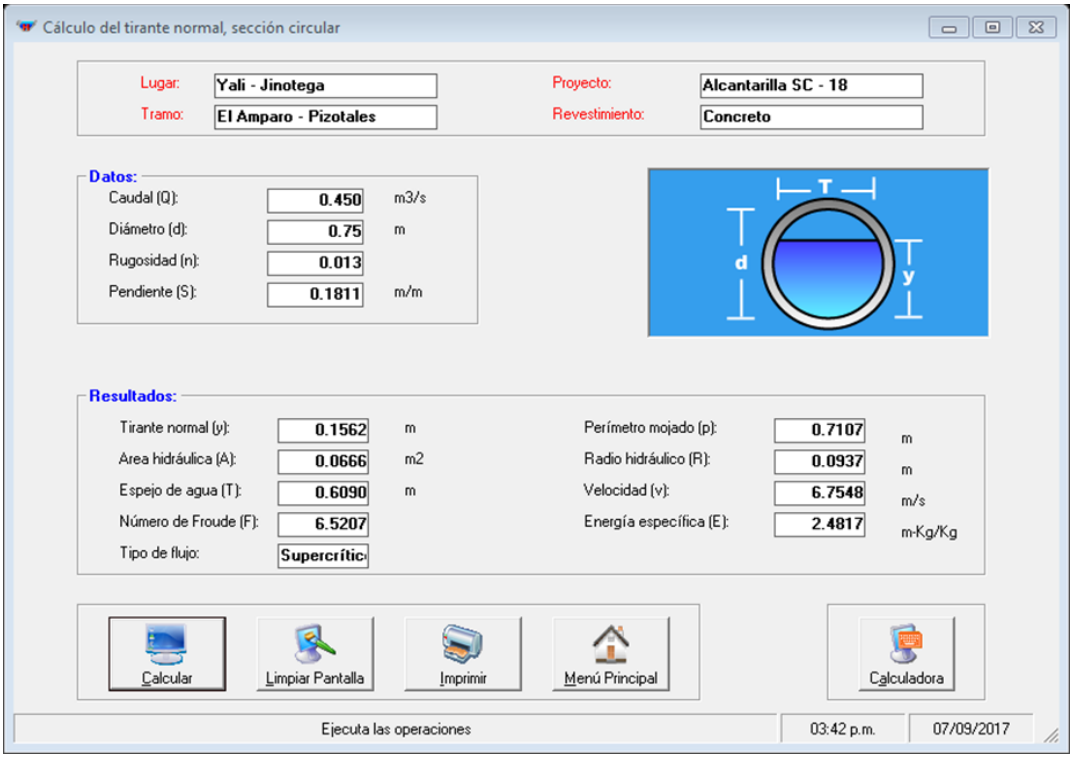
Fuente: Elaboración propia**.**

Imagen No. 30: Alcantarilla SC-3 (Tirante Critico) Est 0+280.



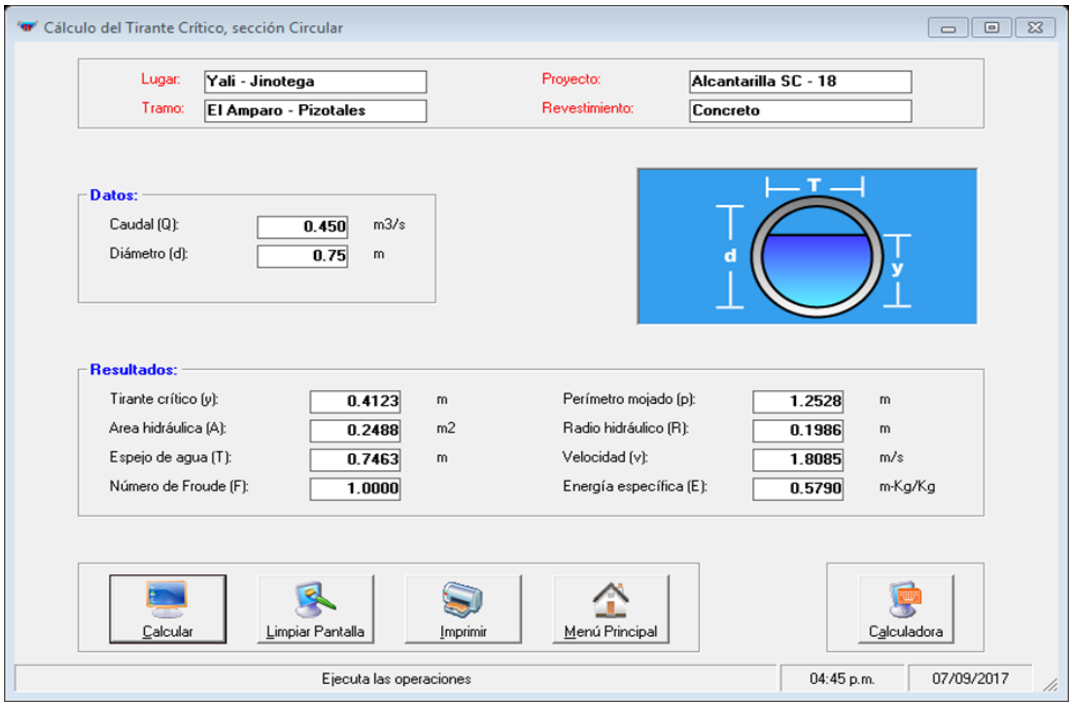
Fuente: Elaboración propia**.**

Imagen No. 31: Alcantarilla SC-18 (Tirante Normal) Est 3+619.



Fuente: Elaboración propia**.**

Imagen No. 32: Alcantarilla SC-18 (Tirante Critico) Est 3+619.



Fuente: Elaboración propia**.**

4.2.5. Diseño Final de Cunetas, Vados y Alcantarillas.

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

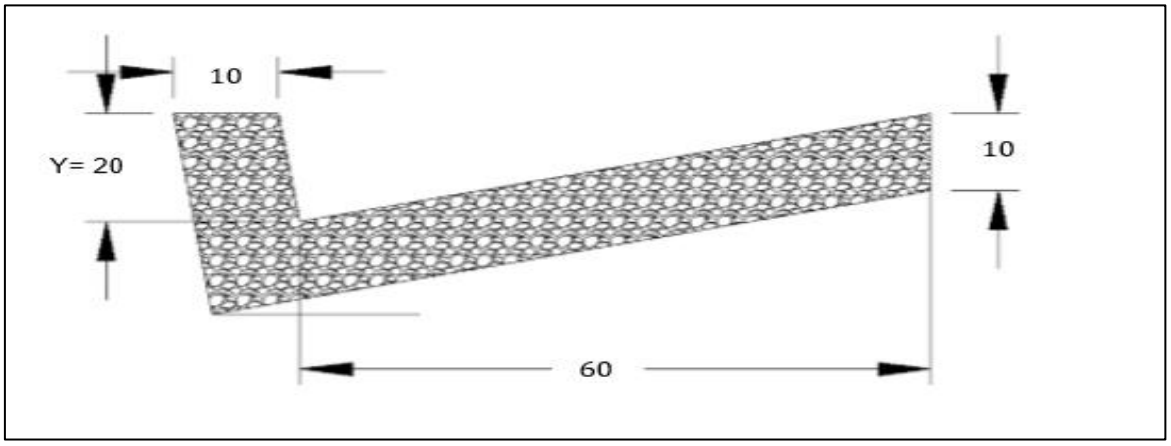
Tabla No. 49: Tirantes Hidráulicos para cunetas.

SUB CUENCA	Y (m)	Y (cm)
SC- 1	0.2027	20
SC- 2	0.1687	17
SC- 4	0.1476	15
SC- 5	0.156	16
SC- 7	0.176	18
SC- 8	0.156	16
SC- 10	0.1538	15
SC- 11	0.0613	6
SC- 13	0.0836	8
SC- 14	0.0808	8
SC- 16	0.072	7
SC- 17	0.1523	15
SC- 19	0.1094	11
SC- 20	0.1113	11
SC- 22	0.1212	12

Fuente: Elaboración propia**.**

La sección será triangular, ya que es la más utilizada por su facilidad de construcción y mantenimiento, se propone diseñar con el tirante hidráulico de la SC-1 ya que esta posee el tirante más alto en comparación a las otras sub-cuencas, como se ilustra en la siguiente imagen.

Imagen No. 33: Dimensiones típicas de una cuneta triangular propuesta.



Fuente: Elaboración propia**.**

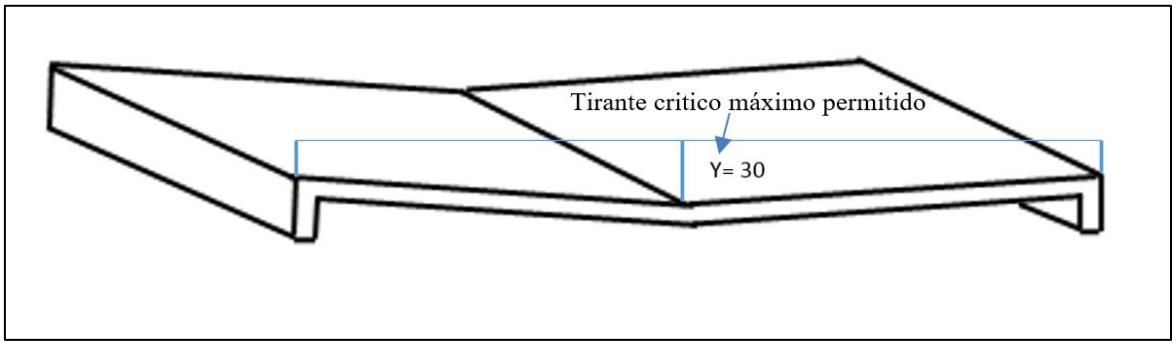
Nota: Todas las medidas están dadas en centímetros.

Tabla No. 50: Tirantes Hidráulicos para Vados.

SUB CUENCA	Y critico (m)	Y critico (cm)
SC – 6	0.1754	18
SC – 9	0.1698	17
SC – 12	0.1715	17
SC – 15	0.1698	17
SC – 21	**0.2618**	**26**

Fuente: Elaboración propia**.**

Imagen No. 34: Dimensiones típicas de Vado propuesta.



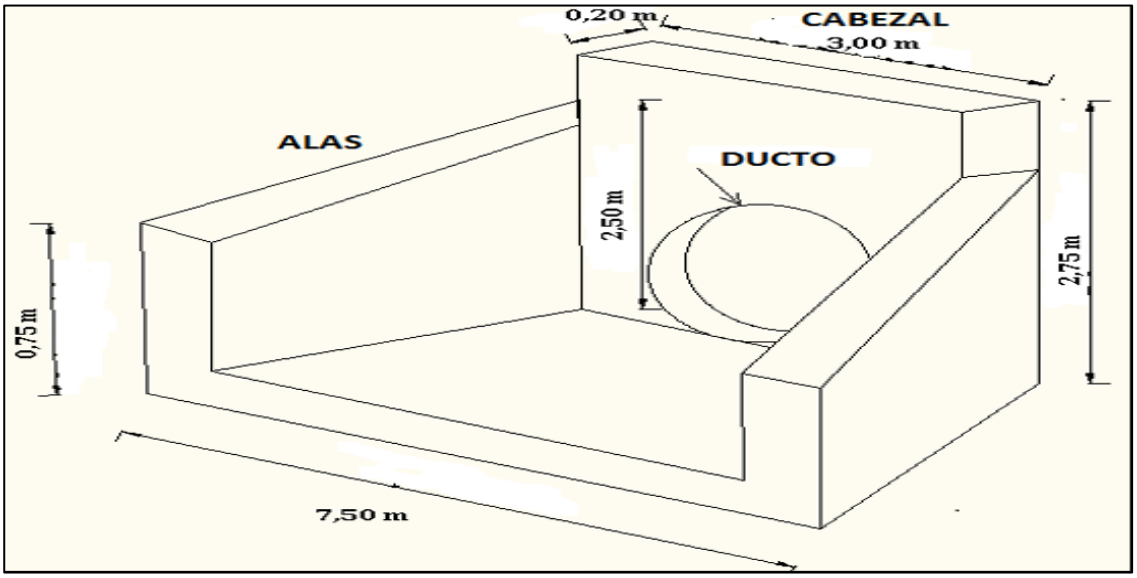
Fuente: Elaboración propia**.**

Tabla No. 51: Tirantes Hidráulicos para Alcantarillas.

SUB CUENCA	Y critico (m)	Y (cm)
SC – 3	0.4227	42.27
SC – 18	0.4123	41.23

Fuente: Elaboración propia**.**

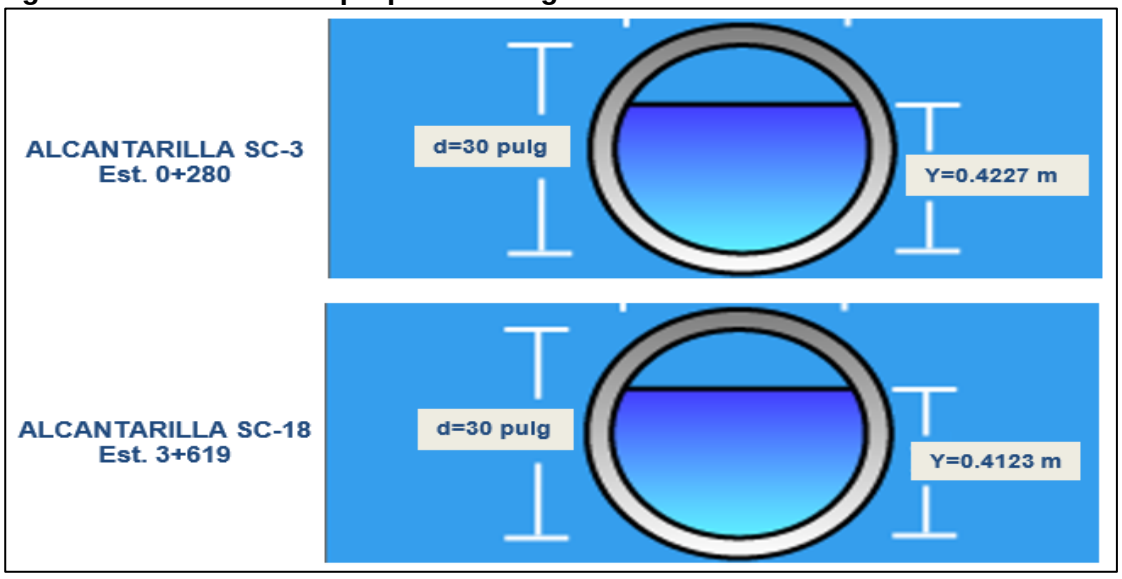
Imagen No. 35: Dimensiones de alcantarilla Tipo I propuesta (cabezal, alas y ducto).



Fuente: Elaboración propia**.**

Nota: Todas las medidas están dadas en metros.

Imagen No. 36: Diámetros propuestos según el Caudal de Diseño.



Fuente: Elaboración propia**.**

CAPÍTULO V

DISEÑO DE PAVIMENTO ARTICULADO

5.1. Introducción.

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

La capacidad estructural del pavimento articulado depende de la habilidad de cada capa para transferir, distribuir y reducir la intensidad de los esfuerzos antes de colocar la siguiente capa o a la sub-rasante.

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

5.2. Método para el Diseño de Pavimento Articulado(AASHTO-93).

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

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

1. Determinar el número de Ejes Equivalentes (ESAL'S)
2. Obtener las Variables de diseño:
    - Factores Equivalente de Carga.
    - Peso por ejes.
    - Confiabilidad deseada
    - Desviación Estándar
    - Serviciabilidad.
    - Módulo de Resiliencia.

3. Establecer las Propiedades de los materiales de cada capa, representada por los coeficientes estructurales (a_i).
4. Calcular los espesores del pavimento considerando el esfuerzo a la compresión de cada capa.

5.3. Variables a considerar en el Método de diseño AASHTO 93.

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

5.3.1. Confiabilidad (R).

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

Tabla No.52: Niveles de confiabilidad recomendado por la AASHTO.

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

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

5.3.2. Desviación estándar.

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

Tabla No. 53: Desviación estándar para pavimentos rígidos y flexibles.

Desviación estándar combinado (So)		
Condición	**Pavimento Rígido**	**Pavimento Articulado**
En construcción nueva	0.35	**0.45**
En sobre capas	0.39	0.49

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements.

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

5.3.3. Serviciabilidad.

Los valores fueron previamente escogidos en el capítulo II según el Manual Centroamericano para El Diseño de Pavimentos (2004). Los valores recomendados son **Po = 4.2** para pavimentos articulados y **Pt = 2.0** para carreteras cuya clasificación es colectoras rurales. Por lo tanto, el valor de la pérdida de la Serviciabilidad sustituyendo la Ecuación No. 6 de la página *25* es:

$$\Delta PSI = 2.2$$

5.3.4. Módulo de Resiliencia de la subrasante (Mr).

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

Tabla No. 54: Ecuaciones de correlación.

Valore de CBR	Ecuación de correlación
CBR < 10%	**Mr= 1500 x CBR (Ecuación No. 13)**
CBR > 10%	Mr= 4326 x ln(CBR) + 241 (Ecuación No. 14)

Fuente: Libro de diseño de pavimentos AASHTO 93.

De acuerdo con el Gráfico No. 13 de la página 48 (capítulo III), el CBR de diseño de la sub-rasante resultante es de **5.3%**, por tanto, el módulo de Resiliencia se determina mediante la ecuación No. 13:

$$\boldsymbol{MR = 1500 * CBR} \qquad \text{(Ecuación No. 13)}$$

Donde:

MR: Modulo Resiliente.

CBR: California Bearing Ratio

$$\mathbf{MR} = 1500 * 5.3\%$$

$$\mathbf{MR} = 7{,}950 \text{ PSI}$$

5.3.5. Coeficiente de drenaje.

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

Tabla No. 55: Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles.

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

Fuente: Libro de diseño de pavimentos AASHTO 93.

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

5.3.6. Coeficientes de las capas estructurales.

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

- **a_1:** para la carpeta de rodamiento.
- **a_2**: para la base.
- **a_3:** para la sub-base.

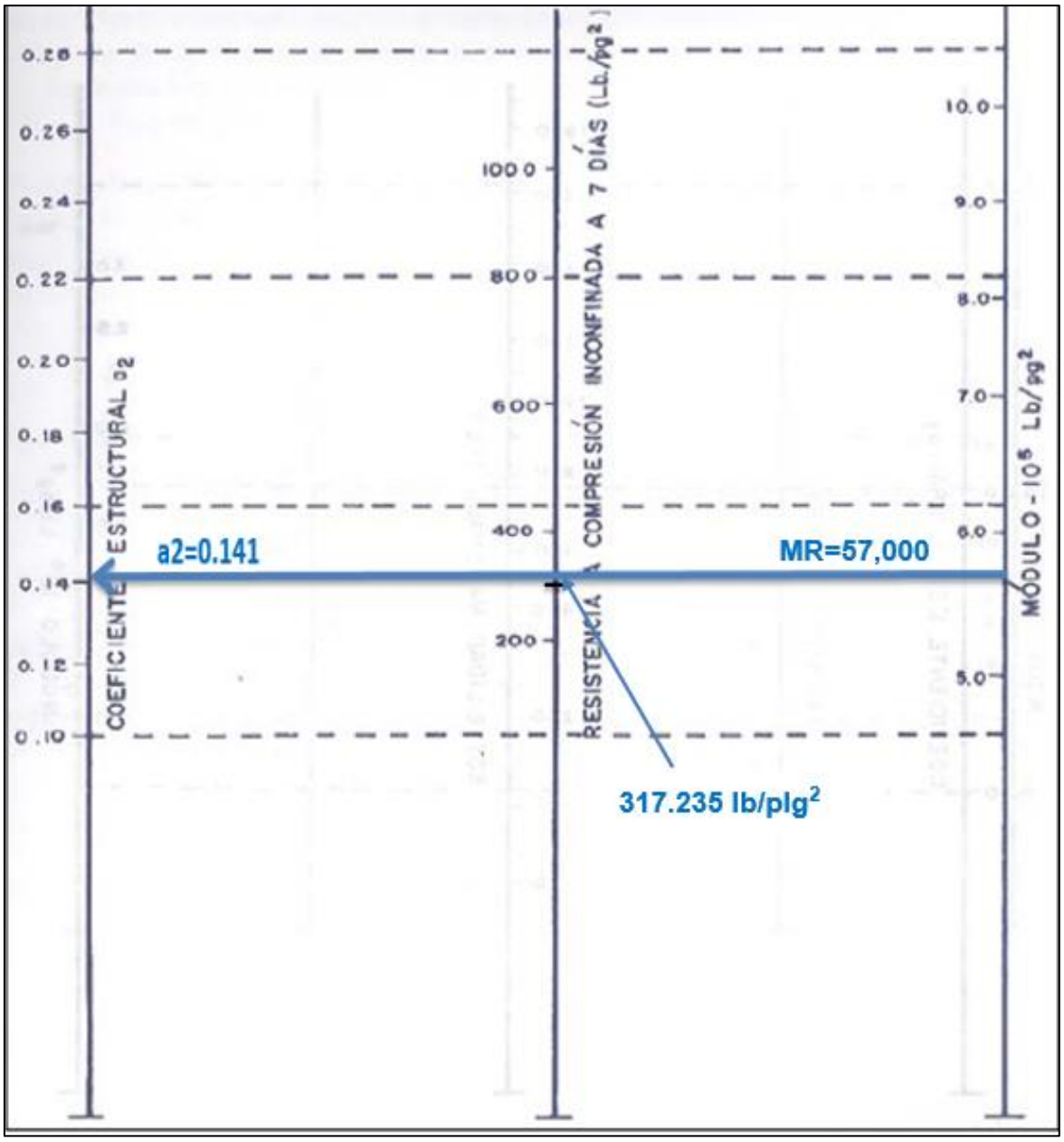
5.3.6.1. Coeficiente estructural de la carpeta de rodamiento (adoquín de concreto) a_1.

El coeficiente estructural para el diseño de espesores con adoquín ya está definido en el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, en el capítulo 7, página 107, cuyo valor es de **$a_1 = 0.45$.**

5.3.6.2. Coeficiente estructural para base estabilizada con cemento a_2.

El valor del coeficiente estructural de capa de base tratada con cemento (a_2) se determina con el uso del nomograma de la guía, tomando como parámetro de entrada el valor del esfuerzo a la compresión del suelo estabilizado de 317.24 PSI, luego se traza una línea horizontal hasta interceptar en la línea vertical derecha con el valor de $a_2 = 0.141$.

Gráfico No. 37: Relación entre el coeficiente estructural para base granular (a_2) y distintos parámetros resistentes.



Fuente: Diseño de Pavimentos AASHTO 93.

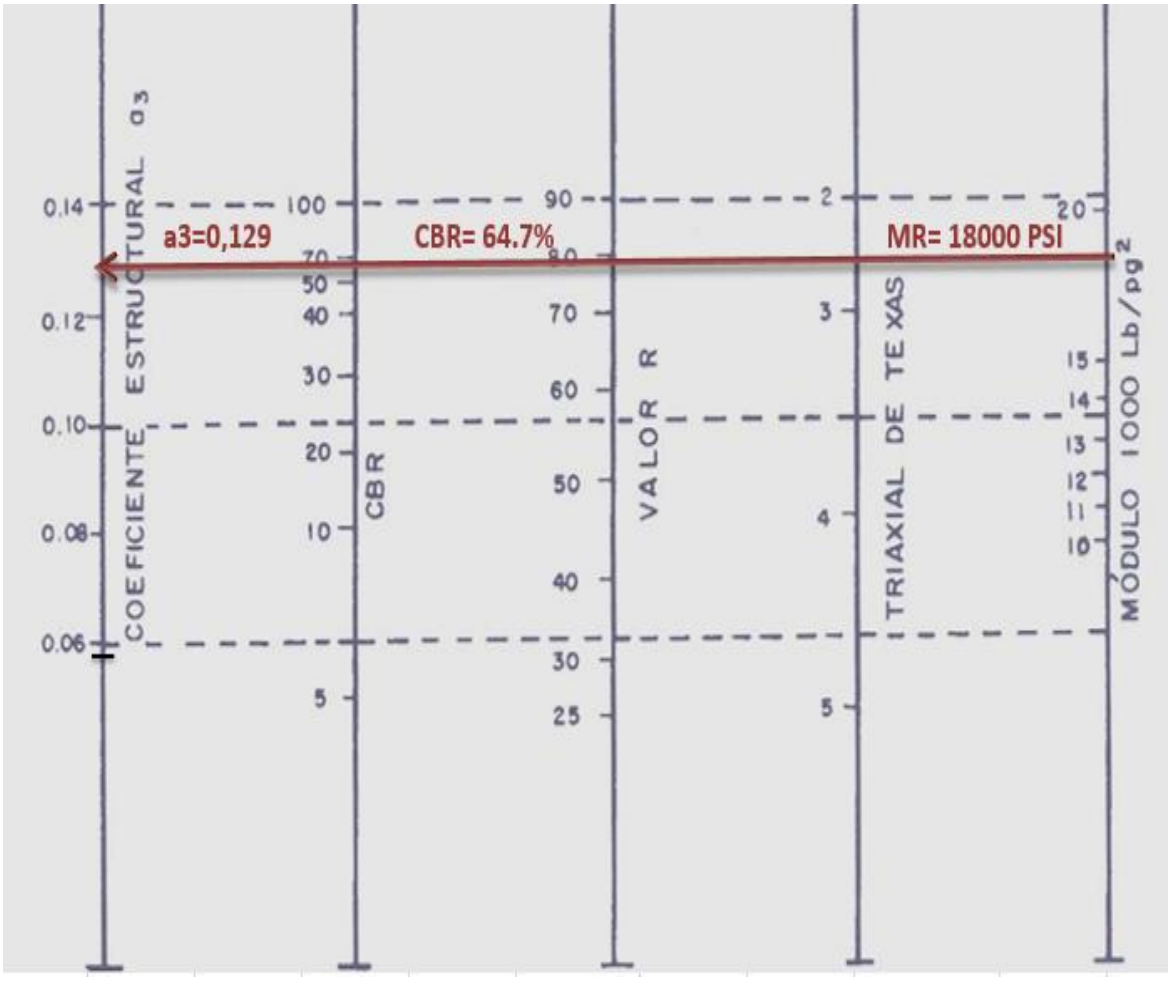
El coeficiente estructural resultante **a_2 = 0.141**, el cual se obtiene del nomograma para bases granulares tratadas con cemento de la AASHTO-93.

5.3.6.3. Coeficiente estructural para sub- base a_3.

Para trabajar el material de la subbase es necesario tomar un CBR de acuerdo con las especificaciones de la Nic-2000 el cual establece, un mínimo de 40%.

El coeficiente estructural resultante **a_3 = 0.129** con un Módulo resiliente de la sub base de **Mr=18,000 psi**. Este se obtuvo utilizando el nomograma que propone la guía de diseño de la AASHTO, en el que se relaciona el CBR de la subbase con el módulo resiliente y el coeficiente estructural, y considerando un CBR de 64.7% para la subbase, el cual es el CBR al 95% del banco de materiales propuesto.

Gráfico No. 38: Relación entre el coeficiente estructural para sub-base granular (a_3) y distintos parámetros resistentes.



Fuente: Diseño de Pavimentos AASHTO 93.

5.3.7. Números estructurales aportados y determinación de espesores.

La ecuación utilizada para el diseño de pavimento flexible, deriva de la información obtenida empíricamente por la AASHTO ROAD TEST. La fórmula general que se usara para determinar los espesores del pavimento es la siguiente **Ecuación Nº15**:

$$\mathbf{SN} = \mathbf{SN_1} + \mathbf{SN_2} + \mathbf{SN_3} = \mathbf{a_1 x D_1} + \mathbf{a_2 x D_2} + \mathbf{a_3 x D_3} = \mathbf{a_1 x m_1} + \mathbf{a_2 x m_2} + \mathbf{a_3 x m_3} \quad \text{(Ecuación No. 15)}$$

Donde:

a_1, a_2, a_3 = Son los coeficientes estructurales o de capa.

D_1, D_2, D_3= Espesores de las capas en pulgadas para la carpeta Asfáltica, Base y Sub – base.

m_1, m_2, m_3 = Son los coeficientes de drenaje de las capas.

Este está basado en que las capas granulares tratadas, deben estar perfectamente protegidas de presiones verticales excesivas, que lleguen a producir deformaciones permanentes. El procedimiento para el cálculo de espesores consiste primero en calcular el SN sobre la Sub-Rasante, después se calculan los SN necesarios sobre las capas de Sub – Base y Base.

5.3.7.1. Determinación de Números estructurales.

El espesor del adoquín es estándar de D1= 4 pulgadas. Por tanto, SN_1 ya está dado:

$$\mathbf{SN_1 = D_1 \times a_1} \quad \text{(Ecuación No. 16)}$$

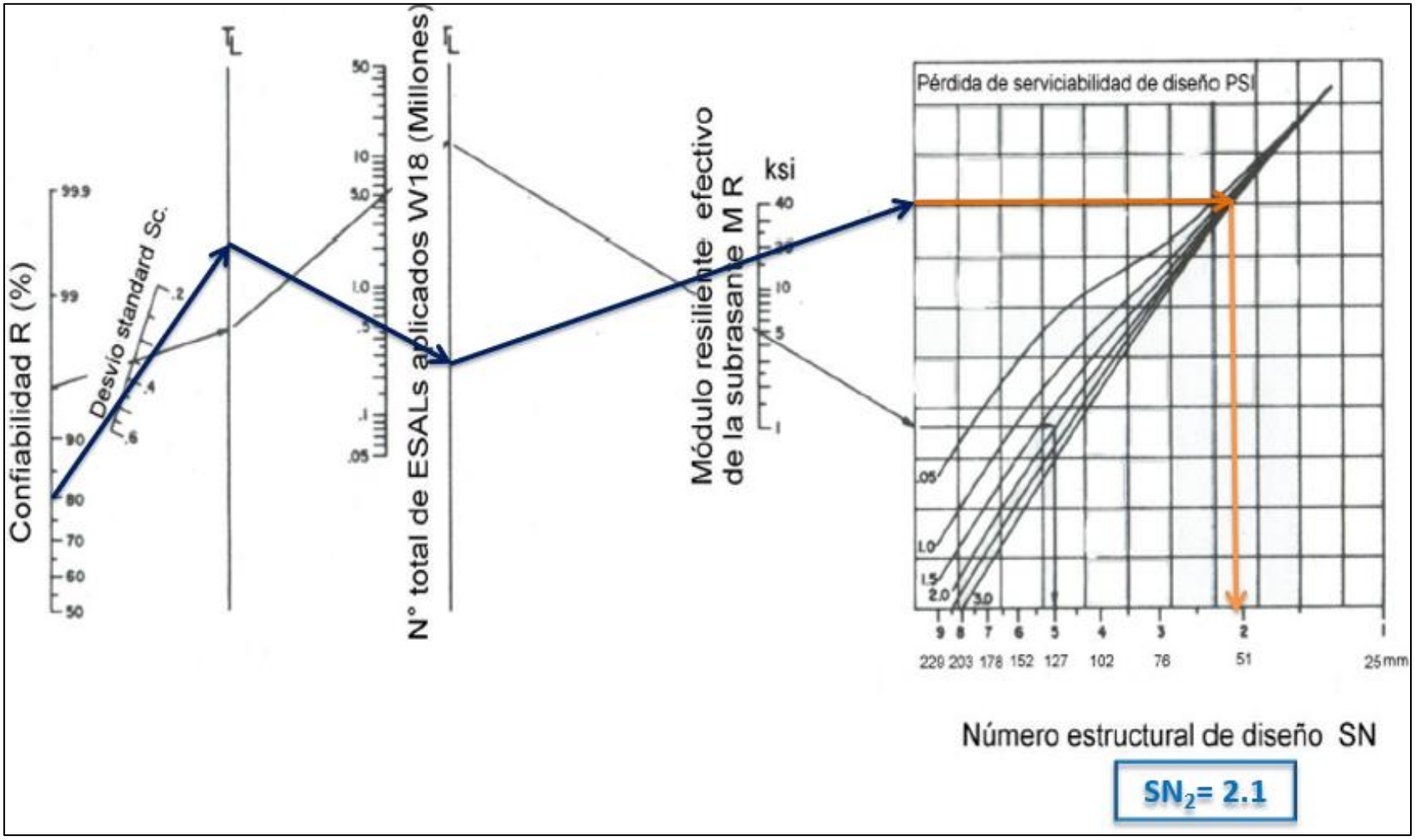
SN_1 = (4.00 X 0.45)

SN_1 = 1.8

Para el cálculo de $\mathbf{SN_{REQUERIDO}}$ utilizamos el nomograma para resolver la ecuación AASHTO. Obteniendo un resultado de $\mathbf{SN_{REQUERIDO} = 2.75}$

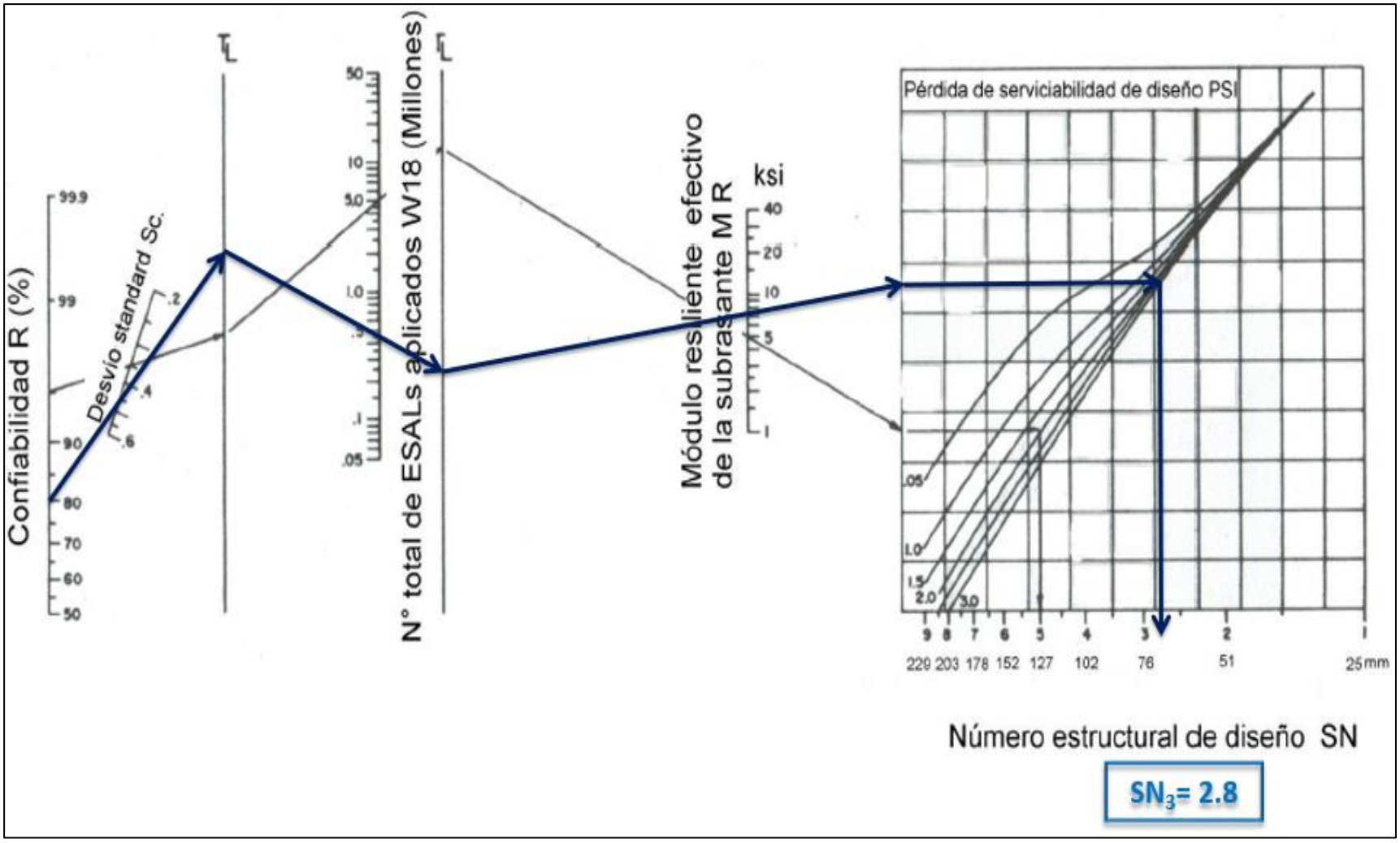
El $\mathbf{SN_2}$se obtuvo graficando el módulo resiliente de la subbase obteniendo un $\mathbf{SN_2 = 2.1}$

Gráfico No. 39: Ábaco de Diseño AASHTO, para el Cálculo de SN_2.



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

Gráfico No. 40: Ábaco de Diseño AASHTO, para el Cálculo de $SN_{requerido}$.



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

5.3.7.2. Espesor de la base Granular.

Espesor de Base Granular.

$$D_2 = (SN_2 - SN_1) / (a_2 \times m_2)$$ (Ecuación 17)

$D_2 =$ (2.1-1.8) / (0.141x1.00)

$D_2 =$ 2.128 pulgadas de base.

El espesor de base no cumple con el espesor mínimo recomendadopor la guía de diseño de la AASHTO, por eso se utilizará el espesor mínimo para base granular: **$D_2 = 2.128$ pulgadas (10 cm),** tal y como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla No. 56: Espesores mínimos recomendados.

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

Fuente: Libro de diseño de pavimentos AASHTO 93.

Se corrige el SN_2:

$SN_2 = a_2 \times D_2 \times m_2$ (Ecuación 18)

$SN_2 = 0.141 \times 4.00 \times 1.00$

$SN_2 = 0.564$

Espesor de Subbase Granular.

$$D_3 = SN_3 - (SN_2 + SN_1) / (a_3 \times m_3)$$ (Ecuación 19)

$D_3 =$ 2.8 - (0.564+1.80) / (0.129x1.00)

$D_3 =$ 3.38 pulgadas de Subbase

Se corrige el SN_3:

$SN_3 = a_3 \times D_3 \times m_3$ (Ecuación 20)

$SN_3 = 0.129 \times 4.00 \times 1.00$

$SN_3 = 0.516$

Como verificación:

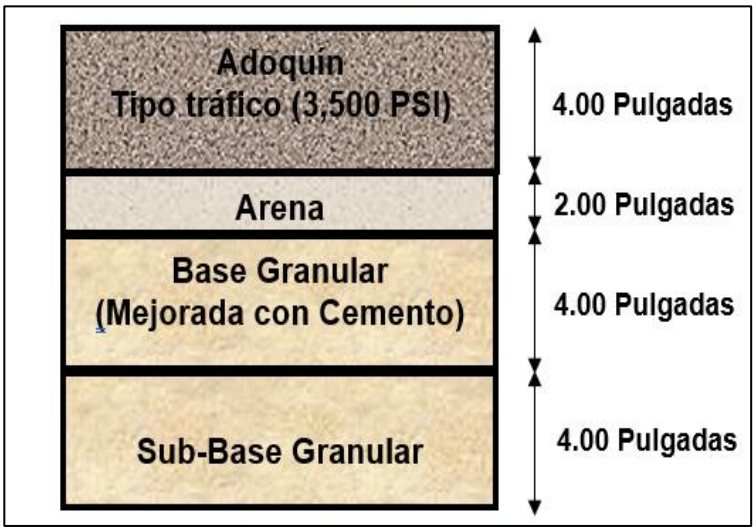
$SN1 + SN2 + SN3 \geq SN$ (Ecuación 21)

$1.80 + 0.552 + 0.516 \geq 2.8$

$2.9 \geq 2.8$ **Cumple.**

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

Imagen No. 37: Espesores Finales.



Fuente: Elaboración propia.

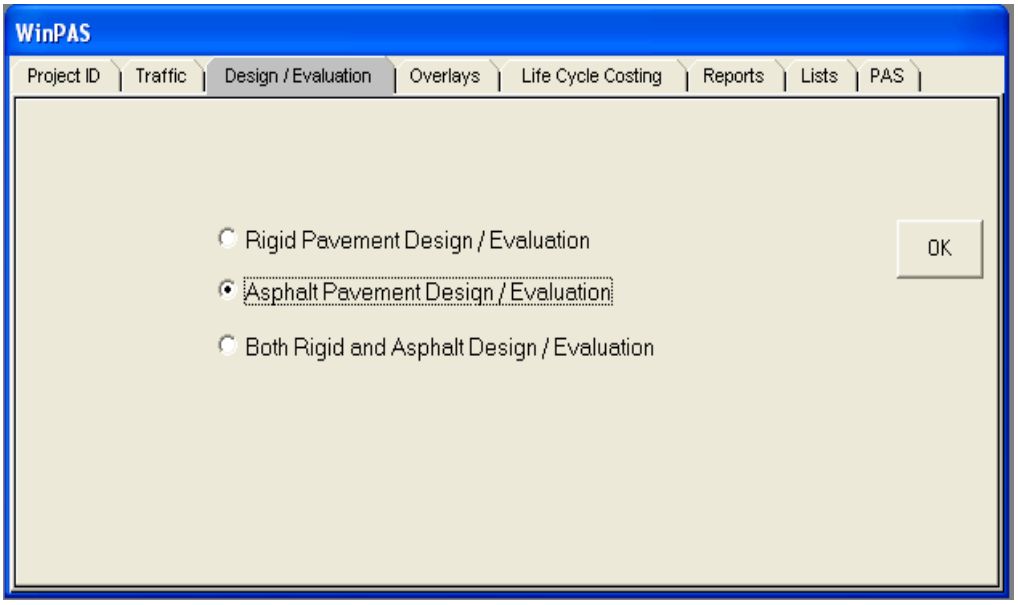
5.4. Uso del programa WinPAS.

Para comparar y comprobar los resultados obtenidos en los cálculos anteriores, se determinan los espesores de las diferentes capas de pavimentos utilizando el software "**WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4)"**, que está basado en la guía para el diseño de estructuras de pavimento de la AASHTO ya que resulta una herramienta útil que agiliza y facilita los cálculos para el diseño. A continuación, se muestran los Parámetros de entrada para el programa WinPAS.

- **ESAL´S= 454,103**
- **Confiabilidad= 80%**
- **Desviación Estándar (So)= 0.45**
- **Módulo de Resiliencia = 7,950.00**
- **Índice de serviciabilidad inicial(Po)=4.20**
- **Índice de serviciabilidad final (Pt)= 2.00**
- **Coeficiente de Drenaje (m_i)= 1.00**
- **Coeficiente de Capa a_1 = 0.45**
- **Coeficiente de Capa a_2 = 0.141**
- **Coeficiente de Capa a_3 = 0.129**

Primero se escoge el tipo de pavimento en este caso la **opción 2** que es para pavimento articulado.

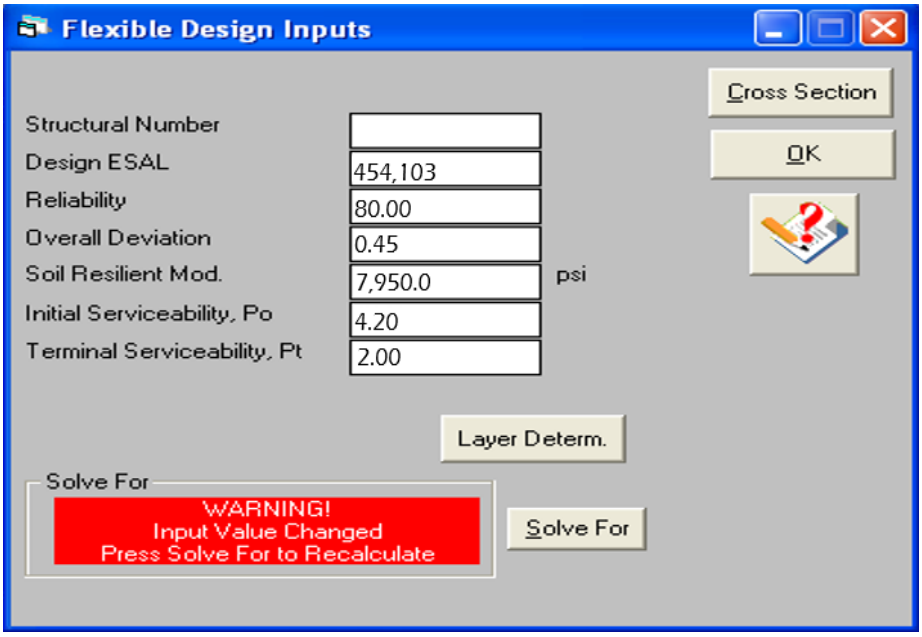
Imagen No. 38: Elección de tipo de pavimento a diseñar.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Segundo paso es introducir los datos anteriores en el software, se detalla en la **(Imagen No .39)**

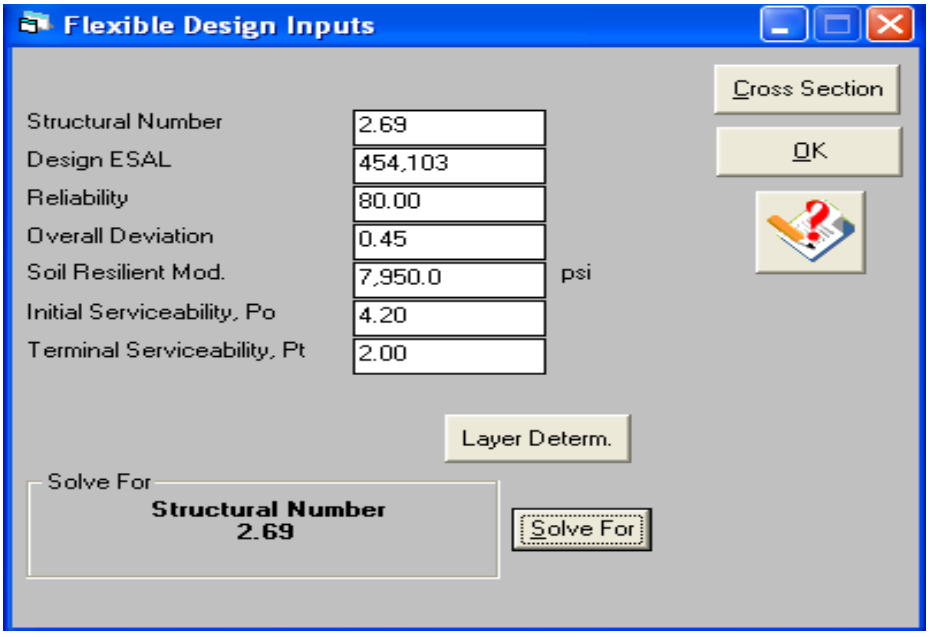
Imagen No. 39: Introducción de Datos.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4).

Al introducir los datos anteriores se obtiene un resultado de un número estructural mínimo requerido de **2.69**, se detalla en la **(Imagen N°40)**.

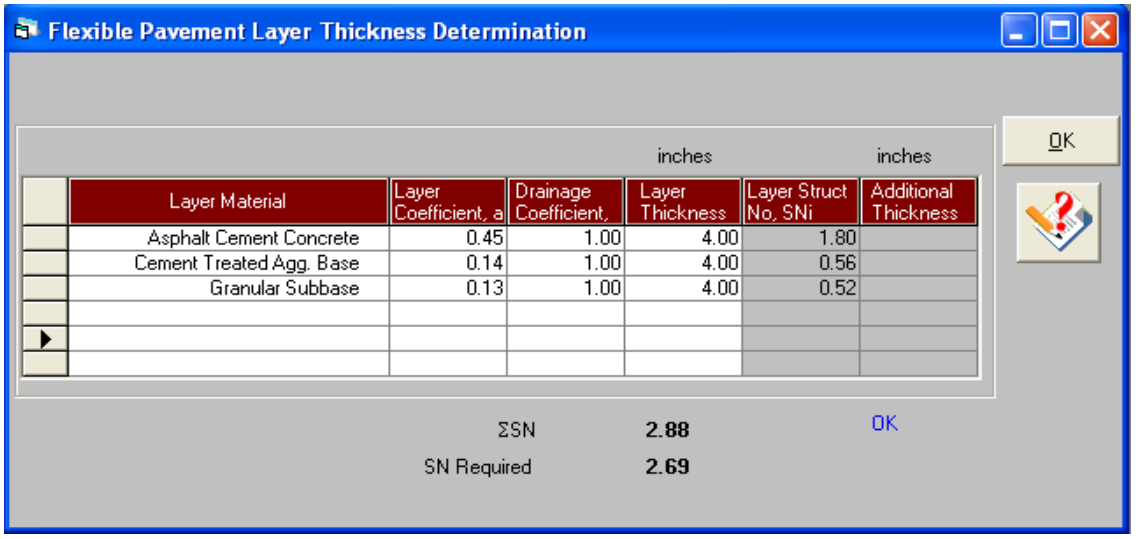
Imagen No. 40: Cálculo del número Estructural mínimo requerido.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.04).

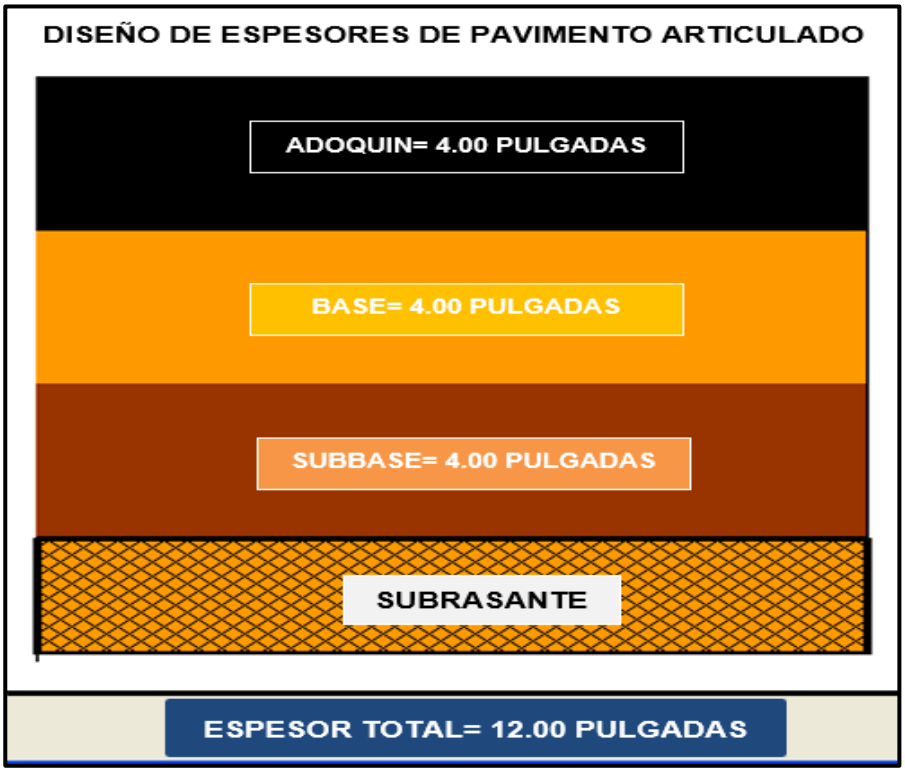
Al proponer los espesores en el programa de la AASHTO 93, **(Ver Imagen No. 41)**, podemos apreciar que en los resultados cumple con el SN requerido.

Imagen No. 41: Resultados de espesores requeridos para el diseño de pavimento.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.04).

Imagen No. 42: Espesores finales de pavimento.



Fuente: WinPAS (Pavement Analysis Software 1.04).

CAPÍTULO VI

COSTO Y

PRESUPUESTO

6.1. Estimación de Costo y de la Inversión total de la Obra.

El presupuesto de estimación de costo e inversión total que se detalla en este capítulo, correspondiente al proyecto: “Diseño de pavimento articulado del tramo empalme El Amparo y San Juan del municipio de San Sebastián de Yalí, departamento de Jinotega correspondiente a las estaciones 0+000 a 4 +000”. En el refleja el precio unitario que constituye el precio de cada concepto de obra.

Para obtener dicho presupuesto se tomaron en consideración los siguientes componentes:

- Costos Directos (Materiales, mano de obras, herramientas y equipos).
- Costos Indirectos (Gastos Administrativos, impuestos y utilidades).

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

6.1.1. Costos Directos.

- Materiales: Se consultó la guía de costos y el catálogo de precios proporcionados por la alcaldía municipal.
- Mano de Obras: Se determinó como un porcentaje de costo Unitarios de la actividad (material + equipos).
- Maquinarias y Equipos: Se obtuvo a partir de la guía de costos del FISE mencionada anteriormente, de acuerdo con la unidad de medida reflejada.

6.1.2. Costos indirectos.

Para la determinación de los costos indirectos se aplicaron factores del total de costos directos de la obra. Estos incluyen:

a) Gastos administrativos.

- Alquileres y depreciaciones.
- Obligaciones y seguros.
- Materiales de consumo.
- Capacitación.
- Cargas impositivas: IGV, IR, IM.

b) Cargos adicionales.

- Gastos Administrativos, 15%
- Imprevistos, 10%
- Impuestos y fianzas, 10%
- Utilidades, 15%.
- Impuesto Municipal 1%

6.2. Procedimiento Metodológico para la Determinación de los Costos.

a) Calculo de la cantidad de obra según los planos y las especificaciones técnicas del diseño.
b) Cantidad de materiales, mano de obra y equipos en el proyecto.
c) Una vez calculada las cantidades de obras y analizados las cantidades, mano de obra y equipos que intervienen en cada etapa del proyecto, se calcula el costo unitario por etapas y sub etapas de actividades de obra tomando como base las guías de costos y presupuesto del FISE.
d) Costo total directo que es la cantidad por el costo unitario de cada uno de los componentes: materiales, mano de obras y equipos.
e) Calculo del costo total de cada etapa que es la suma de costo total directo de materiales, mano de obra y equipos.

f) Los costos indirectos: impuestos, imprevisto, administración resultan de la aplicación de un porcentaje al total de los costos como se indicó anteriormente.
g) Al final se suma costos directos y los indirectos y se obtiene el costo total del proyecto.
Los resultados de la memoria de cálculo están detallados en la tabla 8.1, mostrada a continuación:

6.2.1. Preliminares.

Trazo y nivelación
Rotulo

Tabla No. 57: Limpieza del Derecho de la Vía.

Banda Izquierda					Banda Derecha				
Estación		Dimensiones (m)		Área (m^2)	Estación		Dimensiones (m)		Área (m^2)
Inicial	Final	Longitud	Ancho		Inicial	Final	Longitud	Ancho	
0+000	4+000	4.000,00	2,75	11.000,00	0+000	4+000	4.000,00	2,75	11.000,00
Total Banda Derecha (m^2)				11.000,00	Total Banda Izquierda (m^2)				11000,00
Total	22.000,00	m^2							
Total	2,20	Ha							

Fuente: Elaboración Propia.

6.2.2. Movilización.

Es el trabajo de llevar las maquinarias para el movimiento de tierra y se paga por kilómetros desde la ciudad de Jinotega a 41 kilómetros de donde estará situado el tramo.

6.2.3. Movimiento de Tierra.

Es el trabajo que se realiza para preparar el terreno donde posteriormente se colocarán las capas de pavimento que rematan con la superficie de adoquines.

Tabla No. 58: Acarreo de Material Selecto y Explotación de Bancos

ACARREO DE MATERIAL SELECTO Y EXPLOTACION DE BANCO								
Estaciones		Longitud (m)	Estacion Banco	L.M del tramo	L.M tramo-Banco	Volumen en banco (m3)	Volumen suelto	Acarreo (m³-km)
Desde	Hasta							
0 + 000	1 + 000	1.000,00	0 + 070	0+500	430,00	2.925,00	3.802,50	1.635,08
1 + 000	2 + 000	1.000,00	0 + 070	1+500	1.430,00	2.925,00	3.802,50	5.437,58
2 + 000	3 + 000	1.000,00	0 + 070	2+500	2.430,00	2.925,00	3.802,50	9.240,08
3 + 000	4 + 000	1.000,00	0 + 070	3+500	3.430,00	900,00	1.170,00	4.013,10
Volumen Total del sub.tramo						**9.675,00**	**12.577,50**	**20325,83**

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla No. 59: Descapote de Bancos.

DESCAPOTE DE BANCO					
		Largo (m)	Ancho (m)	Espesor (m)	Volumen compacto
		50,00	50,00	0,20	500.00
Volumen de relleno			**50,00**	**0,20**	**500.00**

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla No. 60: Relleno de la Base y Sub Base.

RELLENO DE LA BASE Y SUB BASE						
Largo			Ancho (m)	Espesor (m)	Factor de Abundamiento	Volumen compactado
4.000,00			4,.0	0,20	1,00	3,200.00
Volumen total						**3,200.00**

Fuente: Elaboración Propia.

4.0 metros= El ancho de sección transversal. **(Ver Anexo E, Imagen No. 56, pág. XXX)**

Tabla No. 61: Acarreo.

ACARREO	
DISTANCIA PROMEDIO	**1,54**
DISTANCIA MEDIA DE ACARREO (Km)	**1,62**

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla No. 62: Estabilización de Base.

ESTABILIZACION DE BASE						
Largo			Ancho (m)	Espesor (m)	Factor de Abundamiento	Volumen compactado
4.000,00			4,50	0,10	1,00	1,600.00
Volumen total						1,600.00

Fuente: Elaboración Propia.

6.2.4. Revestimiento de la Calzada.

Tabla No. 63: Revestimiento.

REVESTIMIENTO CON MATERIAL SELECTO							
Estaciones		Longitud (m)	Ancho de la sección (m)	Espesor de diseño (m)	Espesor Existente (m)	Espesor agregar (m)	Volumen compacto (m^3)
Desde	Hasta						
0 + 000	4 + 000	4.000,00	4,00		0,00	0,20	3,200.00
Volumen Total							3,200.00

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla No. 64: Nivelación.

NIVELACIÓN Y CONFORMACION COMPACTA			
Estaciones		Longitud (m)	Longitud (m)
Desde	Hasta		
0 + 000	4 + 000	4.000,00	5,50
m2 Total			22.000,00

Fuente: Elaboración Propia.

6.2.5. Carpeta de Rodamiento.

Este trabajo incluye el suministro de adoquines y medios adoquines, el suministro y colocación de arena limpia cribada para el colchón de aproximadamente 5 cm de espesor, la colocada de los adoquines y la vibrada junto con el caliche de arena cribada por la malla Nº8.

Bordillos de 0.20 metros x 0.15 metros de profundidad, se colocan a los laterales del adoquinado.

Estas vigas de 0.15 metros x 0.35 metros de profundidad, se colocan dónde termina el adoquinado y no existe estructura alguna que las confine.

Tabla No. 65: Carpeta de Rodamiento Adoquín 3500 PSI

Estaciones		Longitud (m)	Longitud (m)
Desde	Hasta		
0 + 000	4 + 000	4.000,00	4.0
m2 Total			**16,000.00**

Fuente: Elaboración Propia.

6.2.6. Drenaje Menor.

Tabla No. 66: Trazo y Nivelación /Construcción de Concreto Ciclópeo.

TRAZADO Y NIVELACIÓN /CONSTRUCCIÓN DE CUNETA DE CONCRETO CICLÓPEO					
Estación		Banda		Longitud (ml)	Observación
Inicial	Final	Izquierda	Derecha		
0+000	0+140		1	140,00	
0+220	0+280	1		60,00	desague Est 0+280
0+280	0+340	1		60,00	desague Est 0+280
0+380	0+456	1		76,00	
0+456	0+560		1	104,00	desague Est 0+456
0+960	1+044		1	84,00	
1+044	1+200		1	156,00	desague Est 1+044
1+958	2+000	1		42,00	desague Est 2+000
2+000	2+100	1		100,00	desague Est 2+000
2+950	3+088		1	138,00	
3+088	3+125	1		37,00	desague Est 3+088
3+426	3+619		1	193,00	desague Est 3+619
3+619	3+770	1		151,00	
3+715	3+844	1		129,00	
3+844	3+900		1	56,00	
TOTAL mt				**1.526,00**	**48,00**

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla No. 67: Limpieza y Rectificación de Cuneta en V con Motoniveladora.

LIMPIEZA Y RECTIFICACIÓN DE CUNETA EN "V" (CON MOTONIVELADORA)					
Estación		Banda		Longitud (ml)	Observación
		Izquierda	Derecha		
Inicial	Final				
0+000	0+140		1	140,00	
0+220	0+280	1		60,00	
0+280	0+340	1		60,00	
0+380	0+456	1		76,00	
0+456	0+560		1	104,00	
0+960	1+044		1	84,00	
1+044	1+200		1	156,00	
1+958	2+000	1		42,00	
2+000	2+100	1		100,00	
2+950	3+088		1	138,00	
3+088	3+125	1		37,00	
3+426	3+619		1	193,00	
3+619	3+770	1		151,00	
3+715	3+844	1		129,00	
3+844	3+900		1	56,00	
TOTAL km				1,53	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla No. 68: Trazo y Nivelación de Vados.

TRAZO Y NIVELACION PARA VADOS				
Estación	Largo (m)	Ancho (m)	Q=m3/seg	Área (m2)
0+456	8,00	6,00	0,016	48,00
1+044	8,00	6,00	0,008	48,00
2+000	8,00	6,00	0,011	48,00
3+088	8,00	6,00	0,008	48,00
3+844	8,00	6,00	0,073	48,00
Unidades a Construir				6
Area de Vados a Construir			m^2	1,440.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla No. 69: Volumen de la Losa 2500 PSI y Diente Mezclado a Mano

VOLUMEN DE LOSA 2500 PSI Y DIENTE MEZCLADO A MANO							
Estación	Largo (m)	Ancho (m)	Espesor (m)	Volumen de losa (m3)	Área del Diente m2	Volumen de Diente m3	Volumen de Total m3
0+456	5,50	1,50	0,15	1,24	2,10	0,67	1,91
1+044	5,50	1,75	0,15	1,44	2,18	0,70	2,14
2+000	5,50	2,30	0,15	1,90	2,34	0,75	2,65
3+088	5,50	2,30	0,15	1,90	2,34	0,75	2,65
3+844	5,50	1,75	0,15	1,44	2,18	0,70	2,14
Sub totales			**m³**	**7,92**		**3,56**	**11,48**
Volumen de Vados a Construir			**m³**	**11.48**			

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla No. 70: Volumen de Concreto Ciclópeo de 2500 PSI para la Colocación de la Losa.

VOLUMEN DE CONCRETO CICLÓPEO DE 2,500 psi PARA COLOCACIÓN DE LOSA							
Estación	Largo (m)	Ancho (m)	Espesor (m)	Volumen de losa (m3)	Identificación del Vado	Q=m3/seg	
0+456	5,50	1,50	0,20	1,65	No.1	0,016	
1+044	5,50	1,75	0,20	1,93	No.2	0,008	
2+000	5,50	2,30	0,20	2,53	No.3	0,011	
3+088	5,50	2,30	0,20	2,53	No.4	0,008	
3+844	5,50	1,75	0,20	1,93	No.5	0,073	
Volumen de concreto a construir			**m³**	**10.56**			

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla No. 71: Excavación para Alcantarilla.

EXCAVACION PARA ALCANTARILLA					
Estación	*Long. (ml)*	*Altura para la nueva alcantarilla (m)*	*Diámetro Propuesto (in)*	*Ancho Nueva Tubería(m)*	*Excavación de Nueva Tubería (m³)*
0+280	*5,00*	*0,86*	30	*1,00*	*4,30*
3+619	*5,00*	*0,86*	30	*1,00*	*4,30*
	10,00				
Volumen Total de Excavación (m³)					**8,60**

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla No. 72: Construcción de Cabezales de Alcantarillas Nueva.

CONSTRUCCION DE CABEZALES DE ALCANTARILLAS NUEVA			
Estación	***Entrada***	***Salida***	***Volumen Total***
2+909	*3,83*	*3,21*	*7,04*
3+231	*5,10*	*4,35*	*9,45*
			16,49
Volumen total		***16,49***	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla No. 73: Colocación de Lecho de Arena para Instalar Alcantarillas Nuevas.

COLOCACION DE LECHO DE ARENA PARA INSTALAR ALCANTARILLA NUEVAS						
Estación	***Longitud (ml)***	***Diámetro Propuesto (in)***	***Excavación Total de alcantarilla (m³)***	***Volumen del Tubo (m³)***	***Lecho para Alcantarilla (m³)***	***Volumen de Relleno (m³)***
0+280	*5,00*	*30,00*	*4,30*	*0,35*	*0,19*	*3,76*
3+619	*5,00*	*30,00*	*4,30*	*0,35*	*0,19*	*3,76*
Volumen Total (m³)					***0,38***	***7,51***

Fuente: Elaboración Propia

6.3. Take Off.

Tabla No. 74: Take off.

ETAPA	DESCRIPCION	UM	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
25000	**PRELIMINARES**	**GLB**			**C$ 47.827,95**
25002	**TRAZO Y NIVELACION**	**ml**	**4.000,00**	**C$ 3,79**	**C$ 15.160,00**
01	Trazo del eje central del camino existente	ml	4.000,00	C$ 3,54	C$ 14.168,73
25004	**ROTULO**	**c/u**	**1,00**	**C$ 5.167,95**	**C$ 5.167,95**
02	Rotulo 1,22 X 2,44 m (Est Metal y zinc liso)	c/u	1,00	C$ 5.167,95	C$ 5.167,95
94218	**LIMIEZA DEL DERECHO DE VIA**	**Ha**	**2,20**	**C$ 12.500,00**	**C$ 27.500,00**
03	Limpieza manual del Derecho de Via	Ha	2,20	C$ 12.500,00	C$ 27.500,00
25100	**MOVILIZACION / DESMOVILIZACION**	**KM**	**41**	**C$ 883,11**	**C$ 36.207,39**
25102	**Movilización / Desmovilización**	**km**	**41,00**	**C$ 883,11**	**C$ 36.207,39**
01	Movilización Desmovilización de equipo(inc. Módulo)	km	41,00	C$ 883,11	C$ 36.207,39
23200	**MOVIMIENTO DE TIERRA**	**M3**	**14.288,47**	**C$ 168,56**	**C$ 2.408.468,28**
232011	**DESCAPOTE DE BANCO**	**M³**	**500,00**	**C$ 21,36**	**C$ 10.679,31**
01	Descapote de banco(Con tractor)	m3	500,00	C$ 21,36	C$ 10.679,31
23202	**EXPLOTACION DE BANCO**	**m²**	**9.675,00**	**C$ 35,60**	**C$ 344.407,75**
02	Explotación de Banco	m³	9.675,00	C$ 35,60	C$ 344.407,75
23203	**ACARREO DE MATERIAL SELECTO**	**m2**	**12.577,50**	**C$ 130,13**	**C$ 1.636.672,74**
3'01	Acarreo de material Selecto a 1km	m3	12.577,50	C$ 72,46	C$ 911.355,90
04	Botar tierra sobrante de excavación a 1km	m3	10.010,00	C$ 72,46	C$ 725.316,84
23204	**CORTES**	**m3**	**4.113,47**	**C$ 28,52**	**C$ 117.316,36**
05	Corte y/o excavación con tractor sobre oruga	m3	4.113,47	C$ 28,52	C$ 117.316,36
23205	**RELLENO Y COMPACTACIÓN**	**m3**	**3.477,67**	**C$ 86,09**	**C$ 299.392,12**
06	Relleno y compactación con equipo (módulo)	m3	3.477,67	C$ 86,09	C$ 299.392,12
23300	**REVESTIMIENTO DE CALZADA**	**M³**	**3200**	**C$ 868,31**	**C$ 2.778.576,47**
23301	**NIVELACION Y CONFORMACION**	**m2**			
01	Nivelación y conformación	m2	**22.000,00**	**C$ 3,53**	**C$ 77.637,45**
23303	**REVESTIMIENTO**	**m²**	22.000,00	C$ 3,53	C$ 77.637,45
02	Revestimiento de camino con material selecto	m³	**3.200,00**	**C$ 844,04**	**C$ 2.700.939,02**
03	Mescla de suelo-cemento (1:10) y compactación (con modulo)	m³	3.200,00	C$ 166,54	C$ 532.939,02

27000	**CARPETA DE RODAMIENTO**	m²			**C$ 16.076.800,00**
27001	ADOQUINADO Resistencia=3,500 PSI Ancho=0.22m, Largo=0.24m, Alto=0.10m CON CAMA DE ARENA DE 5 cms	m²	16.000,00	**C$ 664,00**	**C$ 10.624.000,00**
28005	VIGA DE REMATE DE CONCRETO DE 2500 PSI, DE 0.15 x 0.35 m, TRANSVERSAL P/ADOQUINES	m3	4,80	**C$ 6.000,00**	**C$ 28.800,00**
28006	BORDILLO DE CONCRETO DE 2500 PSI SIN REF. Ancho = 0.20 m, Alto = 0.15 m CON REPELLO	m3	240,00	**C$ 6.000,00**	**C$ 1.440.000,00**
ETAPA	**DESCRIPCION**	**UM**	**CANTIDAD**	**COSTO UNITARIO**	**COSTO TOTAL**
29000	**DRENAJE MENOR**	**GLB**			**C$ 1,099,375.21**
29026	**VADOS**	**c/u**	**5.00**	**C$ 17,642.35**	**C$ 88,211.75**
01	Concreto concreto Ciclópeo (Considerando Bolon del sitio)	m3	10.56	C$ 2,873.65	C$ 30,345.80
02	Trazo y Nivelacion para vados	m2	1,200.00	C$ 7.00	C$ 8,402.67
03	Concreto 2,500 psi (mezclado a mano)	m3	11.48	C$ 4,308.05	C$ 49,463.29
29001	**CONSTRUCCIÓN PARA ALCANTARILLA**	**c/u**	**1.00**	**C$ 121,408.79**	**C$ 121,408.79**
01	Excavación con equipo para estructura	m³	8.60	C$ 70.62	C$ 607.32
02	Lecho de arena para alcantarilla E=0.10m	m³	0.38	C$ 21.83	C$ 8.30
03	Relleno y compactación con vibrocompactadora manual.	m³	7.51	C$ 89.33	C$ 671.15
04	Concreto Ciclópeo (Considerando Bolon del sitio)	m3	16.49	C$ 2,873.65	C$ 47,379.28
05	Alcantarilla de tubo de Concreto Reforzado Diám. = 40" C-II	ml	10.00	C$ 7,274.28	C$ 72,742.75
28004	**CUNETAS**	**ml**	**1,526.00**	**C$ 583.06**	**C$ 889,754.67**
01	Trazo y nivelación para cunetas	ml	1,526.00	C$ 9.91	C$ 15,116.37
02	Cuneta de concreto 2500 PSI DE 0.40 m x 0.55 m con repello	ml	1,526.00	C$ 551.58	C$ 841,703.53
03	Limpieza y Conformacion de cuneta Tipo V	km	1.53	C$ 4,232.75	C$ 6,459.17
04	Desfogue laterales de concreto	ml	48.00	C$ 551.58	C$ 26,475.60
30000	**LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA**	**GLB**	**1,00**	**C$ 5.000,00**	**C$ 5.000,00**
01	Limpieza final	glb	1,00	C$ 5.000,00	**C$ 5.000,00**
SUB TOTAL MATERIALES , TRANSPORTE Y MANO DE OBRA					**C$ 18.468.255,31**
IMPUESTO MUNIICIPAL 1%					**C$ 184.682,55**
IMPUESTO IR 2%					**C$ 369.365,11**
IVA 15%					**C$ 2.770.238,30**
UTILIDADES 12%					**C$ 2.216.190,64**
TOTAL					**C$ 24.008.731,90**

Fuente: Elaboración Propia.

CONCLUSIONES.

Se realizó el diseño estructural del Pavimento Articulado del tramo empalme El Amparo y San Juan del municipio de San Sebastián de Yalí, departamento de Jinotega correspondiente a las estaciones 0+000 a 4 +000, por método de la aashto-93.

- **CAPITULO II: ESTUDIO DE TRANSITO.**

El factor de ajuste utilizado fue el de la estación No. 300 (Sébaco – Quebrada Honda), se obtuvo un TPDA de 195 vehículos por día a partir de Conteos vehiculares realizados por siete días, 12 horas de 6:00 AM-6:00 PM en un punto de control dentro de un área perimetral estación 0+000 de la carretera. En Base al TPDA el tráfico tuvo una composición vehicular de 22. 1% de vehículos Pesados, 72.3% de vehículos Livianos y el 5.6% de vehículo de pasajero.

Para determinar la Tasa Anual de Crecimiento a ser empleada, se analizaron las estadísticas nacionales del Producto Interno Bruto, el crecimiento del tránsito en la estación permanente Nº300 y el crecimiento de la población. A partir del análisis de estas variables se obtuvo una tasa de crecimiento del 4.72%, tomando en cuenta un periodo de diseño de 15 años. Con los cálculos de los factores de cargas de Ejes Equivalentes de las Tablas establecidas por la AASHTO y el tránsito de diseño se obtiene el número estimado de ejes equivalente de 8.2 ton para el período de diseño de la vía siendo de W18=454,103.

- **CAPITULO III: ESTUDIO GEOTECNICOS**

Se realzaron 17 sondeos manuales a lo largo del tramo, con separación entre ellos de 250 m, en los cuales se realiza ensayes de suelos según clasificación de la AASHTO los suelos más predominantes; A-7-5, A-7-6.

En cuanto a los bancos se localizaron 2 fuentes de materiales de préstamos cerca del área del proyecto, estos bancos son; Banco No. 1 0+070, Banco N°2 3+100, no cumplen con la sección 1003.23 ll b de la NIC-2000 que indica; que para bases incluyendo las estabilizados mecánicamente el CBR del 95% de compactación deberá ser 80% mínimo.

Según la sección 1003.23 II de la NIC-2000, la resistencia del suelo cemento a los 7 días de edad por lo menos debe ser 1800 KN/m^2 o 21 Kg/cm^2, por lo tanto el Banco N°1 cumple con este requerimiento, ya que obtuvo una resistencia de acuerdo a la NIC-2000, por lo que el material de este será utilizado como base Granular.

Para sub-base Granular se decidió escoger el Banco N°2 porque cumple con el requerimiento de la NIC 2000 que para sub-base el CBR al 95% deber ser de 40% mínimo, en este caso su CBR es de 64.7% y cumple con el índice plasticidad máximo permitido que es 10%, ya que este banco tiene un índice de plasticidad de 8%.

- **CAPITULO IV: ESTUDIO HIDROLOGICO**

En el análisis hidrológico, se determinaron las intensidades de precipitación para cada sub-cuenca así como sus características hidrometeorológicas para conocer el caudal de diseño a drenar a través del uso de cunetas y vados, todo esto aplicando el Método Racional utilizando la estación meteorológica Condega, Estelí.

En total se evaluaron 5 sub-cuencas para vados, 2 sub-cuencas para alcantarillas y 15 sub-cuencas para cunetas. Todas fueran diseñadas a partir de los caudales de diseño de cada sub cuenca con la ayuda del software Hcanales, según el cual todas las secciones propuestas van a tener la capacidad hidráulica para soportar el caudal máximo.

- **CAPITULO V: ESTUDIO DE PAVIMENTO**

El Diseño de la Estructura de Pavimento se llevó a cabo mediante el método de la AASHTO – 93 cumplirá estructuralmente a los esfuerzos que será sometido; estará compuesta por una capa de rodadura de adoquín, con un espesor estándar de 4.00 pulgadas, este mismo descansará sobre una cama de arena de 2.00 pulgadas, una base granular de 4.00 pulgadas, la capa sub-base será de 4 pulgadas.

Para comparar y comprobar los resultados obtenidos en los cálculos se determinaron los espesores de las diferentes capas de pavimentos utilizando el software "**WinPAS (Pavement Analysis Software 1.0.4)"**, que está basado en la guía para el diseño de estructuras de pavimento de la AASHTO.

Este software resulto ser una herramienta útil que agiliza y facilita los cálculos para el diseño al proponer los espesores en el programa de la AASHTO 93, podemos apreciar que en los resultados cumple con el SN requerido que nos da 2.69.

Los espesores de las capas que constituyen la estructura de pavimento del Tramo de Carretera El Amparo y San Juan satisfacen las condiciones y demanda particular del proyecto para el período de diseño. La construcción del tramo de carretera El Amparo y San Juan, es muy importante porque se estaría completando una colectora rural muy importante, que supone la obtención de beneficios por la disminución de los costos de operación vehicular, vinculados al mejoramiento de la vía.

- **CAPITULO VI: PRESUPUESTO**

El costo total del proyecto asciende un monto de C$ 24.008.731,90 (Veinticuatro millones ocho mil setecientos treinta y un córdobas con noventa centavos) equivalentes a $ 778,240.88 (Setecientos setenta y ocho mil doscientos dólares con ochenta y ocho centavos). Para ello se utilizó una taza de cambio de C$ 30.85 (Treinta córdobas con ochenta y cinco centavos), equivalentes a $1 (un dólar americano).

RECOMENDACIONES.

- Establecer medidas de control para la circulación vehicular sobre la vía en estudio, con el objetivo de evitar que vehículos fuera de diseño (que exceden el límite de carga) transiten y provoquen daño prematuro de la vía.

- Garantizar que la mezcla del material del banco de préstamo Nº1 con cemento se encuentre libre de cualquier agente contaminante.

- El suelo-cemento será curado durante 7 días por medio de riegos de agua, arena humedad o cualquier otro método aprobado.

- Verificar que la calidad de los materiales es la determinada en el diseño, que cumplan con las especificaciones de calidad y resistencia propuestas en las Normas Nic- 2000.

- Los materiales para revestimiento serán provenientes de la explotación de bancos de material selecto. El material deberá estar libre de sustancias deletéreas o talcosas, teniendo propiedades ligantes tales que permitan una buena compactación y contribuyan a formar una capa de base bien ligada y densa.

- Garantizar que los materiales a utilizarse sean adquiridos en fábricas certificadas, como una forma de asegurarse de que cumplan con la calidad requerida.

- Los materiales pesados de desperdicio deben ser sacados fuera del sitio, a lugares autorizados, tales como terrenos baldíos o potreros, de previo autorizado por él dueño de la propiedad, quien dará su consentimiento o aprobación, previo acuerdo por escrito y presentado al Ingeniero, de acuerdo a las Normas Ambientales establecidas.

- Garantizar la debida y correcta de señalización vertical y horizontal (marcas viales) una vez concluido el proyecto.

BIBLIOGRAFIA.

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.

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

Hernandez, M. I. (2011). Ingeneria de Tráfico. 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.

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

MTI. (2015). 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:

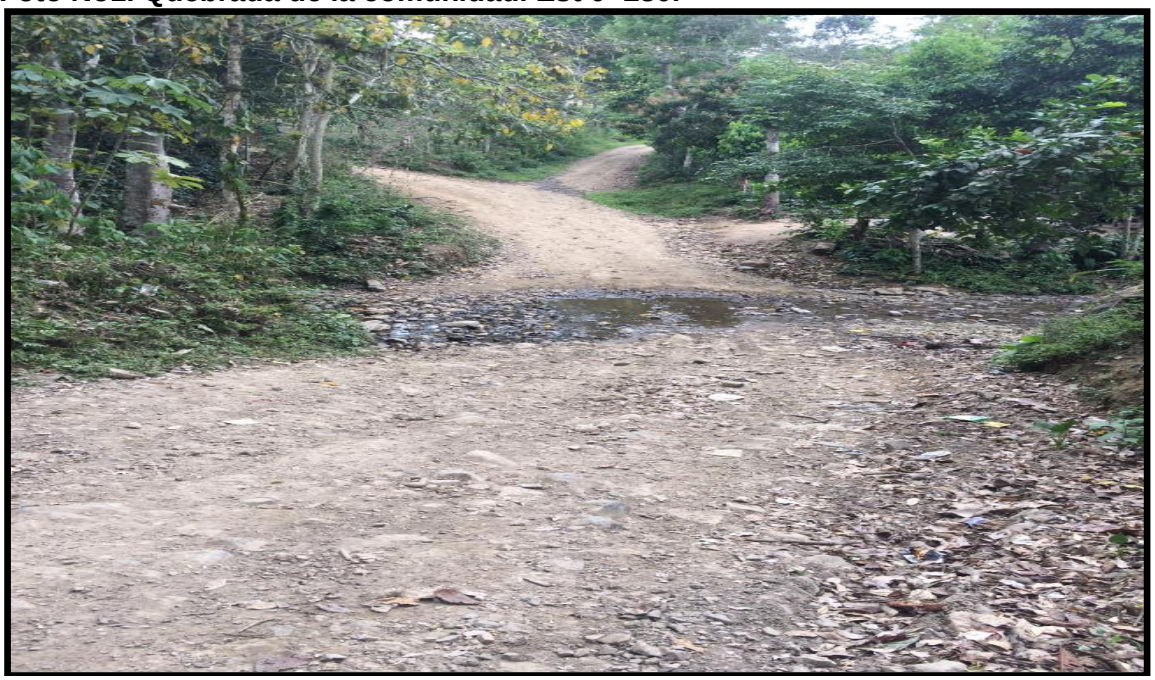
ANEXO A

Imagen No. 43: Empalme El Amparo, Est 0+000.



Fuente: Google Earth.

Foto No1. Quebrada de la comunidad. Est 0+280.



Fuente: Foto tomada in sitio

Foto No2. Curvas definidas en el camino. Est 1+600.



Fuente: Foto tomada in sitio.

Foto No3. Situación actual del camino. Est 2+840.



Fuente: Foto tomada in sitio.

Foto No4. Situación actual del camino. Est 2+840.



Fuente: Foto tomada in sitio.

ANEXO B

Tabla No.75: Formato utilizado para realizar aforo vehicular.

CONTEO VEHICULAR DEL LUNES (AMBOS SENTIDOS)																		
PERIODO DE AFORO		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado			
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Otros	Total
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.				
06:00	07:00																		
07:00	08:00																		
08:00	09:00																		
09:00	10:00																		
10:00	11:00																		
11:00	12:00																		
12:00	13:00																		
13:00	14:00																		
14:00	15:00																		
15:00	16:00																		
16:00	17:00																		
17:00	18:00																		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 76: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (Lunes- Ambos Sentidos).

PERIODO DE AFORO		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado		
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	Total
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.			
6:00	7:00	4	1	0	2	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	10
7:00	8:00	4	0	1	2	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	12
8:00	9:00	8	2	0	3	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	17
9:00	10:00	8	0	0	8	0	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	22
10:00	11:00	4	0	0	3	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	11
11:00	12:00	4	3	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
12:00	13:00	6	1	0	4	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	13
13:00	14:00	4	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
14:00	15:00	6	0	1	2	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	12
15:00	16:00	3	0	1	5	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	14
16:00	17:00	7	3	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
17:00	18:00	6	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
		64	10	4	44	0	0	8	2	24	0	0	0	0	0	0	0	156

Fuente: Elaboración propia.

Tabla No.77: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (Martes- Ambos Sentidos).

CONTEO VEHICULAR DEL MARTES (AMBOS SENTIDOS)																		
PERIODO DE AFORO		Vehiculos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehiculos de Carga								Equipo Pesado		
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.			Total
6:00	7:00	4	0	0	4	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	13
7:00	8:00	6	0	1	2	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	13
8:00	9:00	6	0	0	3	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	1	0	14
9:00	10:00	5	0	1	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	11
10:00	11:00	4	0	0	5	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	14
11:00	12:00	5	0	2	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	11
12:00	13:00	4	0	0	4	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	11
13:00	14:00	6	0	1	4	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	14
14:00	15:00	4	0	1	4	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	13
15:00	16:00	7	0	0	8	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	17
16:00	17:00	4	0	1	3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	10
17:00	18:00	8	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
		63	0	7	47	0	0	8	6	21	0	0	0	0	0	2	0	154

Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 78: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (Miércoles- Ambos Sentidos).

CONTEO VEHICULAR DEL MIERCOLES (AMBOS SENTIDOS)																		
PERIODO DE AFORO		Vehiculos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehiculos de Carga								Equipo Pesado		
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.			Total
6:00	7:00	6	0	2	4	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	14
7:00	8:00	3	0	0	2	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	9
8:00	9:00	5	2	2	2	0	0	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	15
9:00	10:00	4	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	7
10:00	11:00	3	0	0	4	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	11
11:00	12:00	4	1	1	4	0	0	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	14
12:00	13:00	5	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
13:00	14:00	8	0	1	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	13
14:00	15:00	5	0	0	3	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	13
15:00	16:00	2	2	1	5	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	14
16:00	17:00	4	0	0	1	0	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	11
17:00	18:00	3	0	2	3	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	12
		52	5	9	34	0	0	8	8	23	2	0	0	0	0	0	0	141

Fuente: Elaboración propia.

Tabla No.79: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (Jueves- Ambos Sentidos).

CONTEO VEHICULAR DEL JUEVES (AMBOS SENTIDOS)																		
PERIODO DE AFORO		Vehiculos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehiculos de Carga								Equipo Pesado		
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.			Total
6:00	7:00	3	0	0	1	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	9
7:00	8:00	6	1	0	2	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	12
8:00	9:00	2	0	2	3	0	0	1	1	2	1	0	0	0	0	2	0	14
9:00	10:00	5	0	0	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	11
10:00	11:00	5	1	1	4	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	14
11:00	12:00	9	0	0	3	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	14
12:00	13:00	6	0	1	3	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	15
13:00	14:00	2	1	1	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	8
14:00	15:00	0	0	0	1	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	1	0	6
15:00	16:00	4	0	1	3	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	11
16:00	17:00	9	1	2	2	0	0	1	3	4	1	0	0	0	0	0	0	23
17:00	18:00	6	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	9
		57	4	8	27	0	0	8	8	28	2	0	0	0	0	4	0	146

Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 80: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (Viernes- Ambos Sentidos).

CONTEO VEHICULAR DEL VIERNES (AMBOS SENTIDOS)																		
PERIODO DE AFORO		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado		
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.			Total
6:00	7:00	4	0	0	2	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	9
7:00	8:00	5	0	1	1	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	11
8:00	9:00	6	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	10
9:00	10:00	2	0	2	2	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	9
10:00	11:00	5	0	0	4	0	0	1	2	4	0	0	0	0	0	0	0	16
11:00	12:00	3	0	1	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	8
12:00	13:00	3	0	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	7
13:00	14:00	1	2	0	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	7
14:00	15:00	6	0	1	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
15:00	16:00	5	0	0	2	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	11
16:00	17:00	3	0	1	3	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	9
17:00	18:00	2	0	0	2	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	8
		45	2	6	26	0	0	8	9	22	0	0	0	0	0	0	0	118

Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 81: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (Sábado- Ambos Sentidos).

CONTEO VEHICULAR DEL SABADO (AMBOS SENTIDOS)																		
PERIODO DE AFORO		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado		
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.			Total
6:00	7:00	7	0	1	2	0	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	15
7:00	8:00	2	1	0	3	0	0	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	10
8:00	9:00	3	2	2	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	11
9:00	10:00	6	0	2	6	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	16
10:00	11:00	2	2	0	3	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	11
11:00	12:00	9	2	1	3	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	19
12:00	13:00	2	0	2	5	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	1	0	14
13:00	14:00	1	3	0	4	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	10
14:00	15:00	4	0	3	5	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	16
15:00	16:00	5	1	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
16:00	17:00	2	2	2	2	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	11
17:00	18:00	6	0	0	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	14
		49	13	13	46	0	0	8	8	16	4	0	0	0	0	1	0	158

Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 82: Aforo vehicular de 12 horas diurnas (Domingo- Ambos Sentidos).

CONTEO VEHICULAR DEL DOMINGO (AMBOS SENTIDOS)																		
PERIODO DE AFORO		Vehículos de Livianos				Veh. Pasajeros		Vehículos de Carga								Equipo Pesado		
		Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.	
						<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 t.	5+ t.		<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.			Total
6:00	7:00	8	1	1	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
7:00	8:00	4	0	0	2	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	9
8:00	9:00	7	2	0	3	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	14
9:00	10:00	3	0	2	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	8
10:00	11:00	5	0	0	3	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	12
11:00	12:00	8	0	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	12
12:00	13:00	4	1	2	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	12
13:00	14:00	7	0	0	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	12
14:00	15:00	3	0	3	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	10
15:00	16:00	10	0	0	3	0	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	19
16:00	17:00	5	2	1	5	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	16
17:00	18:00	9	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
		73	6	9	36	0	0	8	3	16	0	0	0	0	0	0	0	151

Fuente: Elaboración propia.

Tabla No. 83: Tipología y Descripción Vehicular de Conteos de Tráfico de la oficina de Diagnostico, Evaluación de pavimentos y puentes.

CLASIF. VEHICULAR	TIPOS DE VEHICULOS	ESQUEMA VEHICULAR
VEHICULOS DE PASAJEROS	MOTOCICLETAS	
	AUTOMOVILES	
	JEEP	
	CAMIONETA	
	MICROBUS	
	MINIBUS	
	BUS	
VEHICULOS DE CARGA	LIVIANO DE CARGA	
	CAMIÓN DE CARGA C2 - C3	
	CAMIÓN DE CARGA PESADA Tx-Sx<=4	
	Tx-Sx>=5	
	Cx-Rx<=4	
	Cx-Rx>=5	
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRÍCOLAS	
	VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN	
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS	

Fuente: Anuario de aforos de tráfico. MTI, Año 2015.

Tabla No. 84: Listados Históricos estación N°300(Sébaco–Quebrada Honda).

Año	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	McBus <15 pas.	MnBus 15-30 s.	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx-Sx <= 4e	Tx-Sx >= 5e	Cx-Rx <= 4e	Cx-Rx >= 5e	V.A	V.C	Otros	TPDA
2015	700	887	420	1760	93	15	222	394	515	102		199			1		13	5321
2014	472	746	371	1487	59	19	216	422	442	77	1	171	8				9	4500
2013	389	688	327	1348	58	16	206	368	382	74		178					8	4042
2012	419	681	335	1410	59	15	217	391	406	64		195					11	4203
2011	345	536	327	1258	50	11	201	355	398	55	2	151					12	3701
2010	287	517	362	1209	45	10	207	354	345	66	1	132	0		0		3	3538
2009	260	518	368	1134	60	12	198	335	351	50		107					9	3403
2008	189	426	292	978	25	9	202	294	328	40		131					4	2917
2007	113	314	279	893	29	10	232	266	338	43	4	101				1	4	2629
2006	103	344	294	899	29	9	232	241	346	27		97					6	2627
2005	93	407	317	964	25	10	211	236	301	27	3	77					5	2677
2004	103	402	319	912	23	10	204	227	338	38		72					2	2649
2003	94	397	329	969	34	9	198	217	316	39		71	1				3	2678
2002	99	391	328	947	33	3	192	209	325	35	1	67	6	1		1	6	2642
2001	101	324	325	1001	23	5	194	178	376	52	1	79	1				4	2664

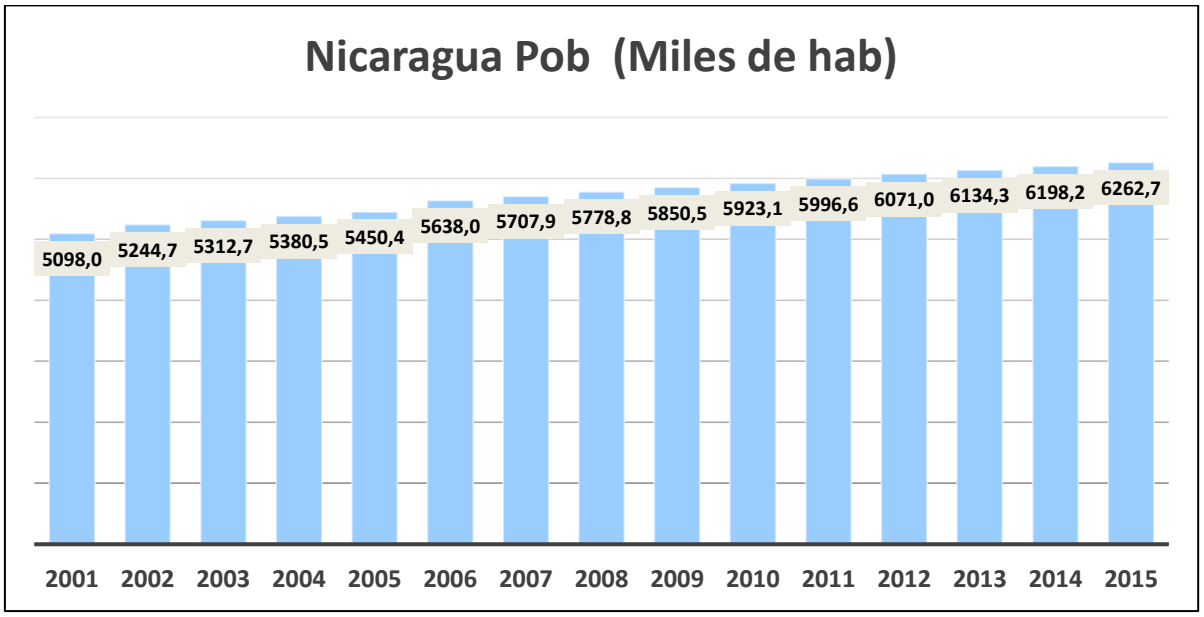
Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico, MTI (Año 2015,pag. 119).

Tabla No. 85: Listados Históricos estación N°305(San Rafael del Norte–San Sebastián de Yalí).

Año	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	McBus <15 pas.	MnBus 15-30 s.	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx-Sx <= 4e	Tx-Sx >= 5e	Cx-Rx <= 4e	Cx-Rx >= 5e	V.A	V.C	Otros	TPDA
2010	90	5	20	70			15	11	14			2						227
2008	50	9	11	64	2		17	8	18						1		1	181
2005	26		6	31			13	4	7									88
2002	24		15	64			15	9	9									137
2000	15		23	40	2		12	11	16	1								121
1999	17		24	40			13		24									119
1997	24	2	11	30			8	6	8									89

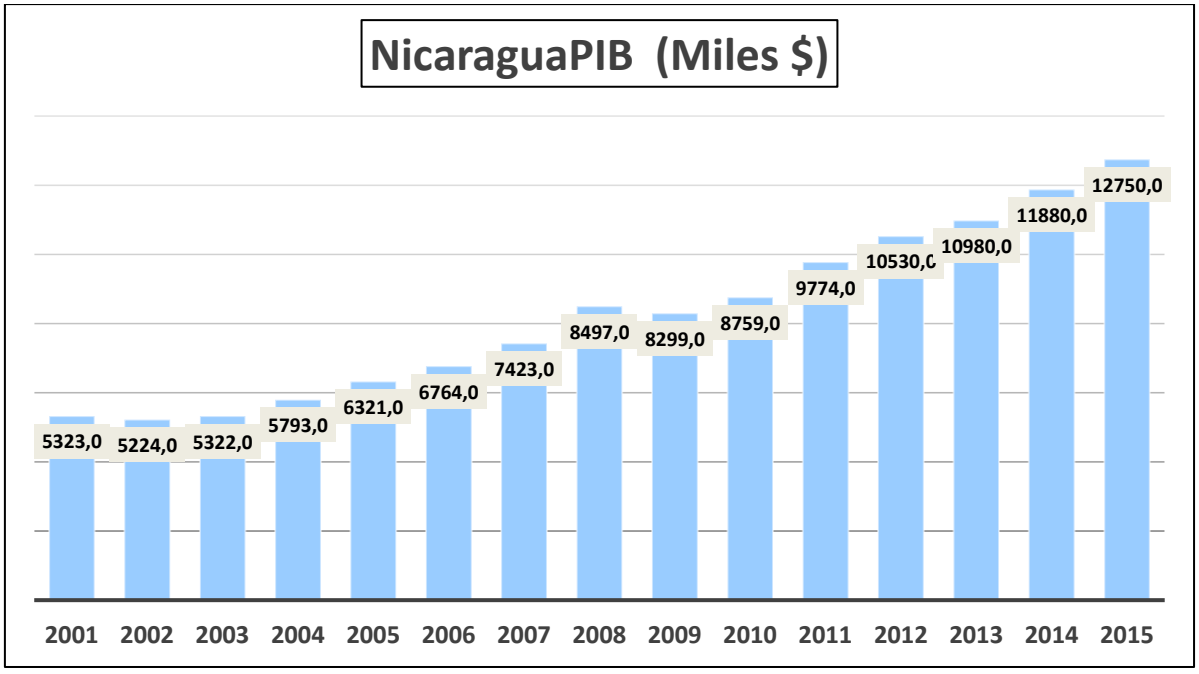
Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico, MTI (Año 2015,pag. 121).

Gráfico No. 41: Informe Anual del año 2015 del Banco Central de Nicaragua.



Fuente: Banco Central de Nicaragua. (Informe 2015).

Gráfico No.42: Informe Anual del año 2015 del Banco Central de Nicaragua.



Fuente: Banco Central de Nicaragua. (Informe 2015).

Tabla No. 86: Factores 2015 (Estación Nº300).

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx=>5	Cx-Rx=<4	Cx-Rx=>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1.31	1.37	1.37	1.32	1.32	1.30	1.23	1.34	1.52	1.50	1.00	1.43	1.00	1.00	1.00	1.00	1.31
Factor Semana	0.96	1.04	1.05	0.96	1.00	1.13	1.02	0.89	0.92	0.92	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.13
Factor Fin de Semana	1.10	0.91	0.90	1.11	0.99	0.78	0.96	1.45	1.27	1.27	1.00	1.39	1.00	1.00	1.00	1.00	0.77
Factor Expansión a TPDA	0.92	1.11	1.12	0.97	1.18	1.24	1.02	1.11	0.90	0.93	1.00	0.93	1.00	1.00	1.07	1.00	0.76

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	1.26	1.34	1.28	1.29	1.29	1.31	1.23	1.32	1.50	1.55	1.00	1.41	1.00	1.00	1.00	1.00	1.14
Factor Semana	0.96	1.02	0.99	0.95	1.01	1.15	1.01	0.88	0.89	0.85	1.00	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00	0.94
Factor Fin de Semana	1.11	0.94	1.03	1.15	0.97	0.75	0.98	1.53	1.47	1.81	1.00	1.71	1.00	1.00	1.00	1.00	1.20
Factor Expansión a TPDA	1.11	0.95	0.97	1.05	0.86	0.89	0.97	0.99	1.11	1.26	1.00	1.12	1.00	1.00	1.33	1.00	1.53

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	1.25	1.30	1.32	1.28	1.30	1.07	1.21	1.31	1.51	1.47	1.00	1.64	1.71	1.00	1.00	1.00	1.40
Factor Semana	0.96	1.00	0.97	0.93	0.90	0.92	0.99	0.87	0.90	0.90	1.00	0.88	1.00	1.00	1.00	1.00	1.21
Factor Fin de Semana	1.12	0.99	1.07	1.25	1.38	1.27	1.02	1.58	1.36	1.37	1.00	1.55	1.00	1.00	1.00	1.00	0.70
Factor Expansión a TPDA	0.99	0.95	0.93	0.99	1.01	0.93	1.01	0.91	1.01	0.89	1.00	0.98	1.00	1.00	0.76	1.00	0.97

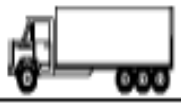
Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico, MTI (Año 2015,pag. 257).

Tabla No. 87: Diagrama de cargas permisibles para Vehículos Liviano y Pasajeros.

Tipo de Vehículo	Peso por eje (TON)	Peso por eje (LBS)
AUTOMOVIL	1/1	2200/2200
JEEP	1/1	2200/2200
CAMIONETA	1/2	2200/4400
MC-15	2/4	4400/8800
MC-15-30	4/8	8800/17600
C-2 LIV	4/8	8800/17600
BUS=C2	5/10	11000/22000

Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).

Tabla No. 88: Diagrama de cargas permisibles para 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 No. 89: 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		SN	pulg	(mm)			
(kips)	(KN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	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 Requirement

Tabla No. 90: Factores Equivalentes de Cargas, Ejes Dobles.

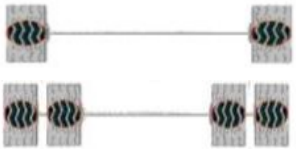
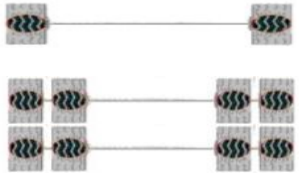
Tabla 3.2. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, ejes tándem, $p_t = 2.0$

Carga por eje		SN	pulg	(mm)			
(kips)	(KN)	1.0 (25.4)	2.0 (50.8)	3.0 (76.2)	4.0 (101.6)	5.0 (127.0)	6.0 (152.4)
2	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

36.3

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements.

Tabla No. 91: Pesos por Ejes por tipo de vehículos.

Tipo de vehículos	Gráfico de eje	Peso X eje (Kips)
Auto		2.2 Eje delantero (simple) 2.2 Eje trasero (simple)
Jeep		2.2 Eje delantero (simple) 2.2 Eje trasero (simple)
Camionetas PicK Ups		2.2 Eje delantero (simple) 4.4 Eje trasero (simple)
Bus		11 Eje delantero (simple) 22 Eje trasero (simple)
C2 Liv		8.8 Eje delantero (simple) 17.6 Eje trasero (simple)
C2 > 5 ton		11 Eje delantero (simple) 22 Eje trasero (simple)
C3		11 Eje delantero (simple) 36.3 Eje trasero (Doble)

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO C

Tabla No. 92: Clasificación de Suelos (AASHTO).

Clasificación General	Materiales Granulares (35%, ó menos, Pasa el Tamiz No. 200)							Material Limo-arcillosos (Más del 35% Pasa el Tamiz No. 200)			
Grupos	A-1		A-2					A-4	A-5	A-6	A-7
Subgrupos	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Porcentaje que pasa el Tamiz:											
No. 10 (2.00 mm)	50 máx.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
No. 40 (0.425 mm)	30 máx.	50 máx.	51 máx.	-	-	-	-	-	-	-	
No. 200 (0.075 mm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	
Características Del Material que Pasa por el Tamiz No. 40 (0.425 mm)											
Límite Líquido	-		-	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 máx.	40 máx.	41 mín.
Índice de Plasticidad	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno		Excelente a Bueno	Excelente a Bueno				Regular a Malo			
* El Índice de Plasticidad del Subgrupo A-7-5, es igual ó menor LI-30 El Índice de Plasticidad del Subgrupo A-7-6, es mayor LI-30											

Fuente: Libro de diseño de pavimentos, AASHTO 93.

Tabla No. 93: Ensayes de laboratorio de los sondeos de línea realizados (Sondeo 1).

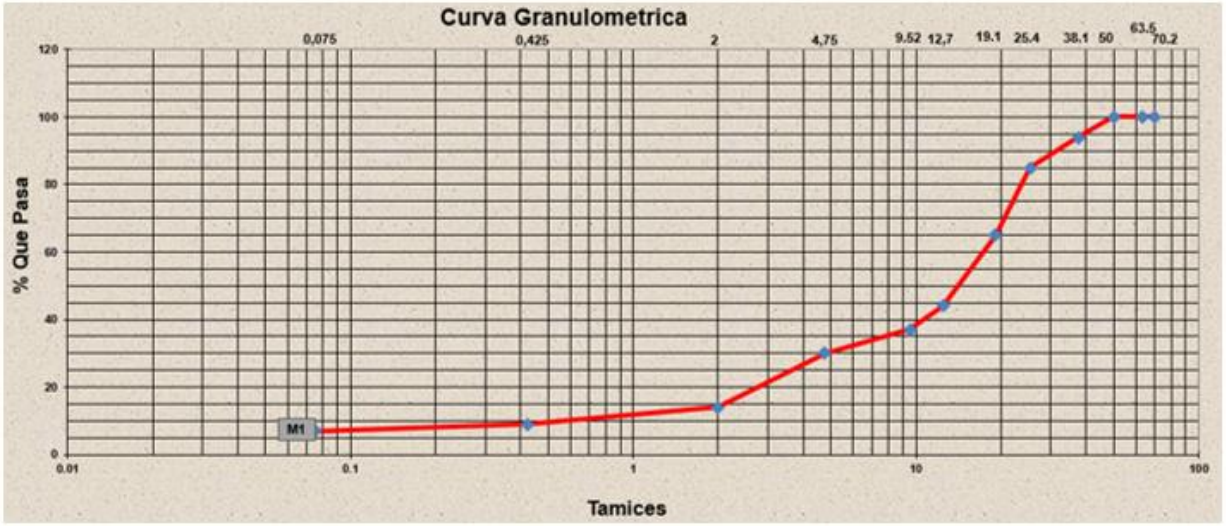
MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA
DIRECCION DE NORMAS DE LA CONSTRUCCION Y DESARROLLO URBANO
DIVISION DE CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
SECCION SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO: El AMPARO - SAN JUAN RECEPCION DE MUESTRA: 10/10/2017 FECHA DE ENSAYO: 18/10/2017

MUESTRA N°: M1 SONDEO N°: 1, Est. 0+000

MALLA		SONDEO N° 1
		M1
mm	pulg	PROFUNDIDAD
		0 cm a 110 cm
		QUE PASA %
70.2	3"	100
63.5	2½"	100
50	2"	100
37.5	1½"	94
25.4	1"	85
19.1	3/4"	65
12.5	1/2"	44
9.52	3/8"	37
4.75	N°4	30
2	N°10	14
0.425	N°40	9
0.075	N°200	7
LIMITE LIQUIDO		41
INDICE DE PLASTICIDAD		10
CLASIFICACION AASHTO		A-2-5(0)



Ensayo Realizado:	Revisó:	
WENDY, KATHERIN, DARLING	Ing. Jeferson Chiong Resp. Dpto. de Control y Calidad (COERCO-MTI)	ANEXO I, SONDEO I

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla No. 94: Ensayes de laboratorio de los sondeos de línea realizados (Sondeo 2).

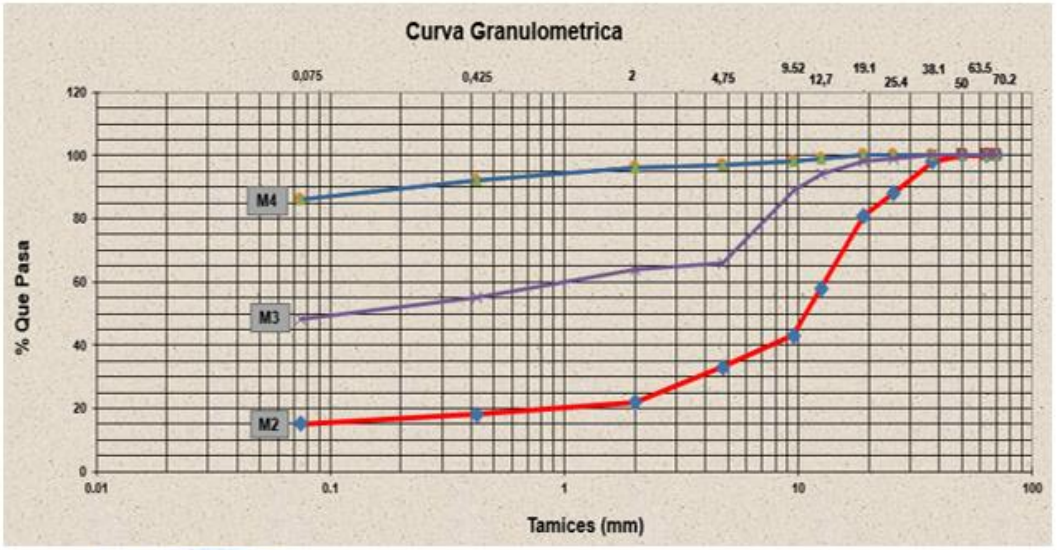
MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA
DIRECCION DE NORMAS DE LA CONSTRUCCION Y DESARROLLO URBANO
DIVISION DE CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
SECCION SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO: El AMPARO - SAN JUAN RECEPCION DE MUESTRA: 10/10/2017 FECHA DE ENSAYO: 18/10/2017

MUESTRA N°: M2-M3-M4 SONDEO N°: 2, Est.1+000

MALLA		SONDEO N° 2		
		M2	M3	M4
mm	pulg	PROFUNDIDAD		
		0 cm a 23 cm	23 cm a 77 cm	77 cm a 150 cm
		QUE PASA %	QUE PASA %	QUE PASA %
70.2	3"	100	100	100
63.5	2½"	100	100	100
50	2"	100	100	100
37.5	1½"	98	100	100
25.4	1"	88	99	100
19.1	¾"	81	98	100
12.5	½"	58	94	99
9.52	3/8"	43	89	98
4.75	N°4	33	66	97
2	N°10	22	64	96
0.425	N°40	18	55	92
0.075	N°200	15	48	86
LIMITE LIQUIDO		40	65	41
INDICE DE PLASTICIDAD		14	28	12
CLASIFICACION AASHTO		A-2-6(0)	A-7-5(10)	A-7-6(9)



M.T.I Managua, Nicaragua

Ensayo Realizado:	Revisó:	
WENDY, KATHERIN, DARLING	Ing. Jeferson Chiong Resp. Dpto. de Control y Calidad (COERCO-MTI)	ANEXO II, SONDEO II

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla No. 95: Ensayes de laboratorio de los sondeos de línea realizados (Sondeo 3).

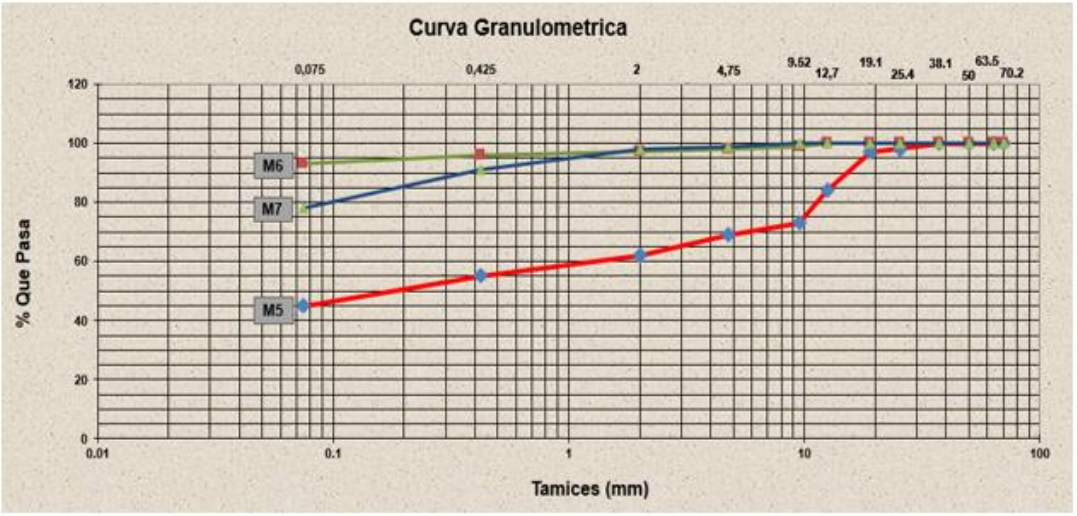
MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA
DIRECCION DE NORMAS DE LA CONSTRUCCION Y DESARROLLO URBANO
DIVISION DE CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
SECCION SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO: EL AMPARO - SAN JUAN RECEPCION DE MUESTRA: 10/10/2017 FECHA DE ENSAYO: 18/10/2017

MUESTRA N°: M5-M6-M7 SONDEO N°: 3, Est 2+000

MALLA		SONDEO N° 3		
		M5	M6	M7
mm	pulg	PROFUNDIDAD		
		0 cm a 20 cm	20 cm a 82 cm	82 cm a 150 cm
		QUE PASA %	QUE PASA %	QUE PASA %
70.2	3"	100	100	100
63.5	2½"	100	100	100
50	2"	100	100	100
37.5	1½"	100	100	100
25.4	1"	98	100	100
19.1	¾"	97	100	100
12.5	½"	84	100	100
9.52	3/8"	73	99	100
4.75	N°4	69	98	99
2	N°10	62	97	98
0.425	N°40	55	96	91
0.075	N°200	45	93	78
LIMITE LIQUIDO		35	58	44
INDICE DE PLASTICIDAD		8	22	19
CLASIFICACION AASHTO		A-2-4(0)	A-7-5(16)	A-7-6(12)



Ensayo Realizado:	Revisó:	
WENDY, KATHERIN, DARLING	Ing. Jeferson Chiong Resp. Dpto. de Control y Calidad (COERCO-MTI)	ANEXO III, SONDEO III

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla No. 96: Ensayes de laboratorio de los sondeos de línea realizados (Sondeo 4).

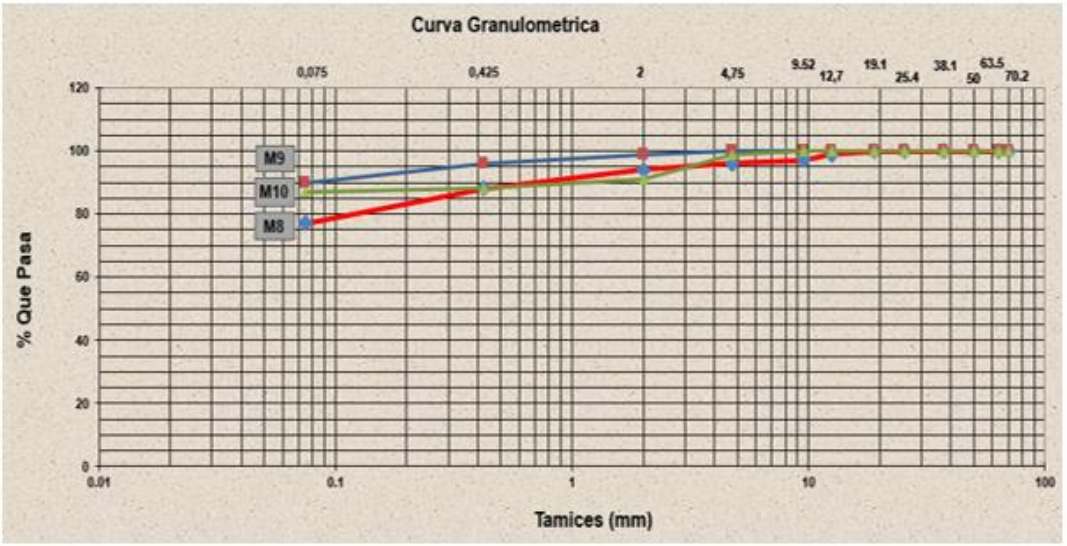
MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA
DIRECCION DE NORMAS DE LA CONSTRUCCION Y DESARROLLO URBANO
DIVISION DE CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
SECCION SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO: EL AMPARO - SAN JUAN RECEPCION DE MUESTRA: 10/10/2017 FECHA DE ENSAYO: 18/10/2017

MUESTRA N°: M8-M9-M10 SONDEO N°: 4 Est.3+000

MALLA		SONDEO N° 4		
		M8	M9	M10
mm	pulg	PROFUNDIDAD		
		0 cm a 22 cm	22 cm a 88 cm	88 cm a 150 cm
		QUE PASA %	QUE PASA %	QUE PASA %
70.2	3"	100	100	100
63.5	2½"	100	100	100
50	2"	100	100	100
37.5	1½"	100	100	100
25.4	1"	100	100	100
19.1	¾"	100	100	100
12.5	½"	99	100	100
9.52	3/8"	97	100	100
4.75	N°4	96	100	99
2	N°10	94	99	91
0.425	N°40	88	96	88
0.075	N°200	77	90	87
LIMITE LIQUIDO		42	49	37
INDICE DE PLASTICIDAD		9	22	11
CLASIFICACION AASHTO		A-5(8)	A-7-6(15)	A-6(8)



Ensayo Realizado:	Revisó:	
WENDY, KATHERIN, DARLING	Ing. Jeferson Chiong Resp. Dpto. de Control y Calidad (COERCO-MTI)	ANEXO IV, SONDEO IV

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla No. 97: Ensayes de laboratorio de los sondeos de línea realizados (Sondeo 5).

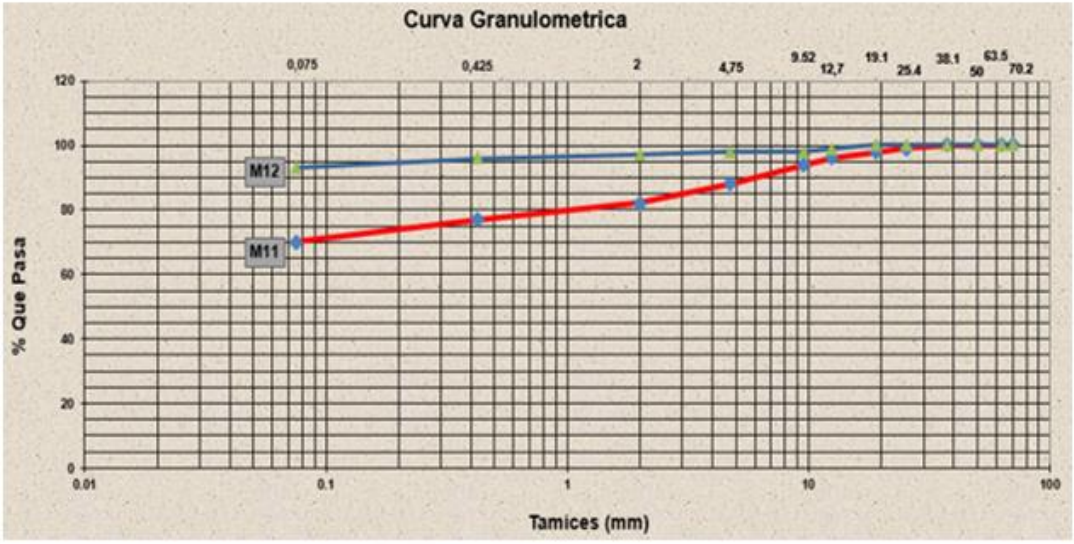
MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA
DIRECCION DE NORMAS DE LA CONSTRUCCION Y DESARROLLO URBANO
DIVISION DE CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
SECCION SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO: EL AMPARO - SAN JUAN RECEPCION DE MUESTRA: 10/10/2017 FECHA DE ENSAYO: 18/10/2017

MUESTRA N°: M11-M12 SONDEO N°: 5, Est.4+000

MALLA		SONDEO N°5	
		M11	M12
mm	pulg	PROFUNDIDAD	
		0 cm a 25 cm	25 cm a 122 cm
		QUE PASA %	QUE PASA %
70.2	3"	100	100
63.5	2½"	100	100
50	2"	100	100
37.5	1½"	100	100
25.4	1"	99	100
19.1	¾"	98	100
12.5	½"	96	99
9.52	3/8"	94	98
4.75	N°4	88	98
2	N°10	82	97
0.425	N°40	77	96
0.075	N°200	70	93
LIMITE LIQUIDO		49	50
INDICE DE PLASTICIDAD		15	22
CLASIFICACION AASHTO		A-7-5(11)	A-7-6(15)



Ensayo Realizado:	Revisó:	
WENDY, KATHERIN, DARLING	Ing. Jeferson Chiong Resp. Dpto. de Control y Calidad (COERCO-MTI)	ANEXO V, SONDEO V

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla No. 98: Ensayes de laboratorio de los bancos de laboratorio (banco No.1 y No.2).

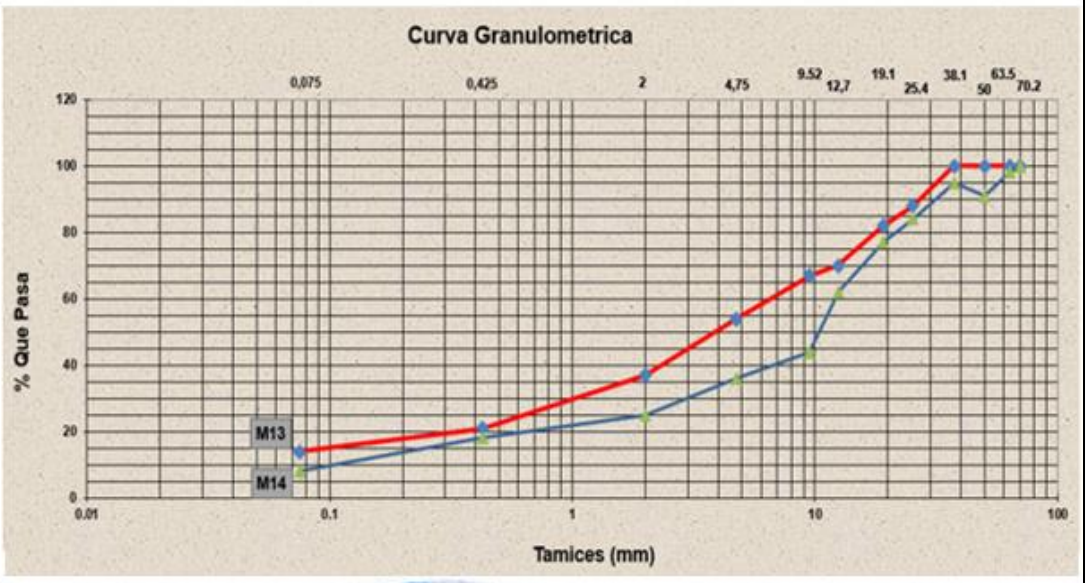
MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA
DIRECCION DE NORMAS DE LA CONSTRUCCION Y DESARROLLO URBANO
DIVISION DE CONTROL DE CALIDAD DE LOS MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
SECCION SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO: El AMPARO - SAN JUAN RECEPCION DE MUESTRA: 10/10/2017 FECHA DE ENSAYO: 19/10/2017

MUESTRA N°: M13-M14 SONDEO N°: Bancos de Materiales

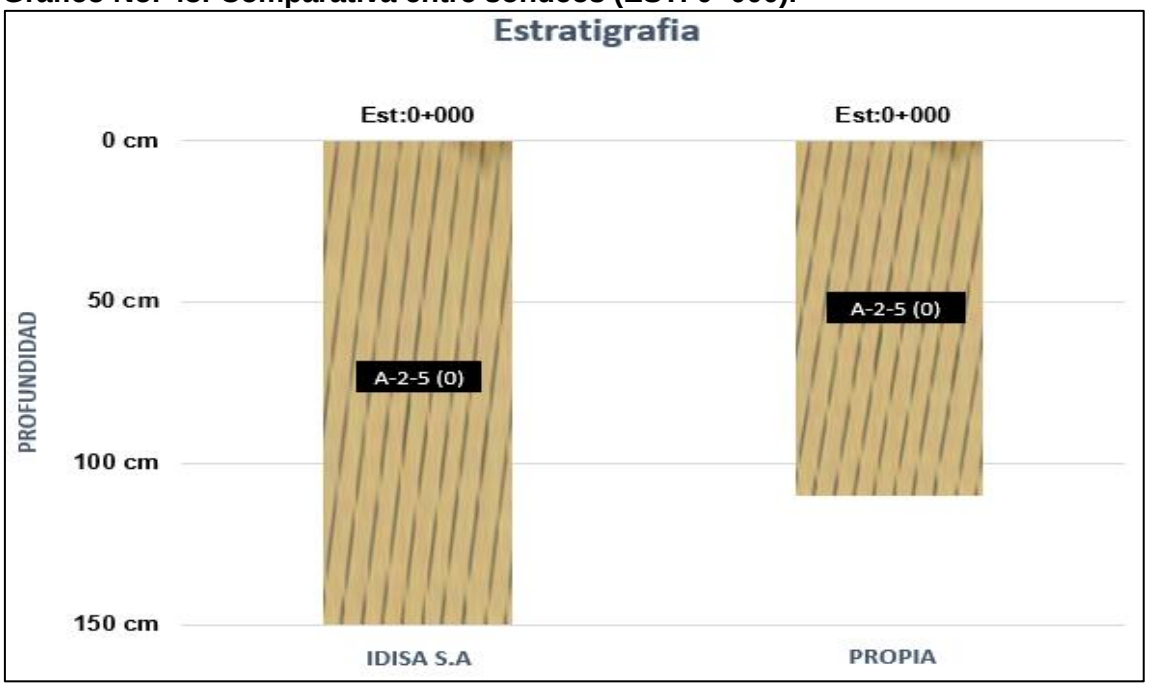
MALLA		BANCO N°1 (Est.0+070 LI)	BANCO N°2 (Est. 3+100 LD)
		M13	M14
mm	pulg	PROFUNDIDAD	
		STOCK	STOCK
		QUE PASA %	QUE PASA %
70.2	3"	100	100
63.5	2½"	100	98
50	2"	100	91
37.5	1½"	100	95
25.4	1"	88	84
19.1	¾"	82	77
12.5	½"	70	62
9.52	3/8"	67	44
4.75	N°4	54	36
2	N°10	37	25
0.425	N°40	21	18
0.075	N°200	14	8
LIMITE LIQUIDO		37	28
INDICE DE PLASTICIDAD		10	9
CLASIFICACION AASHTO		A-2-4(0)	A-2-4(0)



Ensayo Realizado:	Revisó:	
WENDY, KATHERIN, DARLING	Ing. Jeferson Chiong Resp. Dpto. de Control y Calidad (COERCO-MTI)	ANEXO VI, SONDEO BANCOS

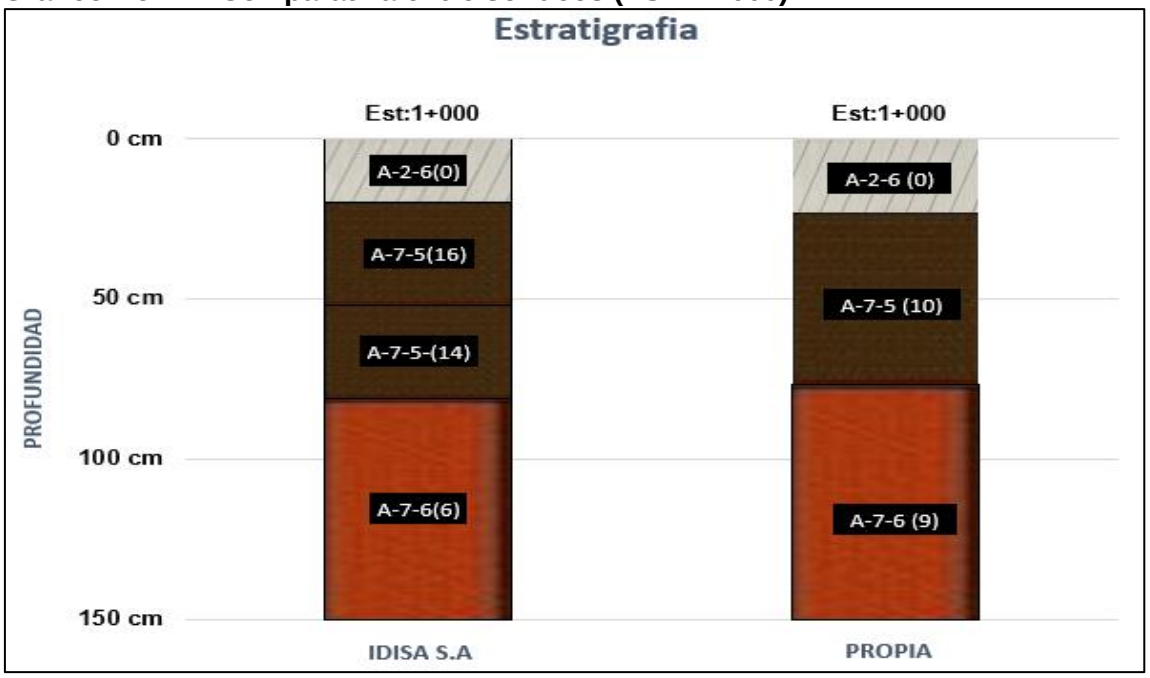
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico No. 43: Comparativa entre sondeos (EST. 0+000).



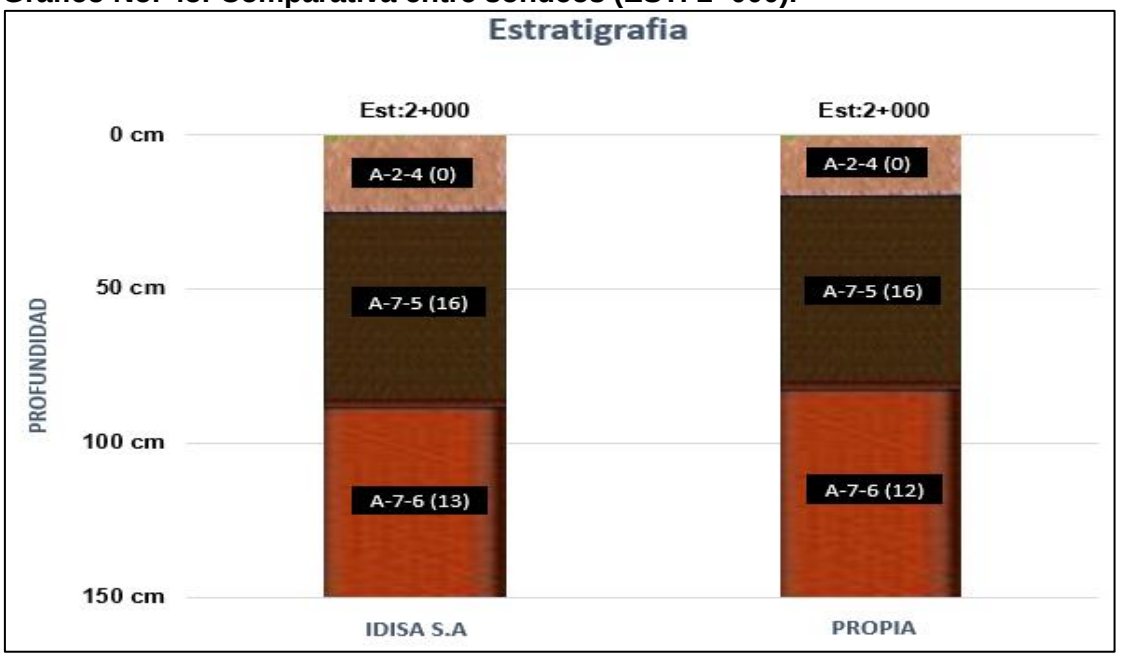
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico No. 44: Comparativa entre sondeos (EST. 1+000).



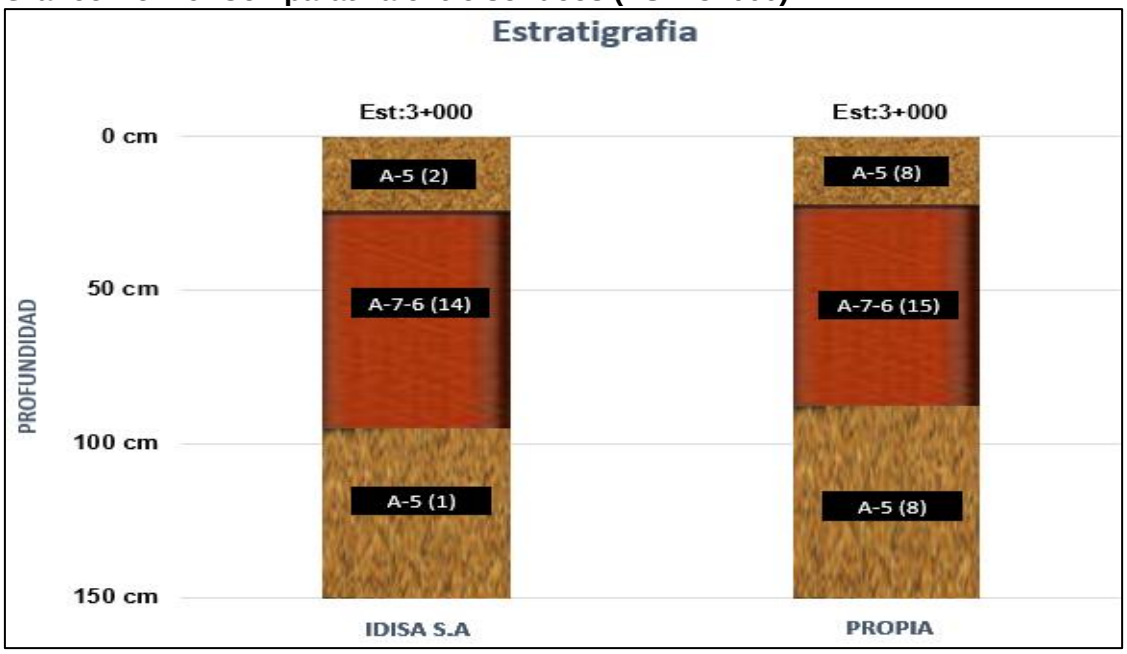
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico No. 45: Comparativa entre sondeos (EST. 2+000).



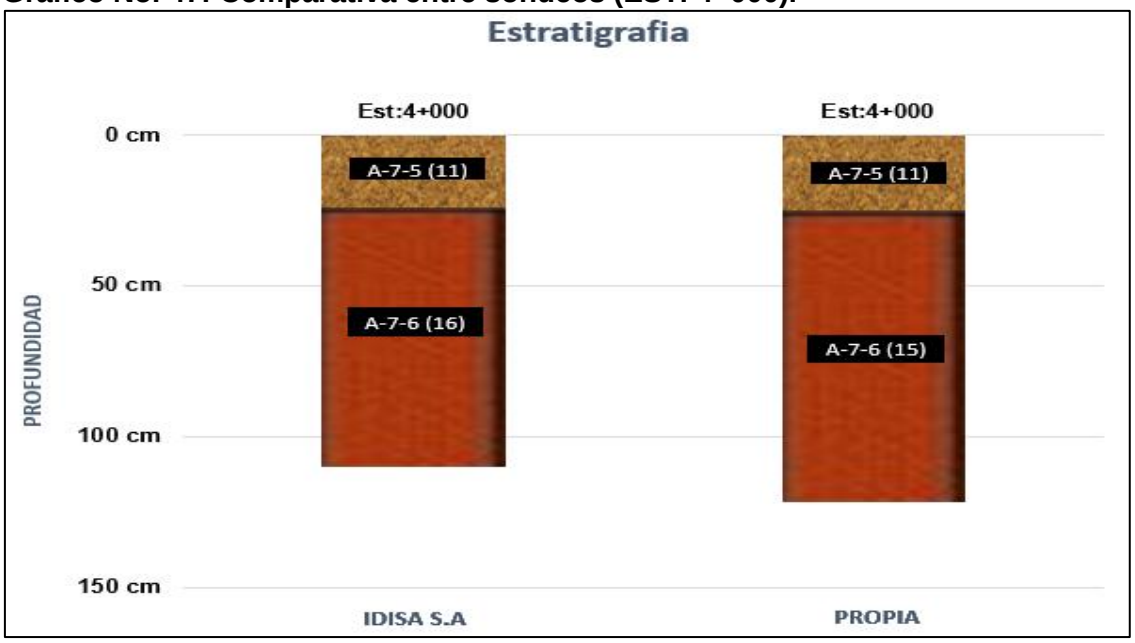
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico No. 46: Comparativa entre sondeos (EST. 3+000).



Fuente: Elaboración Propia.

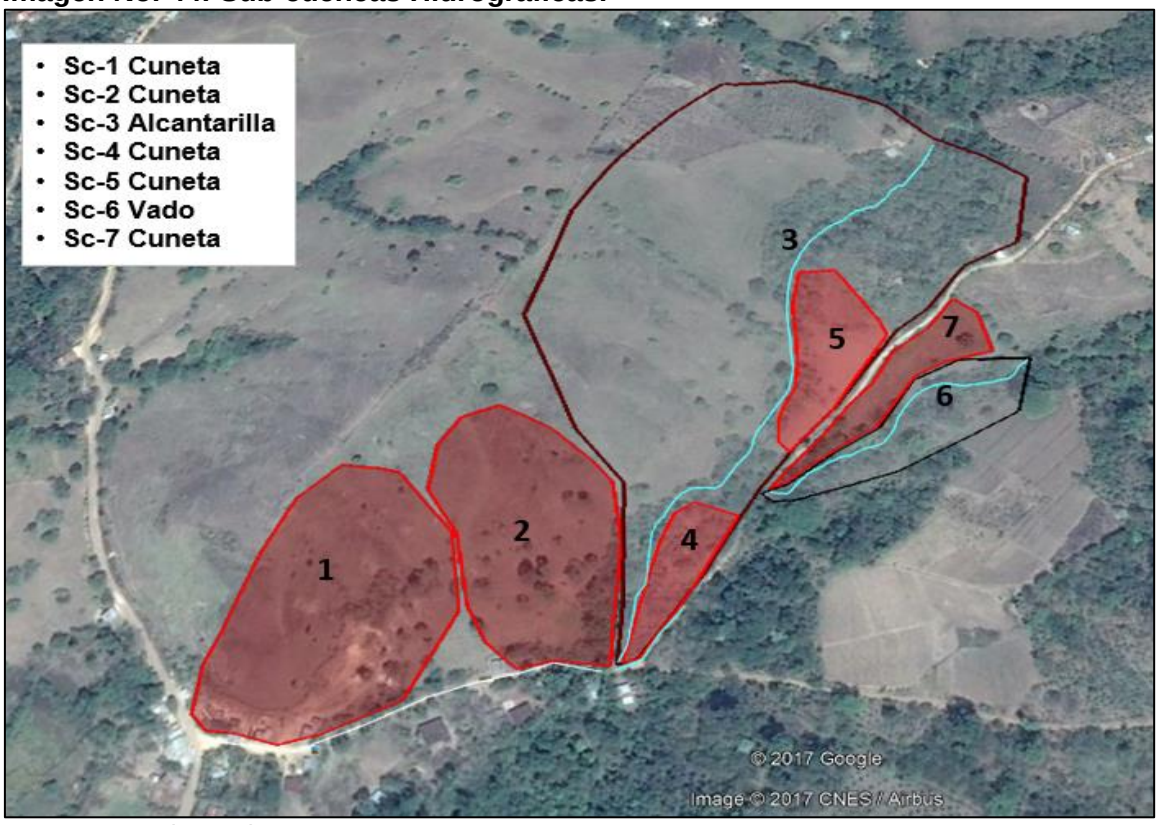
Gráfico No. 47: Comparativa entre sondeos (EST. 4+000).



Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO D

Imagen No. 44: Sub-cuencas Hidrográficas.



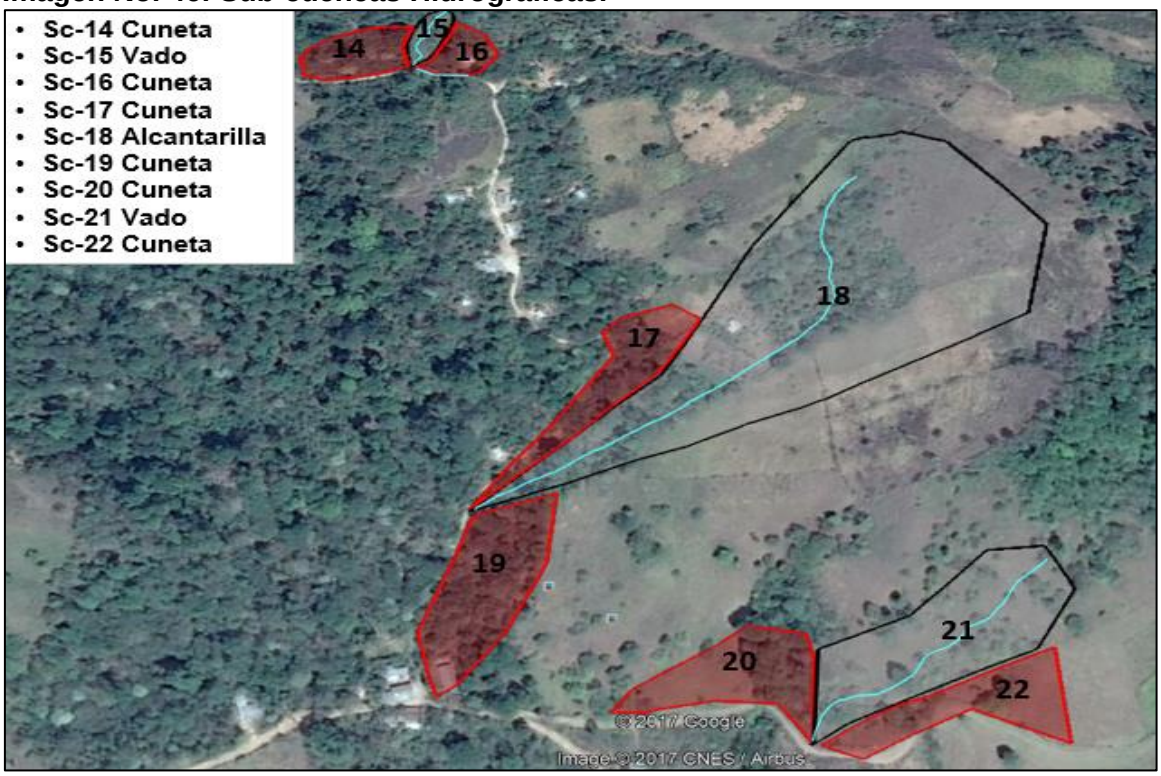
Fuente: Google Earth.

Imagen No. 45: Sub-cuencas Hidrográficas.



Fuente: Google Earth.

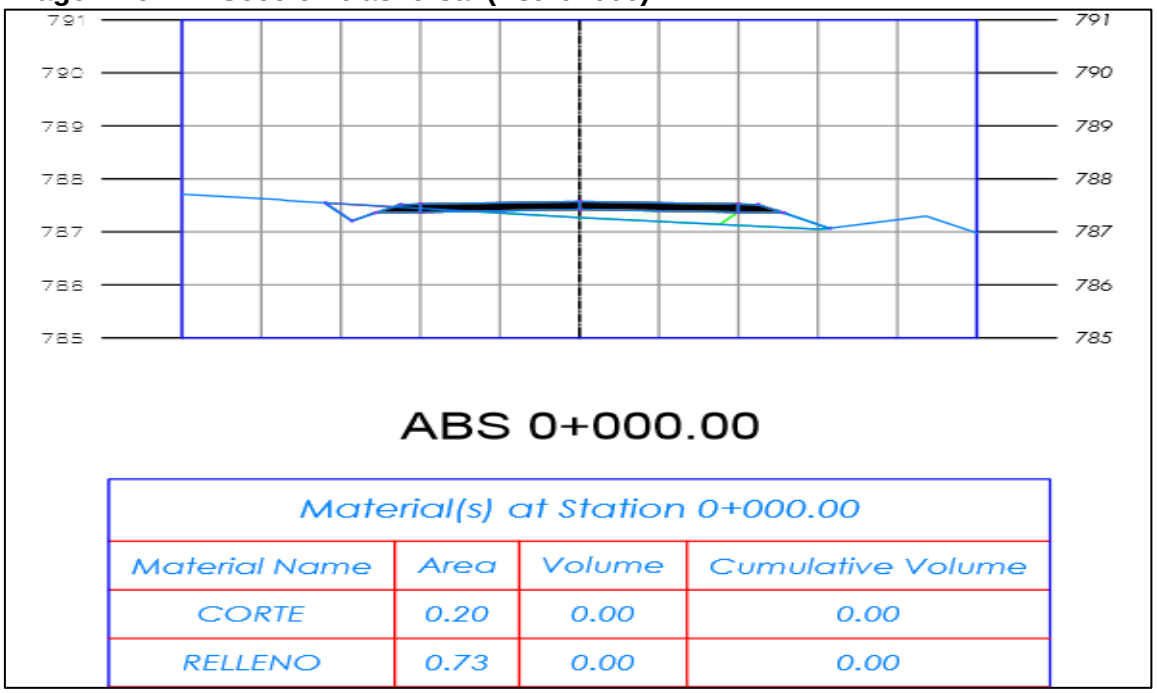
Imagen No. 46: Sub-cuencas Hidrográficas.



Fuente: Google Earth.

ANEXO E

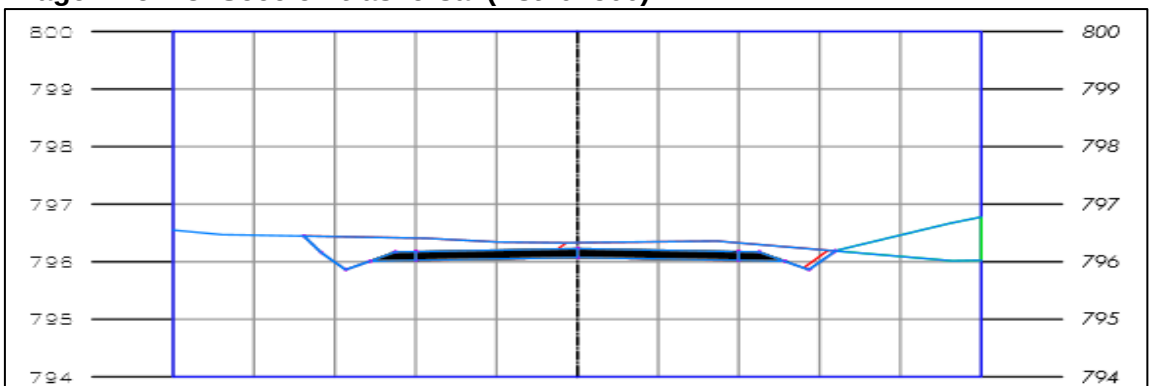
Imagen No. 47: Sección trasversal (Est. 0+000).



Material(s) at Station 0+000.00			
Material Name	Area	Volume	Cumulative Volume
CORTE	0.20	0.00	0.00
RELLENO	0.73	0.00	0.00

Fuente Elaboración Propia.

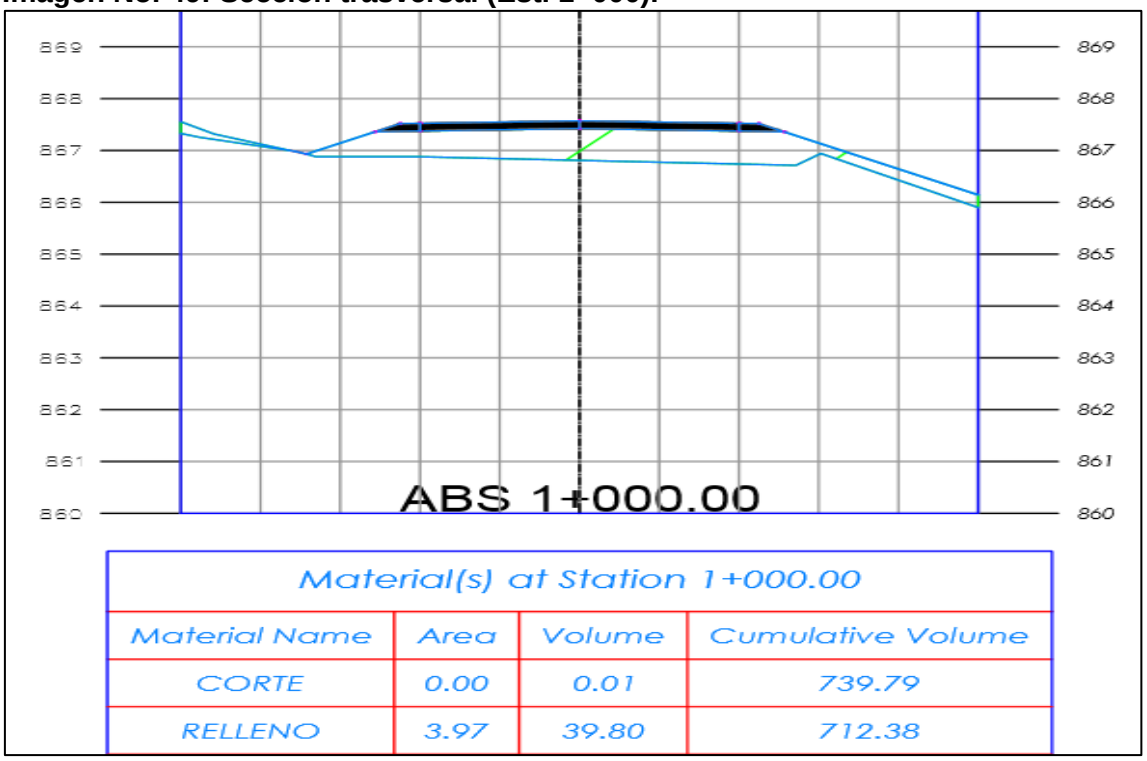
Imagen No. 48: Sección trasversal (Est. 0+500).



Material(s) at Station 0+500.00			
Material Name	Area	Volume	Cumulative Volume
CORTE	2.05	20.59	376.18
RELLENO	0.73	6.99	492.14

Fuente: Elaboración Propia.

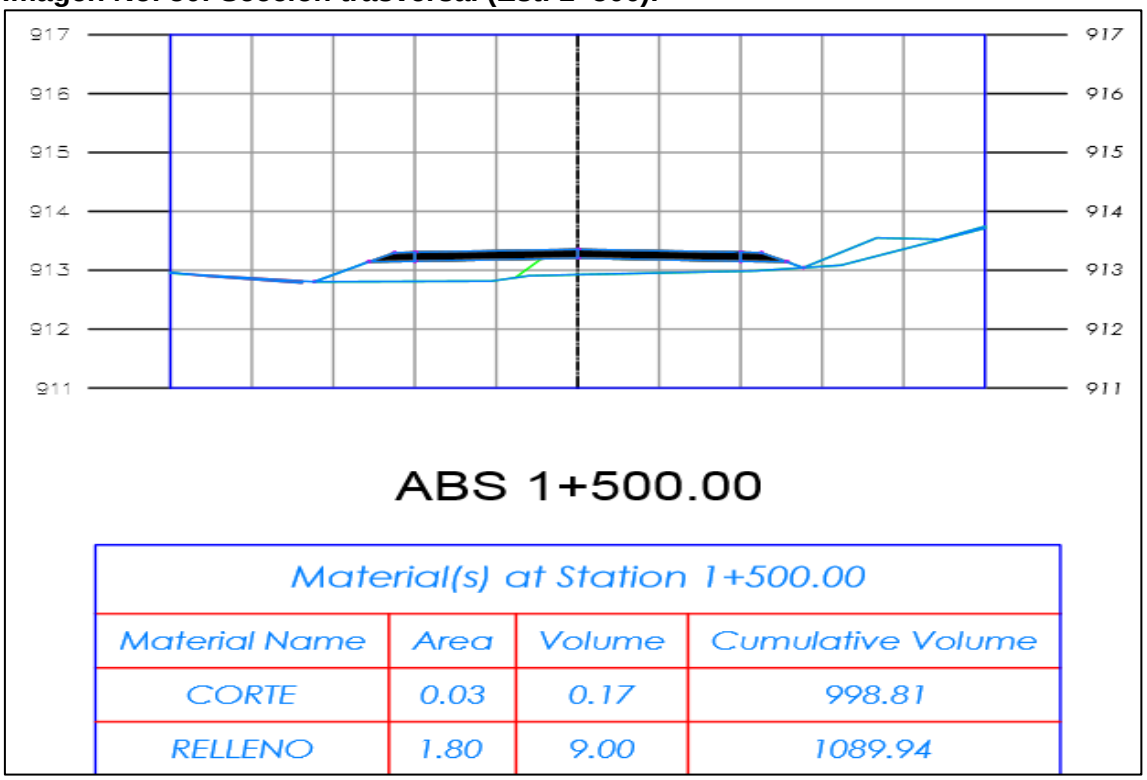
Imagen No. 49: Sección trasversal (Est. 1+000).



Material(s) at Station 1+000.00			
Material Name	Area	Volume	Cumulative Volume
CORTE	0.00	0.01	739.79
RELLENO	3.97	39.80	712.38

Fuente: Elaboración Propia.

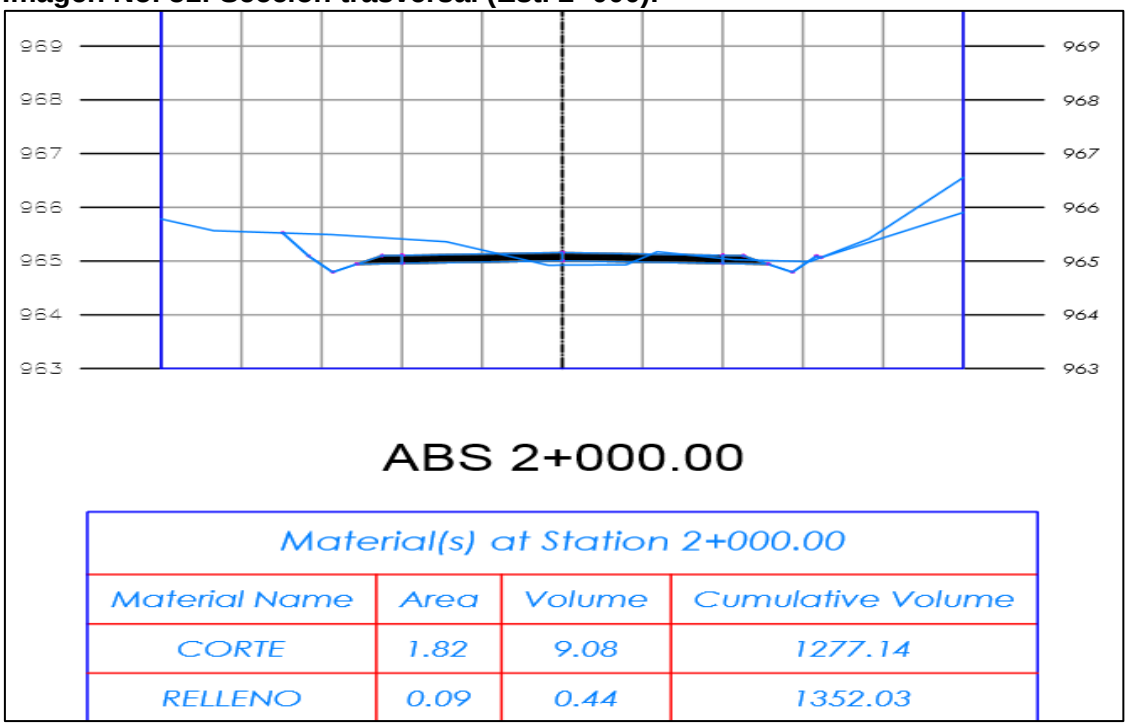
Imagen No. 50: Sección trasversal (Est. 1+500).



Material(s) at Station 1+500.00			
Material Name	Area	Volume	Cumulative Volume
CORTE	0.03	0.17	998.81
RELLENO	1.80	9.00	1089.94

Fuente: Elaboración Propia.

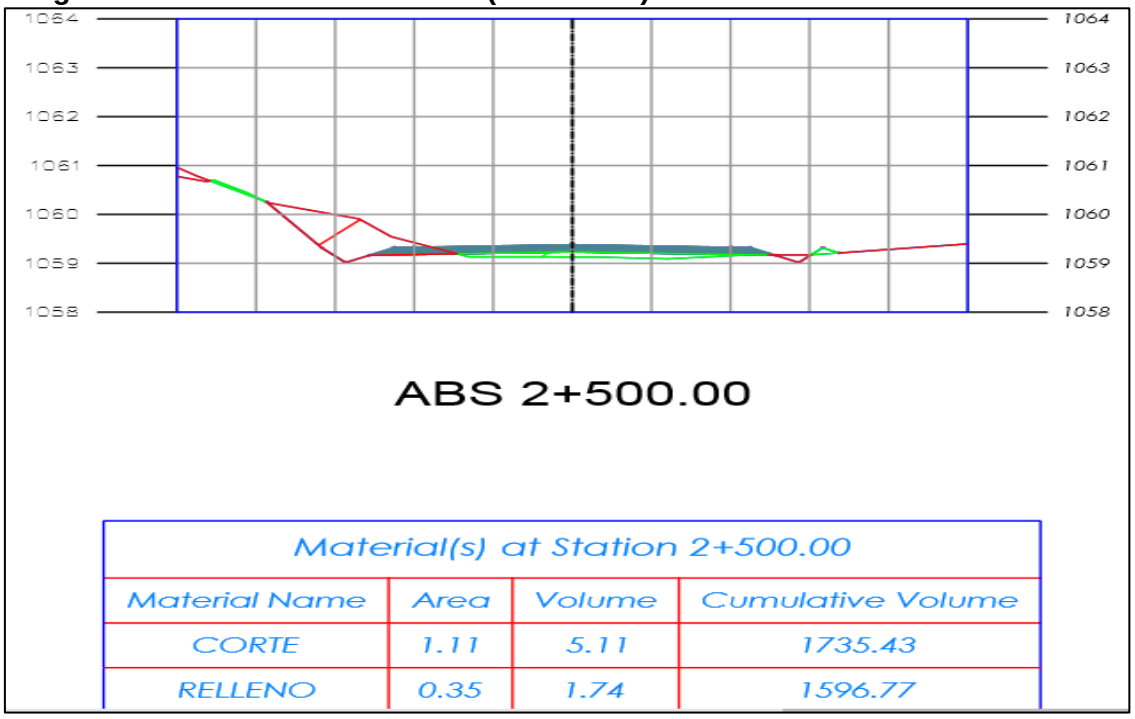
Imagen No. 51: Sección trasversal (Est. 2+000).



Material(s) at Station 2+000.00			
Material Name	Area	Volume	Cumulative Volume
CORTE	1.82	9.08	1277.14
RELLENO	0.09	0.44	1352.03

Fuente: Elaboración Propia.

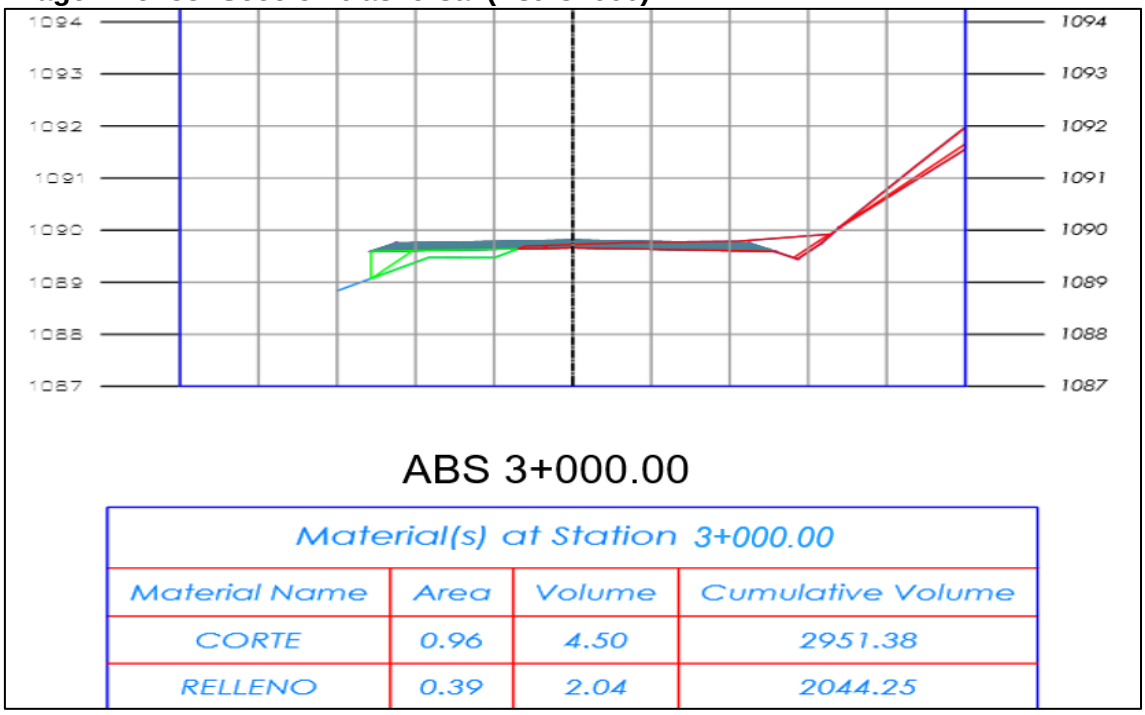
Imagen No. 52: Sección trasversal (Est. 2+500).



Material(s) at Station 2+500.00			
Material Name	Area	Volume	Cumulative Volume
CORTE	1.11	5.11	1735.43
RELLENO	0.35	1.74	1596.77

Fuente: Elaboración Propia.

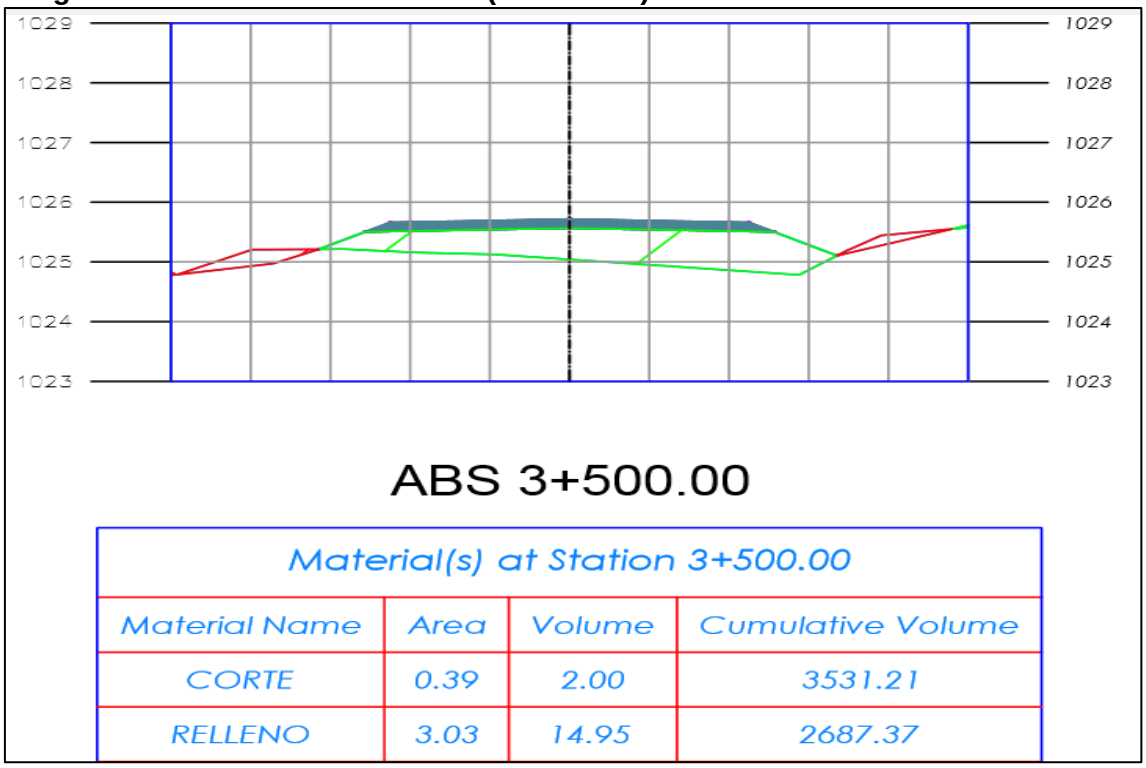
Imagen No. 53: Sección trasversal (Est. 3+000).



Material(s) at Station 3+000.00			
Material Name	Area	Volume	Cumulative Volume
CORTE	0.96	4.50	2951.38
RELLENO	0.39	2.04	2044.25

Fuente: Elaboración Propia.

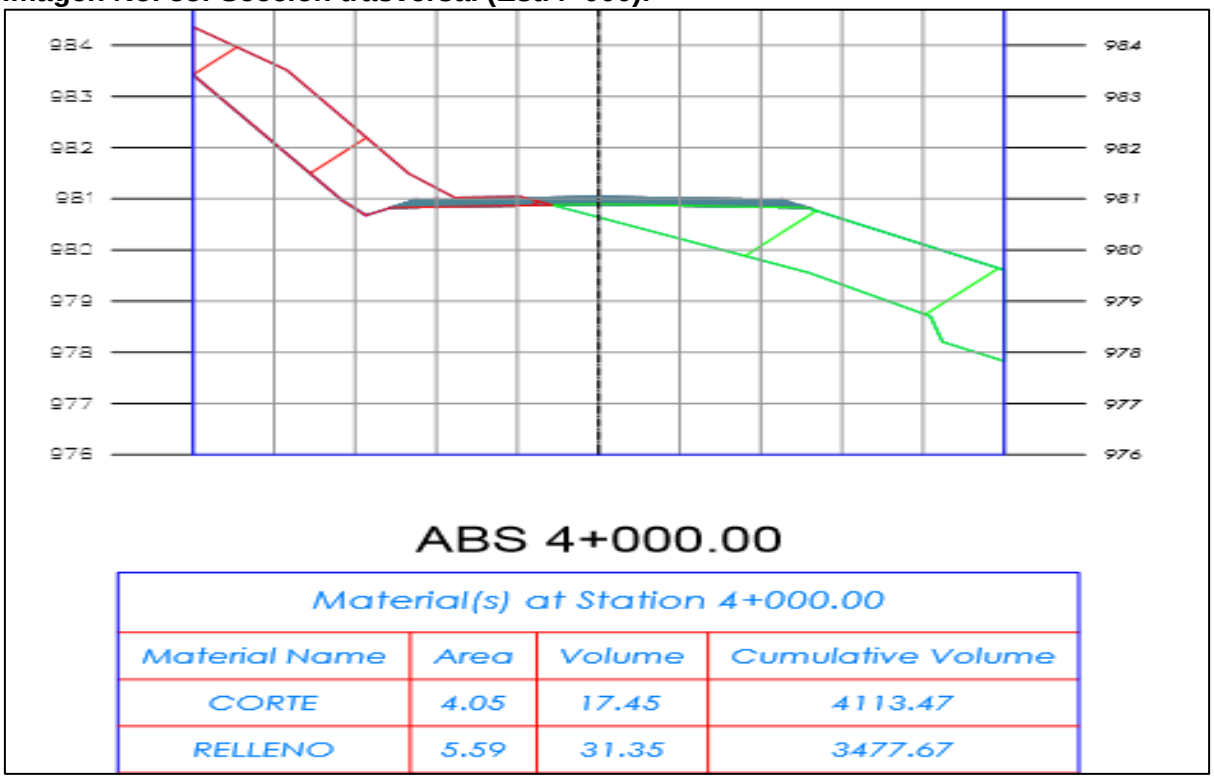
Imagen No. 54: Sección trasversal (Est. 3+500).



Material(s) at Station 3+500.00			
Material Name	Area	Volume	Cumulative Volume
CORTE	0.39	2.00	3531.21
RELLENO	3.03	14.95	2687.37

Fuente: Google Earth.

Imagen No. 55: Sección trasversal (Est.4+000).

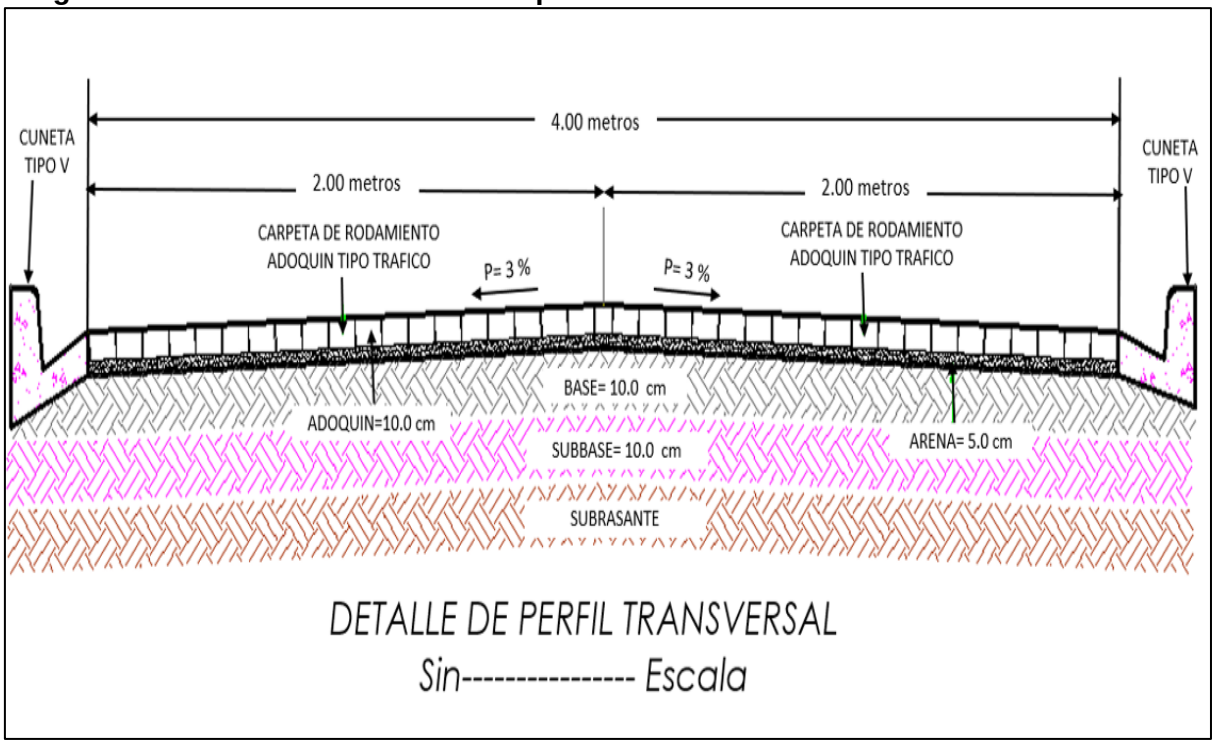


Material(s) at Station 4+000.00

Material Name	Area	Volume	Cumulative Volume
CORTE	4.05	17.45	4113.47
RELLENO	5.59	31.35	3477.67

Fuente: Elaboración Propia.

Imagen No. 56: Sección trasversal Propuesta.



Fuente: Elaboración Propia.