



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad Tecnología de la Construcción

Monografía

**DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO ARTICULADO Y OBRAS DE
DRENAJE DE 1.113 KM DEL TRAMO RANCHO DE DON LUIS - ENTRADA A
HOTEL MARDUK GARDENS, EN EL MUNICIPIO DE SAN NICOLÁS,
DEPARTAMENTO DE ESTELÍ.**

Para optar al Título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Candelario Zeledón Centeno

Br. Keylin Maryuri Téllez Velásquez

Tutor

Ing. Keyling Ninoska Pérez Blandón

Managua, Diciembre 2020

DEDICATORIA

A Dios creador del cielo y la tierra, por haberme dado las fuerzas necesarias para salir siempre adelante superando todos los obstáculos que se me presentaron.

A mis amigos compañeros de clases por haberme apoyado cuando más lo necesitaba. Su gran apoyo incondicional fue lo que me dio aliento de terminar mi carrera.

A mi esposa, Prof. Yesenia Urrutia, por el tiempo que ha estado conmigo compartiendo de sus experiencias, conocimientos, consejos y por todo el apoyo que me ha brindado con tanto amor para que mis sueños se hicieran realidad.

A mi sobrina Jaqueline Vargas Zeledón por su apoyo desde el extranjero, quien también me apoyó y animó a continuar hasta culminar con esta meta tan importante para mí.

Candelario Zeledón Centeno.

DEDICATORIA

A Dios creador del cielo y la tierra, por haberme dado las fuerzas necesarias para salir siempre adelante superando todos los obstáculos que se me presentaron.

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se los debo a ustedes entre lo que incluye este. Su gran apoyo incondicional quienes fueron los que me daban aliento de superación hasta donde sus alcances lo permitieron.

A mi padre (Nelson Antonio Téllez Castillo) por el tiempo que estuvo conmigo compartiendo de sus experiencias, conocimientos, consejos y por todo el sacrificio que me brindo con tanto amor para que mis sueños se hicieran realidad a hora lo veras desde el cielo.

También a mi madre Yanirella Velásquez Tòrrez le agradezco tanto por estar en esta etapa de mi vida su apoyo moral y entusiasmo que me brindaste para seguir adelante.

A mis compañeros de estudio porque con ellos he compartido cada momento de inicio a fin en este largo y duro camino, pero que con su ayuda y apoyo incondicional he logrado superar obstáculos, de ellos he aprendido cosas importantes como estudiante y como persona.

Keylin Maryuri Téllez Velásquez

AGRADECIMIENTO

Primero que nada, damos gracias a Dios, por estar en cada paso que día a día, por fortalecer nuestro corazón e iluminar nuestra mente y por haber puesto en nuestro camino a aquellas personas que han sido nuestro soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Agradecer hoy y siempre a nuestras familias por el esfuerzo realizado por ellos. El apoyo incondicional en nuestros estudios, de ser así no hubiese sido posible.

A nuestros padres y demás familiares ya que nos brindan el apoyo, la alegría y nos dieron la fortaleza para seguir adelante.

Un agradecimiento especial a los profesores que nos han impartido clases en esta universidad por la colaboración, paciencia, apoyo y sobre todo por esa gran amistad que nos brindaron y, por escucharnos y aconsejarnos siempre. En especial agradecemos a nuestra tutora de tesis Ing. Keyling Ninoska Pérez Blandón por guiarnos en el desarrollo de nuestro trabajo.

RESUMEN DEL TEMA

El presente trabajo monográfico, comprende todos los criterios y estudios técnicos necesarios para la realización del proyecto titulado:

“Diseño de Estructura de Pavimento Articulado y Obras de Drenaje de 1.113 km del Tramo Rancho de Don Luis - Entrada a Hotel Marduk Gardens, en el Municipio de San Nicolás, departamento de Estelí”

Capítulo I. Generalidades

Se abordan aspectos tales como: Introducción, Antecedentes, Justificación y Objetivos.

Capítulo II: Estudio de Tránsito.

Contempla el estudio de tránsito, obtenido mediante un aforo manual en el tramo carretera mediante el cual se conoce el volumen y composición vehicular, los cual aportará la información necesaria para el cálculo del ESAL's de diseño.

Capítulo III: Estudio Geotécnico.

En este capítulo se muestra el estudio de suelo realizado en el tramo seleccionado, mostrando parámetros esenciales como la granulometría del suelo, el peso volumétrico y CBR.

Capítulo IV: Diseño de Espesores de Pavimento Articulado

En este capítulo se detalla el procedimiento de diseño estipulado en el reglamento AASHTO-93 para el diseño de los espesores de pavimento, fundamentándose en el tráfico de diseño y el estudio de suelo realizado.

Capítulo V: Estudio Hidrológico y obras de drenaje menores

Para el diseño hidráulico del drenaje menor en el tramo de estudio se requiere la estimación del caudal concurrente en el tramo de estudio. En estos dos capítulos se muestra el procedimiento de cálculo hidrológico mediante el método racional.

ÍNDICE.

CAPÍTULO I. GENERALIDADES.....
1.1. Introducción.....	1
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos Específicos.....	4
1.5. Descripción del área de estudio.....	5
1.5.1. Macro localización.....	5
1.5.2. Micro localización.....	5
1.5.3. Demografía.....	5
1.5.4. Clima.....	6
1.5.5. Temperatura.....	6
1.5.6. Precipitación.....	6
1.5.7. Antecedentes del clima.....	6
1.5.8. Geografía y Geología.....	6
1.5.9. Relieve.....	6
1.5.10. Conformación del suelo.....	6
1.5.11. Socio Economía.....	7
CAPÍTULO II. ESTUDIO DE TRÁNSITO.....
2.1. Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).....	8
2.1.1. Aforo vehicular.....	8
2.1.2. Estación de Conteo Vehicular.....	8

2.1.3. Procesamiento de datos.	9
2.1.4. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).	13
2.1.5. Composición Vehicular.	16
2.1.6. Tasas de Crecimiento para proyección de tránsito.	16
2.1.6.1. Líneas de tendencia para cada variable.....	18
2.1.7. Período de diseño.	24
2.1.7.1. Proyección del Tránsito.....	24
2.1.7.2. Factor de distribución por dirección.....	26
2.1.7.3. Factor Distribución Por Carril (FC).	26
2.1.7.4. Factor de crecimiento.....	26
2.1.7.5. Tránsito de diseño.....	27
2.1.7.6. Factor ESAL.....	27
2.1.7.6.1. Ejes equivalentes (ESAL's).....	28
CAPÍTULO III: ESTUDIO DE SUELO	
3.1. Estudio geotécnico.	30
3.1.1. Ensayos de Suelos en Línea.	30
3.1.2. Resultados de Ensayes a Muestras de Sondeos de Línea.	32
3.1.2.1. Sondeos Sm1 – Sm4.	32
3.1.2.2. Sondeos Sm5 – Sm9.	32
3.1.2.3. Sondeos Sm10 – Sm13.	33
3.2.1. Resultados de Ensayos a Bancos de Préstamo.	39
3.2.1.1. Sondeo Banco Material N° 1 (German Cerrato).	39
3.2.1.2. Sondeo Banco Material N° 2 (Antonio Valdivia).	41
3.2.2. Consideraciones para la elección del Banco de Materiales a utilizar... 42	
3.2.2.1. Consideraciones para la Base.	42
3.2.2.2. Banco de materiales propuesto para la capa Sub-Base.....	44
3.2.2.3. Elección de los de Bancos Préstamos a Utilizar para Base y Sub-base...	

3.2.3. Determinación del CBR de diseño	47
CAPÍTULO IV: TOPOGRAFIA	
4.1. Generalidades	51
4.1.1 Proceso del levantamiento topográfico.....	51
CAPÍTULO V: DISEÑO DE PAVIMENTO	
5.1. Método para el diseño de pavimento flexible (aashto-93).....	53
5.1.1. Serviciabilidad	53
5.1.1.1. Índice de serviciabilidad inicial (Po).....	53
5.1.1.2. Índice de serviciabilidad final (Pt)	53
5.1.1.3. Perdida de Serviciabilidad (Δ PSI)	54
5.1.2. Confiabilidad (R)	54
5.1.3. Desviación estándar	55
5.1.4. Módulo de Resiliencia de la sub-rasante (MR).....	56
5.1.5. Coeficiente de Drenaje para pavimentos articulados (mi).....	56
5.1.6. Coeficientes Estructurales de Capa (ai).....	57
5.1.7. Coeficiente estructural de la carpeta de rodamiento a1.....	58
5.1.8. Coeficiente estructural para base a2.....	58
5.1.9. Coeficiente estructural para sub-base a3.....	59
5.1.10. Números Estructurales y determinación de espesores.....	59
5.1.11. Determinación de números estructurales.....	60
5.1.12. Cálculo de los espesores del Pavimento.....	63
5.1.12.1. Cálculo del espesor de la base.....	63
5.1.12.2. Calculo del espesor de la Sub-base (D3).....	64
5.1.12.3. Verificación del número estructural.....	64
5.1.13. Uso del programa WinPAS-12.....	65
CAPÍTULO VI: ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DISEÑO DE OBRAS PROPUESTAS	

6.1. Generalidades.	70
6.1.1. Diseño del sistema de drenaje pluvial (Método Racional).	70
6.1.2. Sub-cuencas Hidrológicas Identificadas.	70
6.1.3 Pendiente (SC).	71
6.1.4. Coeficiente de Escorrentía (C).	72
6.1.5. Tiempo de Concentración (Tc).	73
6.1.6. Intensidad Duración Frecuencia (IDF) y periodo de retorno (PR).	74
6.1.7. Hidrograma Triangular Sintético.	77
6.1.8. Coeficiente de Rugosidad (n).	81
6.1.9. Dimensionamiento de Cunetas.	82
6.1.10. Dimensionamiento de Badenes.	84
CAPÍTULO VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
7.1. Conclusiones.	86
7.2. Recomendaciones.	87
BIBLIOGRAFIA	88
ANEXOS	

LISTA DE ABREVIATURAS

A:	Área de drenaje de la subcuenca (km ²).
a ₁ :	Coeficiente de capa para la carpeta de rodamiento.
a ₂ :	Coeficiente de capa para la base.
a ₃ :	Coeficiente de capa para la sub-base.
A, b y d:	Valores determinados con los datos de intensidad de lluvia.
C:	Coeficiente de escorrentía.
D ₁ , D ₂ , D ₃ :	Espesores de las capas en pulgada para la carpeta asfáltica, base y sub-base.
ESAL _{Diseño} :	Cantidad de ejes equivalentes de 18 kilolibras.
F _C :	Factor de crecimiento.
F _{carril} :	Factor de distribución por carril.
F _D :	Factor de distribución direccional.
F _{dia} :	Factor día.
F _{ESAL} :	Factor ESAL, según AASHTO 93.
F _{expansión} :	Factor de expansión.
F _{semana} :	Factor semana.
H _{máx} :	Elevación máxima de la subcuenca.
H _{mín} :	Elevación mínima de la subcuenca.
I :	Intensidad de la lluvia (mm/hora).
i:	Tasa de crecimiento.
L:	Longitud.
L:	Longitud máxima en metros.
n:	Diferencia entre valor actual y valor base.
n:	Periodo de diseño.
P ₀ :	Perdida de serviciabilidad inicial.
P _t :	Índice de serviciabilidad final.
P _t :	pendiente del terreno en %
Q:	Caudal (m ³ /s).
Sc:	Pendiente en m/m.

Sc:	Pendiente media del terreno.
SM:	Sondeo de Muestra.
T _C :	Tasa de crecimiento.
Tc:	Tiempo de concentración en minutos.
T _D :	Tránsito de diseño.
TPDA:	Tráfico promedio diurno anual.
TPDiS:	Tráfico promedio diurno semanal.
Tráns _{prom} :	Promedio de tránsito por tipo de vehículo.
T _S :	Tipo de suelo.
U _S :	Uso del suelo.
v _i :	Valor actual.
v _{i-1} :	Valor base.
ΔPSI:	Perdida de serviciabilidad

LISTA DE TABLAS

Tabla N°1:	Promedio de habitantes del lugar de estudio.....	5
Tabla N°2:	Resumen de aforo vehicular y cálculo del TPDS.....	11
Tabla N°3:	Dependencia de estaciones.....	14
Tabla N°4:	Factores de ajuste del segundo cuatrimestre de Mayo – Agosto.	15
Tabla N°5:	Cálculo del TPDA, aplicando factores de ajustes (FD, FE). Estación (0+700) centro del tramo.....	15
Tabla N°6:	Registro históricos.....	17
Tabla N°7:	Logaritmos naturales de datos históricos.....	18
Tabla N°8:	Tasa de crecimiento para cada variable.....	23
Tabla N°9:	Período de diseño (N).....	24
Tabla N°10:	Proyección del tránsito para el 2029.....	25
Tabla N°11:	Factor de distribución direccional.....	26
Tabla N°12:	Factor de distribución por carril.....	26
Tabla N°13:	Cálculo ESAL del carril de Diseño	29
Tabla N°14:	Ensayos de laboratorios para estudios de suelos.....	30
Tabla N°15:	Coordenadas Geográficas para cada sondeo en el tramo de estudio.....	31
Tabla N°16:	Granulometría en muestras de sondeos sm-1 al sm-5.....	35
Tabla N°17:	Granulometría en muestras de sondeos sm-6 al sm-9.....	36
Tabla N°18:	Granulometría en muestras de sondeos sm-10 al sm-13.....	37
Tabla N°19:	Bancos de materiales identificados.....	39
Tabla N°20:	Resumen de análisis granulométrico del Banco, Material N°1 (German Cerrato).....	40
Tabla N°21:	Características del Banco N°1 (German Cerrato).....	40
Tabla N°22:	Resultados de CBR Banco de Materiales N°1 (German Cerrato).....	41
Tabla N°23:	Resultados de análisis granulométrico del banco de material N°2 (Antonio Valdivia).....	41

Tabla N°24:	Características del banco N°2 (Antonio Valdivia).....	42
Tabla N°25:	Especificaciones de materiales empleados en una Base-Granular.....	42
Tabla N°26:	Ensayes adicionales del Banco de Materiales N°1 (German Cerrato) y N°2 (Antonio Valdivia).....	43
Tabla N°27:	Requisitos Graduación de Agregados (Banco N°1, German Cerrato).....	43
Tabla N°28:	Comparativo de requerimientos. Banco de materiales N°1 (German Cerrato).....	44
Tabla N°29:	Requerimientos Mínimos para Capa Sub-Base, Banco de Materiales N°2 (Antonio Valdivia).....	45
Tabla N°30:	Requisitos de Graduación de Agregados (Banco N°2, Antonio Valdivia).....	45
Tabla N°31:	Banco de material a utilizar para Base / Sub-Base.....	46
Tabla N°32:	Límites para la selección de resistencia.....	47
Tabla N°33:	CBR de Sub Rasante existente.....	48
Tabla N°34:	Selección de CBR de diseño para la sub-rasante.....	49
Tabla N°35:	Clasificación de CBR.....	50
Tabla N°36:	Niveles de confiabilidad (R).....	55
Tabla N°37:	Desviación estándar dependiendo de las condiciones de servicio.....	55
Tabla N°38:	Selección de coeficiente de drenaje.....	57
Tabla N°39:	Espesores mínimos sugeridos por capa.....	63
Tabla N°40:	Datos para calcular espesores en el Software WinPAS.....	66
Tabla N°41:	Datos para el diseño de Cunetas.....	71
Tabla N°42:	Datos para el diseño de Badenes	71
Tabla N°43:	Valores de Sc para Cunetas.....	72
Tabla N°44:	Valores de Sc para Badenes.....	72
Tabla N°45:	Coeficiente de Escorrentía por tipo de Obra de Drenaje.....	73
Tabla N°46:	Valores de Tc.....	74
Tabla N°47:	Valores a utilizar de A, d y b.....	75

Tabla N°48:	Período de Retorno (PR) por tipo de Obra.....	75
Tabla N°49:	Cálculo de Intensidades y Caudales para Cunetas.....	76
Tabla N°50:	Cálculo de Intensidades y Caudales para Badenes.....	76
Tabla N°51:	Cálculos de caudales por el método racional.....	78
Tabla N°52:	Coeficientes de rugosidad (n).....	81
Tabla N°53:	Conteos volumétricos de tráfico, 13 de mayo 2019.....	IV
Tabla N°54:	Conteos volumétricos de tráfico, 14 de mayo 2019.....	IV
Tabla N°55:	Conteos volumétricos de tráfico, 15 de mayo 2019.....	V
Tabla N°56:	Conteos volumétricos de tráfico, 16 de mayo 2019.....	V
Tabla N°57:	Conteos volumétricos de tráfico, 17 de mayo 2019.....	VI
Tabla N°58:	Conteos volumétricos de tráfico, 18 de mayo 2019.....	VI
Tabla N°59:	Conteos volumétricos de tráfico, 19 de mayo 2019.....	VII
Tabla N°60:	Tráfico Promedio Diario Anual Histórico (EMC-200).....	VIII
Tabla N°61:	Tráfico Promedio Diario Anual Histórico (ECD-108).....	IX
Tabla N°62:	Indicadores Macro-Económico.....	X
Tabla N°63:	Consumo de Hidrocarburos.....	XI
Tabla N°64:	Diagrama de cargas permisibles vehículos livianos.....	XI
Tabla N°65:	Factores Equivalentes de Cargas, Ejes Simples.....	XIV
Tabla N°66:	Factores Equivalentes de Cargas, Ejes Dobles.....	XV
Tabla N°67:	Sondeos del tramo en estudio.....	XVI
Tabla N°68:	Levantamiento Topográfico.....	XVIII

LISTA DE IMÁGENES

Imagen N°1:	Ubicación del punto de conteo vehicular.....	9
Imagen N°2:	Tipos de suelo por estrato.....	38
Imagen N°3:	Coeficiente estructural a2, para Base Granular no tratada.....	58
Imagen N°4:	Coeficiente estructural a3, para Sub-base granular.....	59
Imagen N°5:	Obtención del número estructural SN2.....	61
Imagen N°6:	Obtención del número estructural SN3.....	62
Imagen N°7:	Estructura Final de Pavimento articulado.....	65
Imagen N°8:	Software de diseño WinPAS.....	66
Imagen N°9:	Selección del Tipo de Pavimento a Diseñar.....	67
Imagen N°10:	Introducción de Datos en WinPAS.....	67
Imagen N°11:	Cálculo de SN requerido en WinPAS.....	68
Imagen N°12:	Resultado de SN requerido en WinPAS.....	69
Imagen N°13:	Comprobación de espesores.....	69
Imagen N°14:	Sub-cuenca N°1.....	79
Imagen N°15:	Sub-cuenca N°2.....	79
Imagen N°16:	Sub-cuenca N°3.....	79
Imagen N°17:	Sub-cuenca N°4.....	80
Imagen N°18:	Sub-cuenca N°5.....	80
Imagen N°19:	Sub-cuenca N°6.....	80
Imagen N°20:	Sub-cuenca N°7.....	81
Imagen N°21:	Resultado de cuneta propuesta en el programa de HCanales....	82
Imagen N°22:	Resultado de cuneta propuesta en el programa de HCanales....	82
Imagen N°23:	Resultado de cuneta propuesta en el programa de HCanales....	83
Imagen N°24:	Resultado de cuneta propuesta en el programa de HCanales....	83
Imagen N°25:	Resultado de badén propuesta en el programa de HCanales.....	84
Imagen N°26:	Resultado de badén propuesta en el programa de HCanales....	84
Imagen N°27:	Resultado de badén propuesta en el programa de HCanales.....	85
Imagen N°28:	Baden propuesto.....	85

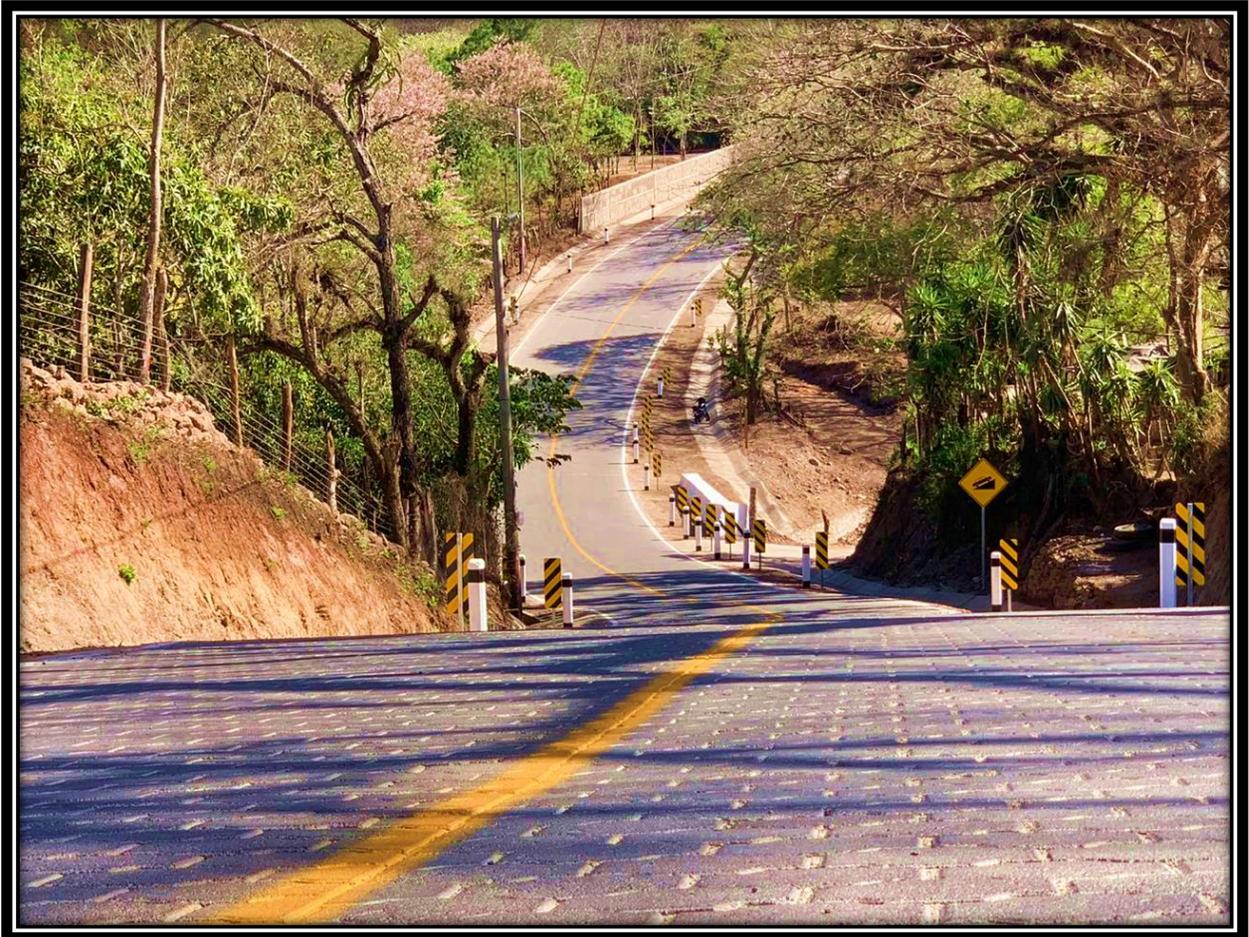
Imagen N°29:	Entrada Rancho Don Luis. Inicio del tramo Est. 0+000.....I
Imagen N°30:	Entrada hotel Marduk Gardens. Final del tramo en la Est. 1+113....I
Imagen N°31:	Ruta turística Est. 0+695.....II
Imagen N°32:	Estado actual del tramo en la Est. 0+570.....II
Imagen N°33:	Macro Localización. Municipio de San Nicolás. Estelí-Nicaragua. III
Imagen N°34:	Micro Localización. Municipio de San Nicolás, Estelí.....III
Imagen N°35:	Tipología y descripción vehicular de conteos de tráfico de la oficina de diagnóstico, Evaluación de Pavimentos y Puentes.....XII
Imagen N°36:	Diagrama de cargas permisibles vehículos pesados.....XIII
Imagen N°37:	Banco de Material propuesto(German Cerrato).....XVII
Imagen N°38:	Estación IDF, Condega.....XXIX
Imagen N°39:	Micro-cuencas identificadas.....XXX

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico N°1:	Compartimiento vehicular semanal ambos sentidos.....	12
Gráfico N°2:	Compartimiento Vehicular (TPDS-12horas).....	12
Gráfico N°3:	Composición vehicular del tramo Rancho Don Luis-entrada Hotel Marduk Gardens.....	16
Gráfico N°4:	Tendencia del Producto Interno Bruto (PIB).....	18
Gráfico N°5:	Tendencia del consumo de combustible.....	19
Gráfico N°6:	Línea de tendencia del TPDA de Estación corta Duración (ECD-108)....	19
Gráfico N°7:	Línea de tendencia del TPDA de Estación de Mayor Cobertura (EMC-200).....	20
Gráfico N°8:	Línea de tendencia del crecimiento poblacional (POB).....	20
Gráfico N°9:	Línea de tendencia del PIB Vs TPDA EMC-200.....	21
Gráfico N°10:	Línea de tendencia del PIB Vs TPDA ECD-108.....	22
Gráfico N°11:	Línea de tendencia del PIB Vs Combustible.....	22
Gráfico N°12:	Línea de tendencia del PIB Vs Población.....	23
Gráfico N°13:	Selección del CBR de diseño.....	50

CAPÍTULO I.

GENERALIDADES



1.1. Introducción.

En Nicaragua específicamente en las áreas del perímetro urbano de las ciudades, las construcciones de infraestructuras viales se encuentran con un alto déficit de mantenimiento. Esto obliga a realizar proyectos de impacto que se caracterizan por su corta duración, pero también pueden ser intensos comparados con proyectos verticales, debido a que el tránsito actuará durante la vida útil del proyecto o bien durante el periodo de retorno para el cual es diseñado.

En la ciudad de Estelí las carreteras han sido diseñadas y construidas no cumpliendo las especificaciones técnicas, lo que provoca que se manifieste el deterioro en un corto plazo, esto genera costos en cuanto a mantenimiento tanto preventivos como correctivos.

El municipio de San Nicolás cuenta con todas sus calles adoquinadas en el casco urbano de 2,000m, como la vía de acceso principal hacia la cabecera departamental y resto del país, debido a su lejanía de las demás comarcas los caminos de este municipio en general se pueden clasificar como caminos de todo tiempo.

Cuando se cuenta con una vía de acceso adecuada para el desarrollo turístico y por ende económico el sector retoma gran importancia para la municipalidad, el transporte vial mejora su economía y a sus habitantes les facilita moverse para realizar sus acciones cotidianas, las cuales crean aumento en el desarrollo socioeconómico para su comunidad y para el país.

Es por ello que el diseño del tramo Rancho de don Luis-Entrada a Hotel Marduk Gardens, se proyectó a través del método AASHTO-93 proporcionando los parámetros necesarios para la estructura de pavimento, siendo este uno de los más confiables por considerar las cargas provocadas por el tráfico a la que está expuesta la estructura de pavimento.

1.2. Antecedentes.

Después de muchos años de esfuerzo y dedicación de artesanos, población organizada y autoridades del municipio de San Nicolás, fue posible la construcción de Miradores turísticos, con una vista panorámica y un clima único que les da la bienvenida a sus visitantes tanto nacionales como extranjeros.

Según relatos de personas mayores hace unos 50 años, estos tramos de caminos eran terrenos arcillosos por donde solo traficaban carretas tiradas con bueyes y en ocasiones se trasladaban las cosechas en mulas, caballos, etc.

En la actualidad la vía se encuentra deteriorada lo que ocasiona incremento en los costos operativos del transporte público y privado, la velocidad vehicular es demasiado lenta debido a que el tramo presenta baches en todo el trayecto. La circulación vehicular es baja por ser un camino que ofrece muy poca comodidad y seguridad.

Actualmente el tramo que une el adoquinado existente con el hotel de montaña y su mirador turístico tiene una superficie de rodamiento muy vulnerable ante los agentes climatológicos que le provocan deterioro en la mayor parte del año, especialmente en invierno. Esta vía ha sido utilizada tanto por los habitantes de la comunidad La Tejera, los del municipio, y del resto del país con propósitos, turísticos y comerciales. La vía no cuenta con un diseño geométrico, ni un sistema de drenaje adecuado que permita una mejor y confortable circulación para los peatones y conductores.

El Hotel "Marduk Gardens", el reconocido "Rancho de Don Luis". "Mercadito Painally", "Ciprés Café Restaurante", entre otros atractivos son los nuevos sitios turísticos, (Ver Anexo Imagen N°29, 30, 31, Pág. I y II) aunque solo los dos primeros cuentan con miradores desde donde se puede apreciar la zona del Pacífico, la cordillera volcánica de los Maribios.

1.3. Justificación.

En vista de la existencia de diferentes problemas que afectan a la población localizada dentro de este sector durante las épocas de verano, tales como emanaciones de polvo, que producen enfermedades respiratorias, vectoriales y contaminación del medio ambiente, como en el invierno con abundante acumulación de agua, formando cárcavas que luego dificultan más el acceso de todo tipo de vehículos (Ver Anexo Imagen N° 32. Pág. II). Además, esto implica la formación de charcas que permiten la proliferación de enfermedades vectoriales como dengue y malaria, así como enfermedades gastrointestinales como diarrea y parasitosis.

El tramo no ofrece una accesibilidad confortable, los costos de mantenimiento se incrementan para los propietarios de medios de transporte público y privado, los que aducen que sus vehículos experimentan mayor deterioro y consumo de combustible, siendo poco los que se ofrecen a prestar el servicio a los habitantes, turistas nacionales e internacionales y artesanos de la localidad.

La población se siente insegura al no contar con el acceso a vehículos de emergencia como policía, cruz roja y bomberos, por el mal estado del camino. De acuerdo a estas necesidades se elaborará el estudio de diseño vial, documentación técnica para el diseño de 1.113 km de pavimento articulado en el tramo: Rancho de don Luis-Entrada a Hotel Marduk Gardens.

Al ejecutarse este proyecto, el acceso a la comunidad presentará mejores condiciones para el flujo vehicular por lo que los costos de transporte se reducirán y los pobladores se evitarán caminar largos tramos para movilizarse a sus diferentes destinos (hospitales, centros de salud, centros escolares, centros de trabajos, centros recreativos, etc.). El mejoramiento del camino por medio de una buena superficie de rodamiento traerá progreso a muchas comunidades en el área de influencia.

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo general.

- ❖ Diseñar la Estructura de Pavimento articulado y obras de drenaje de 1.113 km en el Tramo Rancho don Luis-Entrada a Hotel Marduk Gardens, en el Municipio de San Nicolás, Departamento de Estelí. Por el método de la AASHTO – 93.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- ❖ Elaborar un estudio de tránsito para la determinación del flujo vehicular, con el fin de calcular el TPDA y de esta manera poder estimar las cargas que soportará la estructura de pavimento.
- ❖ Analizar las propiedades físico-mecánicas del banco de materiales y de los suelos existentes a lo largo de la vía con la finalidad de obtener el CBR de diseño de la sub-rasante.
- ❖ Realizar el levantamiento topográfico para conocer las características geométricas y definir la rasante del tramo en estudio.
- ❖ Diseñar los espesores requeridos de pavimento articulado con el método de la AASHTO-93 y revisarlos mediante el uso del software WinPAS.12.
- ❖ Efectuar el estudio hidrológico de la subcuenca para diseño de obras menores Y Proponer las obras de drenaje que evitarán daños estructurales y así mejorar el acceso y la vida útil del tramo.

1.5. Descripción del área de estudio.

1.5.1. Macro localización.

El empalme hacia el municipio de San Nicolás se ubica en el Km 135 sobre la carretera Panamericana Norte y a 148.3 kilómetros de la capital Managua se encuentra el inicio del tramo. Este municipio colinda al norte con el municipio de Estelí, al sur con Santa Rosa departamento de León, al este con el municipio la Trinidad, al oeste el Sauce departamento de León. (Ver en anexo imagen N°33, pág. III).

1.5.2. Micro localización.

El tramo de carretera está ubicado en la comunidad la Tejera, cuenta con los siguientes colindantes: al norte comunidad la Laguna, al sur comunidad la Sirena, al este comunidad Potrerillo y al oeste comunidad la Garnacha. En el Kilómetro 145 carretera a San Nicolás. (Ver en anexo imagen N°34, Pág. III).

1.5.3. Demografía.

En este sector se encuentra una población estimada de 150 habitantes, estos distribuidos en 28 viviendas.

Tabla N° 1: promedio de habitantes del lugar de estudio.

Mayores de 50 años	11 habitantes
30 a 49 años	41 habitantes
16 a 29 años	59 habitantes
1 a 15 años	39 habitantes

Fuente: Alcaldía / MINSA, San Nicolás.

Según información brindada por la alcaldía de San Nicolás y el MINSA en la actualidad solo un promedio de 7% de la población migra de la comunidad hacia otras zonas del país, así como a otro país, como es el caso de Costa Rica.

1.5.4. Clima

En esta zona predomina el clima frío casi todo el año, manteniéndose un ambiente fresco y agradable.

1.5.5. Temperatura

La temperatura se mantiene en promedio de 25° C, aunque en algunas ocasiones hay bajas en la temperatura hasta los 13° C, en los meses de diciembre y enero.

1.5.6. Precipitación

La precipitación en esta parte del municipio tiene un rango de 800 a 1500 mm al año.

1.5.7. Antecedentes del clima

Según las personas mayores de la zona en tiempos anteriores el clima era mucho más bajo, teniendo precipitaciones y nublado casi 10 meses al año.

1.5.8. Geografía y Geología

Esta zona se caracteriza por tener un terreno estable, apenas a unos 50 a 80 centímetros se encuentra roca tipo ígnea plutónica formada principalmente por cuarzo, que ha venido quedando a poca profundidad debido a la erosión a través del tiempo.

1.5.9. Relieve

Se cuenta con un relieve plano, encontrando pendientes apenas de un 15% en los pequeños tramos más inclinados.

1.5.10. Conformación del suelo

Este suelo está compuesto por una pequeña capa fértil seguido de una pequeña capa de suelo blando hasta llegar al manto rocoso que no se encuentra muy profundo, en algunos casos a 0.80 m, aunque en partes se encuentra en la superficie.

1.5.11. Socio Economía

La población en este sector se dedica mayormente a la agricultura, produciendo hortalizas y granos básicos como: papa, repollo, maíz, manzanilla, y frijoles en pequeñas cantidades, aunque parte de la población se dedica a otras actividades tales como: artesanía, turismo y pequeños negocios como es la distribución de productos perecederos que se producen en la zona, así como la comercialización de productos que se traen de otros mercados los cuales no se producen en la zona.

CAPÍTULO II.

ESTUDIO DE TRÁNSITO



2.1. Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA).

El TPDA es una medida de tránsito fundamental, está definida como el número total de vehículos que pasan por un punto determinado durante un periodo establecido. El periodo debe estar dado como días completos y además estar comprendido entre 1 a 365 días.

2.1.1. Aforo vehicular.

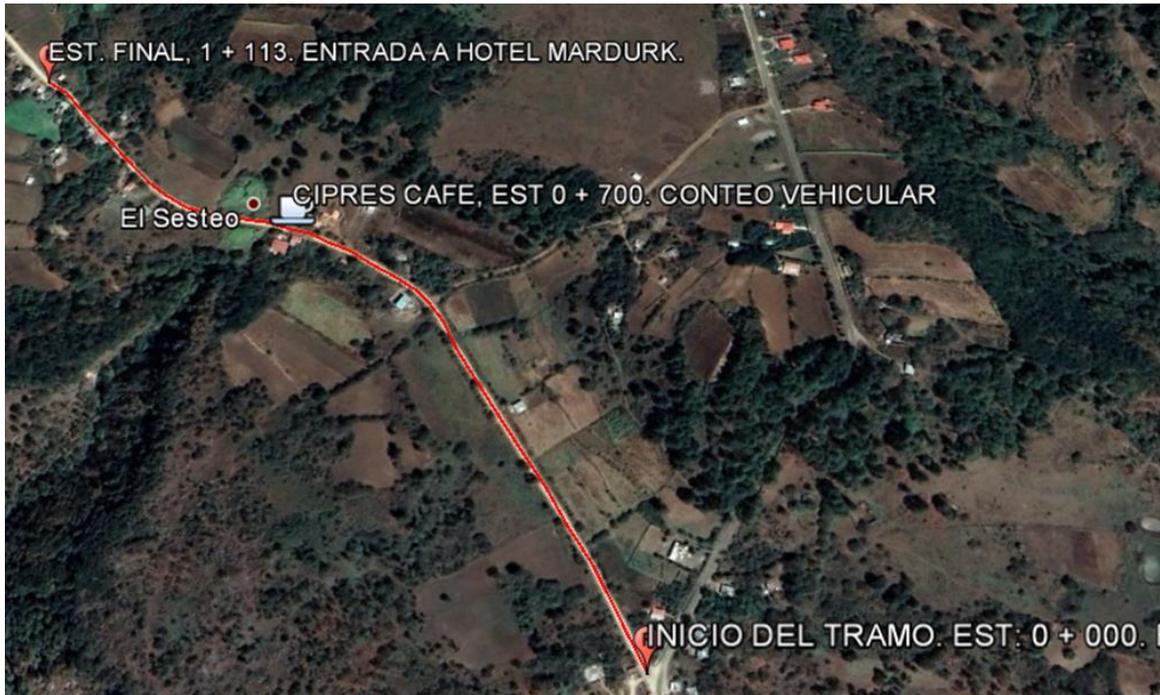
Se denomina aforo, al proceso de medir la cantidad de vehículos que pasan por un tramo en una carretera en una unidad de tiempo.

El número de horas de aforo varía con el método usado y el propósito. Los contadores mecánicos pueden estar contando las 24 horas del día. Es conveniente que los aforos manuales en intersecciones, se lleven a cabo por un mínimo de 12 horas.

2.1.2. Estación de Conteo Vehicular.

Para este conteo vehicular, se ubicó en la estación: 0+700 (centro del tramo), en las coordenadas geográficas 12°57'21.73" Norte 86°20'43.50" Oeste. Este tramo no cuenta con más afluencia vehicular ya que como se muestra en la imagen N° 1 es una sola ruta de tráfico en ambos sentidos por lo que se pudo haber realizado el trabajo en cualquier estación del tramo sin embargo se realizó contiguo a las instalaciones de Ciprés Café Restaurant (Estación 0+700) por mayor seguridad y visibilidad con el propósito de desarrollar los conteos de volumen de tráfico vehicular, y determinar dicho volumen que circula en la vía, cabe señalar que esta estación de conteo permitió captar el 100% del tráfico en ambos sentidos de la vía. (Ver imagen N° 1, pág. 9).

Imagen 1: Ubicación del punto de conteo vehicular.



Fuente: Google Earth.

En esta estación se realizó el aforo de 7 días de duración, dando inicio el día lunes 13 de mayo del 2019 y finalizando el domingo 19 de mayo del 2019, realizando la clasificación y conteo vehicular de 12 horas diurnas. (Ver anexos Tablas N° 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59. Pág. IV, V, VI, VII.).

2.1.3. Procesamiento de datos.

Luego del trabajo de gabinete, los datos fueron procesados en el Software Microsoft Excel, mediante hojas de cálculo.

De la información obtenida de los conteos, se obtuvo el volumen de tráfico vehicular diurno de 12 horas, durante un conteo de 7 días (lunes, martes, miércoles, jueves, viernes, sábado y domingo). En la Tabla N° 2 pag.11, se muestran los conteos del tráfico, composición vehicular; así como el promedio del período de evaluación en consolidado para ambos sentidos del tramo en estudio.

Para alcanzar resultados adecuados, se contó y clasificó el 100% de los vehículos que circularon en ambas direcciones de la estación de conteo y clasificación vehicular.

Para obtener el Tráfico Promedio Diurno Semanal (TPDS) fue necesario aplicar la siguiente ecuación.

$$\text{TPDiS} = \frac{\text{Total Diurno Semanal}}{7 \text{ días}} \quad \text{Ecuación. 1}$$

Donde:

TPDiS: Tráfico Promedio Diurno Semanal.

Al finalizar el conteo de 7 días consecutivo durante 12 horas diurnas en la Est. 0+700 (centro del tramo) y posterior realizar el consolidado en Microsoft Excel se obtuvo una perspectiva bastante clara de cómo se comporta el tránsito a lo largo de los días en el tramo de estudio, para luego calcular el Tránsito Promedio Diurno Semanal (TPDS) en base a la ecuación descrita, resultando un total de 108 vehículos promedio diurno.

En la tabla 2 pag.11, se refleja el comportamiento del tránsito diurno semanal, por composición en periodo de 12 horas.

Tabla N°2: Resumen del aforo vehicular y cálculo del TPDs. (Tránsito Promedio Diario Semanal).

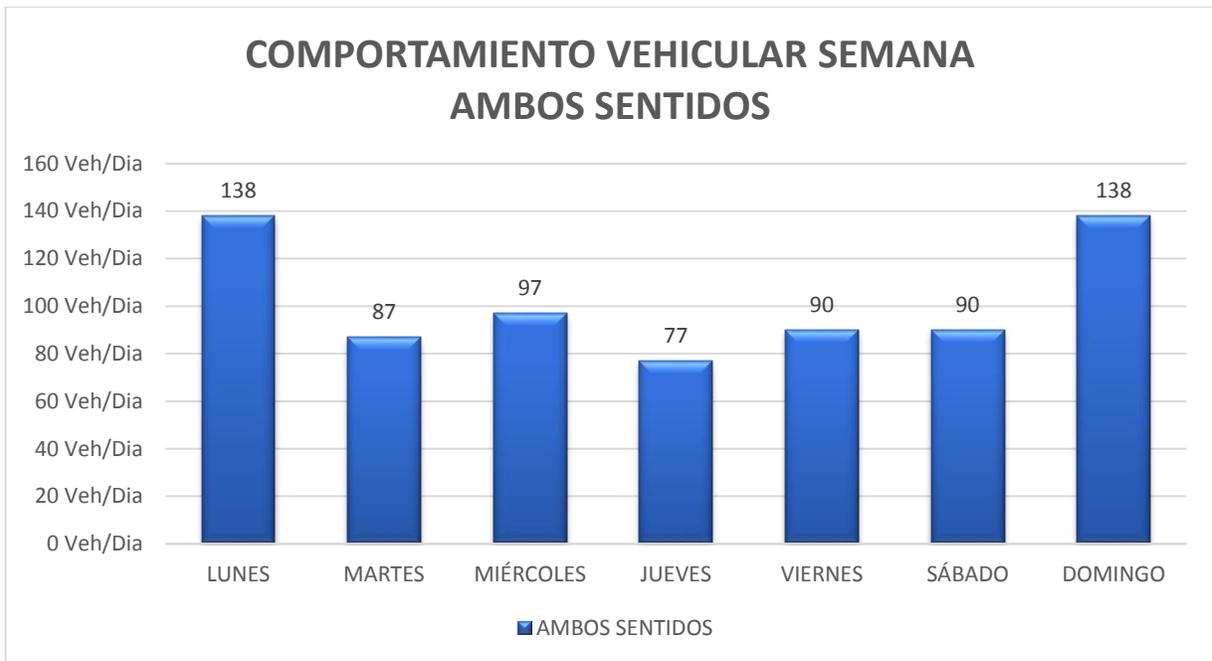
RESUMEN DEL AFORO VEHICULAR Y CALCULO DEL TPDs. (Tránsito Promedio Diario Semanal)													
ESTACIÓN: 0+700		AMD: RANCHO DE DON LUIS - ENTRADA A HOTEL MARDUK GARDE						FECHA: Lunes 13 - domingo 19 de mayo del 2019					
SENTIDO: Ambos Sentidos		TIPO DE VIA: CS- CR						ORADOR: CANDELARIO ZELEDÓN CENTENO / KEYLIN MARYURI TÉLLEZ VELÁSQUI					
Hora	Bicic	Moto	Veh. de Pasajeros						Veh. Pesados de Carga			Otros	Volumen Diurno (12 horas)
			Autos	Jeep	Camioneta	Mc bus < 15 s	Mn Bus 15 - 30 s	Bus 30+ s	Liv. 2 - 5 t	C2 5 + t	C3		
LUNES	25	24	13	9	34	6	7	2	7	6	2	3	138
MARTES	17	17	10	6	14	5	5	2	5	3	3	0	87
MIÉRCOLES	15	19	12	4	26	5	3	3	4	3	2	1	97
JUEVES	12	14	8	6	10	3	4	2	7	5	4	2	77
VIERNES	9	21	11	10	16	2	7	2	6	3	1	2	90
SABADO	9	21	11	10	16	2	7	2	6	3	1	2	90
DOMINGO	15	27	20	16	39	5	7	4	2	2	0	1	138
Volumen (12 horas diurnas)	102	143	85	61	155	28	40	17	37	25	13	11	717
TOTAL			512					92			11		
		23.3%	13.8%	9.9%	25.2%	4.6%	6.5%	2.8%	6.0%	4.1%	2.1%	1.8%	100.0%
Tránsito Promedio diario Semanal (TPDs)	15	21	13	9	23	4	6	3	6	4	2	2	108.0
Vehiculos de pasajeros								Vehiculos de carga					
83.3%								15.0%					

Fuente: Elaboración propia (2019).

Luego se procedió a realizar un gráfico con los datos obtenidos donde se refleja el comportamiento del tránsito diurno semanal, de igual manera otro donde se muestra su composición en periodo de 12 horas. (Ver gráficos N° 1 y 2 pág.12).

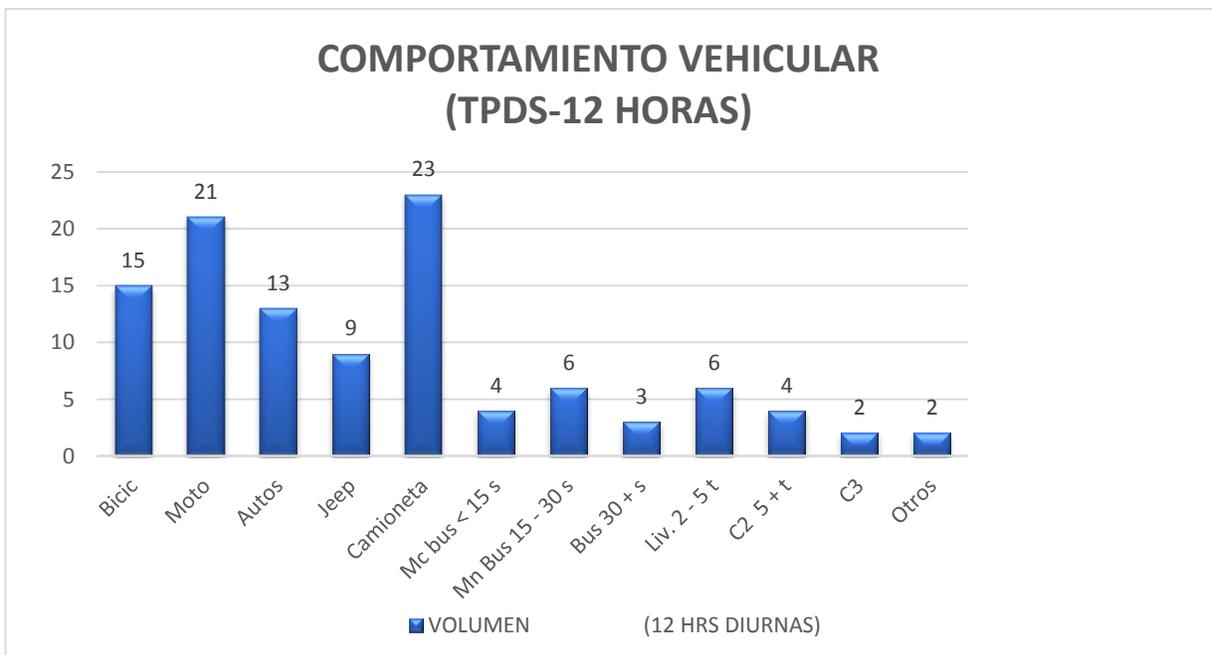
En el Gráfico 1 pág.12, se muestra el comportamiento del tránsito vehicular diurno, donde se aprecia que los días con mayor demanda de vehículos son: lunes, miércoles y domingo. En el Gráfico 2, pág. 12, se aprecia el comportamiento de la composición vehicular predominando las bicicletas, vehículos de pasajeros (motos, autos, jeep, camionetas, Mc bus < 15 s, Mn Bus 15 - 30 s y Bus 30+ s), vehículos pesados de carga (Liv. 2 - 5 t, C2 5 + t, y C3), y en menor cantidad otros tipo de vehículos.

Gráfico N°1: Comportamiento vehicular semanal ambos sentidos.



Fuente: Elaboración propia (2019).

Gráfico N°2: Comportamiento vehicular (TPDS-12 horas).



Fuente: Elaboración propia (2019).

2.1.4. Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA).

El Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) se define como el volumen o número total de vehículos que pasan durante un año, es decir se divide el Tránsito Anual entre los 365 días que corresponden al año.

Como no es posible disponer de registros de volúmenes a lo largo de un año en todas las vías, se puede estimar el Tránsito Promedio Diario Anual en base a la Ec.2, donde dichos factores son tomados del Anuario de Aforos de Tráfico 2018 como se muestra en la Tabla 4, página 15.

$$TPDA = TPDiS_{12hrs} * FD * FS \quad \text{Ecuación.2}$$

Donde:

TPDA: Tránsito Promedio Diario Anual.

TPDiS_{12hrs}: Tránsito Promedio Diurno Semanal de 12 horas.

F_D: Factor día.

F_E: Factor expansión.

Es necesario conocer que la Estación de Corta Duración (ECD) 108 perteneciente al Empalme San Isidro – La Trinidad, de la cual se tienen registros históricos, es dependiente de la Estación de Mayor Cobertura (EMC) 200 Entrada al INCAE – El Crucero.

Tabla N°3: Dependencia de estaciones.

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO
200 Entrada al INCAE - El Crucero	NIC-1	108	ECD	Emp. San Isidro - La Trinidad
	NIC-1	112	ECD	Emp. Yalagüina - Somoto
	NIC-2B	215	ECD	Hotel Nejapa - Km.10 1/2 Carretera Sur (Ida)
	NIC-2	209	ECD	Km. 10 1/2 Carretera Sur - Entrada al INCAE
	NIC-2	202	ECD	El Crucero - Cuatro Esquinas
	NIC-2	203	ECD	Cuatro Esquinas - Diriamba
	NIC-2	204	ECD	Diriamba - Jinotepe
	NIC-4	404	ECD	Granada - Emp. Guanacaste
	NIC-4B	432	ECD	Rtda.Nindiri - Rtda. Coyotepe (circunvalación)
	NIC-8	802	ECD	El Salto - San Rafael del Sur

Fuente: Anuario de Tráfico 2018. MTI (Pag.49).

La expansión de Tránsito Promedio Diurno de 12.0 horas (TPDS), se realizó en base a factores de ajustes, estos factores se aplican para estaciones (ECD o ECS) que dependen de la estación de mayor cobertura (EMC-200), en este caso se aplicaron para la estación de corta duración (ECD-108) Empalme San Isidro – La Trinidad, con la cual trabajaremos ya que su dependencia corresponde a la estación de mayor cobertura, Entrada al INCAE – El Crucero (EMC-200), se debe de conocer que la estación de mayor cobertura no posee factores de ajustes ya que el TPDA que presenta es correcto, debido a que sus conteos son de 24 horas durante una semana, cada tres cuatrimestres del año, por lo que los factores que presenta es para las estaciones que dependen de ella (Ver Tablas N° 4, pág,15).

Tabla N°4: Factores de ajustes del segundo cuatrimestre de Mayo - Agosto.

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	1.25	1.28	1.22	1.25	1.20	1.14	1.26	1.20	1.24	1.13	1.00	1.43	1.00	1.00	1.00	1.00	1.13
Factor Semana	0.96	1.01	1.05	0.98	0.98	0.91	0.97	0.89	0.90	0.97	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	0.91
Factor Fin de Semana	1.11	0.98	0.90	1.04	1.05	1.33	1.10	1.42	1.36	1.10	1.00	1.16	1.00	1.00	1.00	1.00	1.31
Factor Expansión a TPDA	1.04	1.23	1.30	1.18	1.20	1.18	1.11	1.20	1.31	1.13	1.00	1.12	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico, MTI (Año 2018. Pag.290)

A continuación, se presentan los resultados del cálculo del TPDA, haciendo uso de los factores de ajuste descritos anteriormente.

Tabla N°5: Cálculo del TPDA, aplicando factores de ajuste (FD, FE). Estación (0+700) centro del Tramo.

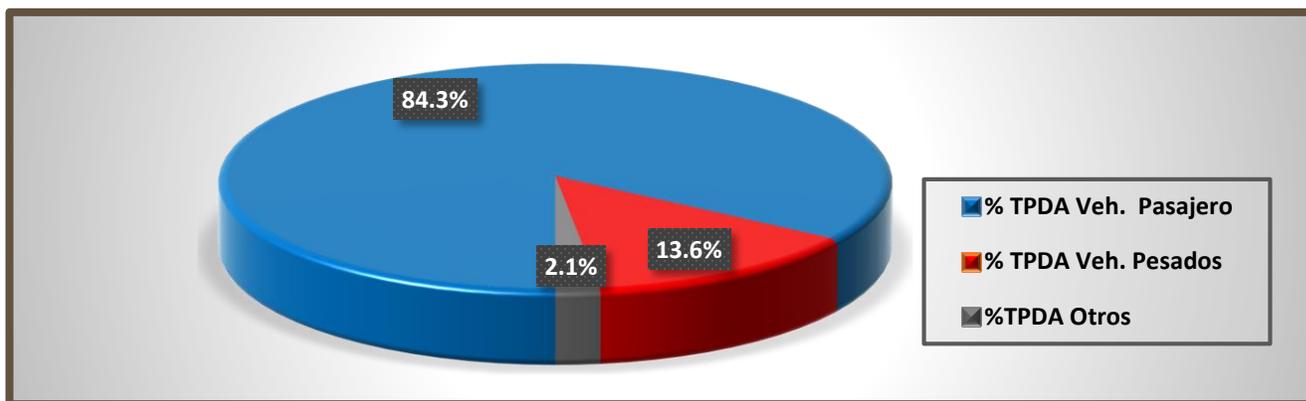
FACTORES DEL SEGUNDO CUATRIMESTRE . (MAYO-AGOSTO ANUARIO DE TRÁFICO DEL MTI AÑO 2018)												
Factor / Tipo de Vehículo	Moto	Veh. de Pasajeros						Veh. Pesados de Carga			Otros	TOTAL
		Autos	Jeep	Camioneta	Mc bus < 15 s	Mn bus 15 - 30 s	Bus 30 + s	Liv. 2 - 5 t	C2 5 + t	C3		
TPDIS	210	13	9	23	4	6	3	6	4	2	2	93.0
FACTOR DIA	1.25	1.28	1.22	1.25	1.20	1.14	1.26	1.20	1.24	1.13	1.13	
FACTOR EXPANSION	1.04	1.23	1.30	1.18	1.20	1.18	1.11	1.20	1.31	1.13	1.25	
TPDA	28	21	15	34	6	9	5	9	7	3	3	140
% TPDA	20.0%	15.0%	10.7%	24.3%	4.3%	6.4%	3.6%	6.4%	5.0%	2.1%	2.1%	100.0%
TPDA TOTAL	140											
	% TPDA Veh. Pasajeros						% TPDA Veh. Pesados de Carga			%TPDA Otros		
	84.3%						13.6%			2.1%		100.0%

Fuente: Elaboración propia (2019).

2.1.5. Composición Vehicular.

Con la clasificación vehicular, se procedió a determinar la composición vehicular de la muestra; la cual está conformada de la manera siguiente: vehículos de pasajeros 84.3%, vehículos pesados de carga 13.6%, otros vehículos 2.4% obteniendo así un porcentaje de tráfico vehicular total de 100%. (Ver gráfico N° 3).

Gráfico N°3: Composición vehicular del Tramo Rancho de Don Luis- entrada Hotel Marduk Gardens.



Fuente: Elaboración propia (2019).

2.1.6. Tasas de Crecimiento para proyección de tránsito.

Para obtener la tasa de crecimiento más adecuada, es necesario tomar en cuenta los datos históricos que están relacionados para la proyección del mismo, entre ellos están, el PIB (Producto Interno Bruto), consumo combustibles, TPDA de las estaciones relacionadas al tramo de estudio y el crecimiento poblacional (POB), la tasa de crecimiento del tránsito se puede definir con el promedio de la tasas de las variables PIB, POB y el consumo de combustible. (Ver anexos, Tabla N°60, 61, 62, 63. Pág. VIII, IX, X, XI).

Tabla N°6: Registros históricos.

REGISTROS HISTORICOS DEL PIB, Combustible, TPDA y POB.					
AÑO	PIB (Millones de C\$ constante)	Consumo Nac. Combustible (miles barriles)	TPDA ECD 108	TPDA EMC 200	Población
2008	129,160.50	4,858.80	3,586	5,856	5668,876
2009	124,907.70	4,935.20	-	6,379	5742,310
2010	130,416.30	5,143.10	3,597	6,412	5815,524
2011	138,654.20	5,388.00	-	6,435	5996,619
2012	147,661.40	5,615.80	4,072	6,862	6071,045
2013	154,936.80	5,788.20	-	7,783	6134,270
2014	162,351.30	6,127.10	-	7,783	6198,154
2015	170,131.60	6,913.70	4,832	8,685	6262,703
2016	177894.9	7,287.50	-	9,466	6327927
2017	186212.4	7,596.40	4,261	10,089	6393824
2018	179107	7,060.30	-	8,918	6460411

Fuente: Anuario de Estadísticas Macroeconómicas 2018 (BCD), pág.8 y 30.

Anuario de Aforos de Tráfico 2018 (MTI), Pág. 105 y 110.

Anuario Estadístico 2018 (MTI), Pág. 30

Para elaborar las rectas de regresión, se aplica el logaritmo neperiano a los datos de la Tabla N°6, calculando así el coeficiente de correlación de las variables, del cual se seleccionará la correlación más cercana al 100%, para analizar las tasas de crecimiento. Ver Tabla N °7, en la página siguiente.

A continuación, se analizará la correlación de los datos de cada variable con respecto al tiempo, utilizando líneas de tendencias, la cual nos dará un porcentaje de correlación y una tasa de crecimiento, haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$Y = mx + b \quad \text{Ecuación. 3}$$

Donde:

Y: Variable dependiente.

m: Pendiente de la recta (tasa de crecimiento de la variable).

b: Es el intersepto en la ordenada.

Tabla N°7: Logaritmos naturales de datos históricos.

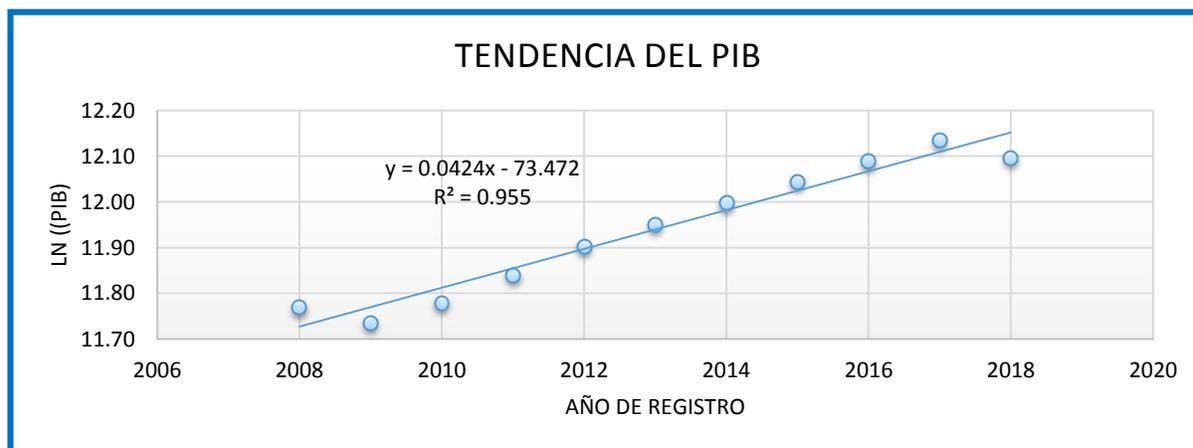
LOGARITMOS NATURALES DE REGISTROS HISTORICOS DEL PIB, Combustible, TPDA y POB.					
AÑO	PIB (Millones de C\$ constante)	Consumo Nac. Combustible (miles barriles)	TPDA ECD 108	TPDA EMC 200	Población
2008	11.77	8.49	8.18	8.68	15.55
2009	11.74	8.50		8.76	15.56
2010	11.78	8.55	8.19	8.77	15.58
2011	11.84	8.59		8.77	15.61
2012	11.90	8.63	8.31	8.83	15.62
2013	11.95	8.66		8.96	15.63
2014	12.00	8.72		8.96	15.64
2015	12.04	8.84	8.48	9.07	15.65
2016	12.09	8.89		9.16	15.66
2017	12.13	8.94	8.36	9.22	15.67
2018	12.10	8.86		9.10	15.68

Fuente: Elaboración propia (2019).

A continuación, se presentan las líneas de tendencias de las variables relacionadas al tránsito con respecto al tiempo.

2.1.6.1. Líneas de tendencia para cada variable.

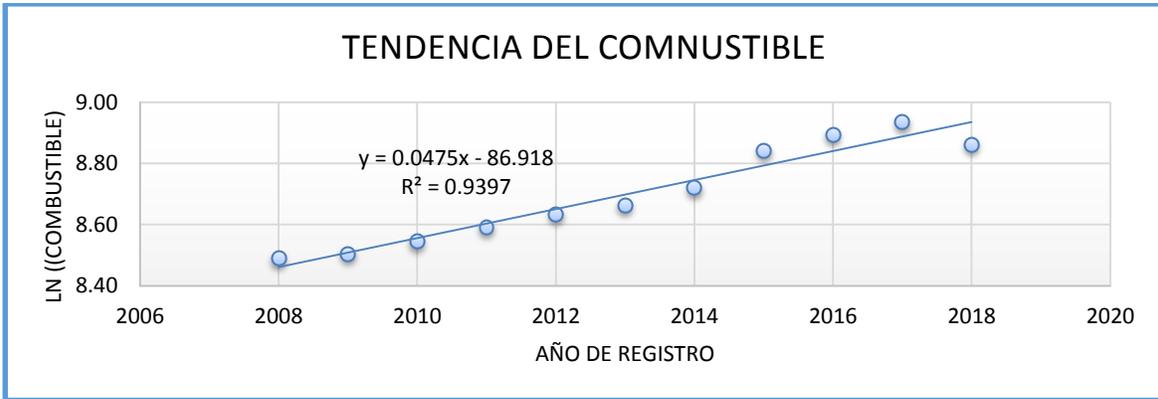
Gráfico N°4: tendencia del Producto Interno Bruto (PIB).



Fuente: Elaboración propia (2019).

De acuerdo a la gráfica N°4, en la página anterior el PIB tiene un coeficiente de correlación $R^2=0.955$, es decir una correlación excelente del 95.5%, y presenta una tasa de crecimiento promedio del 4.24% anual, este valor se obtiene de la ecuación de la recta ($y=mx+b$) y corresponde al valor de la pendiente (m).

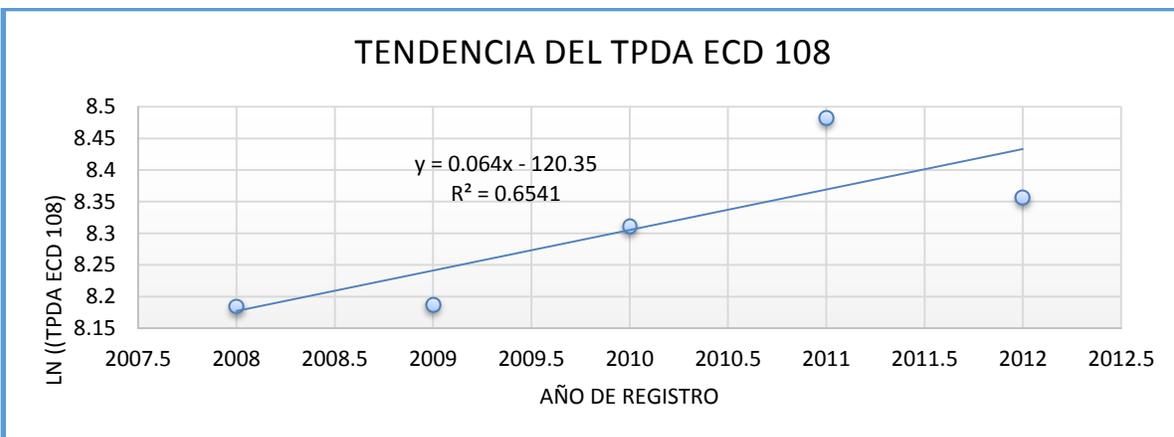
Gráfico N°5: tendencia del consumo de combustible.



Fuente: Elaboración propia (2019).

Mediante los datos históricos proporcionados por el anuario de Aforos de Tráfico 2018 del MTI, el consumo de combustible a nivel nacional tiene un coeficiente de correlación $R^2=0.9397$ es decir una correlación excelente del 93.97%, y presenta una tasa de crecimiento promedio del 4.75% anual.

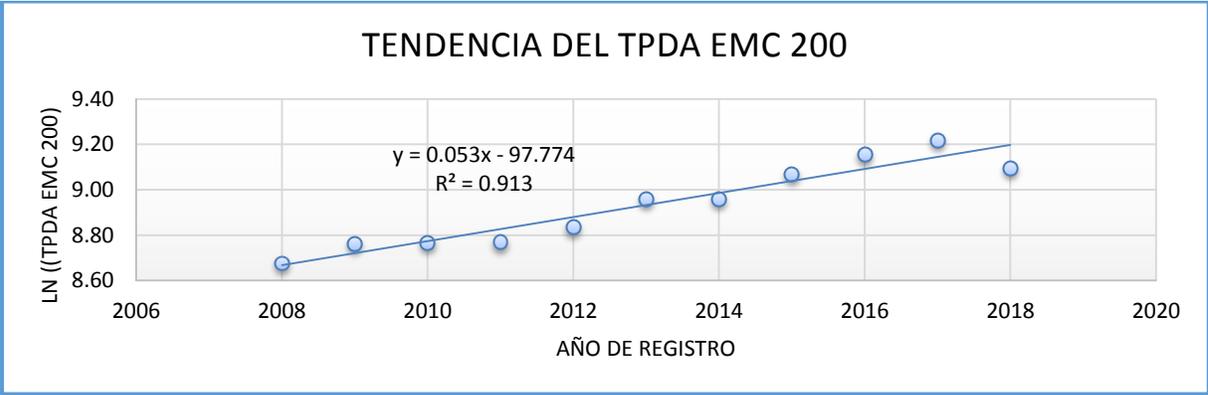
Gráfico N°6: Línea de tendencia del TPDA de Estación de Corta Duración (ECD 108).



Fuente: Elaboración propia (2019).

Mediante los datos históricos proporcionados por el anuario de Aforos de Tráfico 2018 del MTI, Los datos del TPDA de la Estación de Corta Duración ECD 108 tienen un coeficiente de correlación $R^2=0.6541$, es decir una correlación del 65.41%, y presenta una tasa de crecimiento promedio del 6.4% anual.

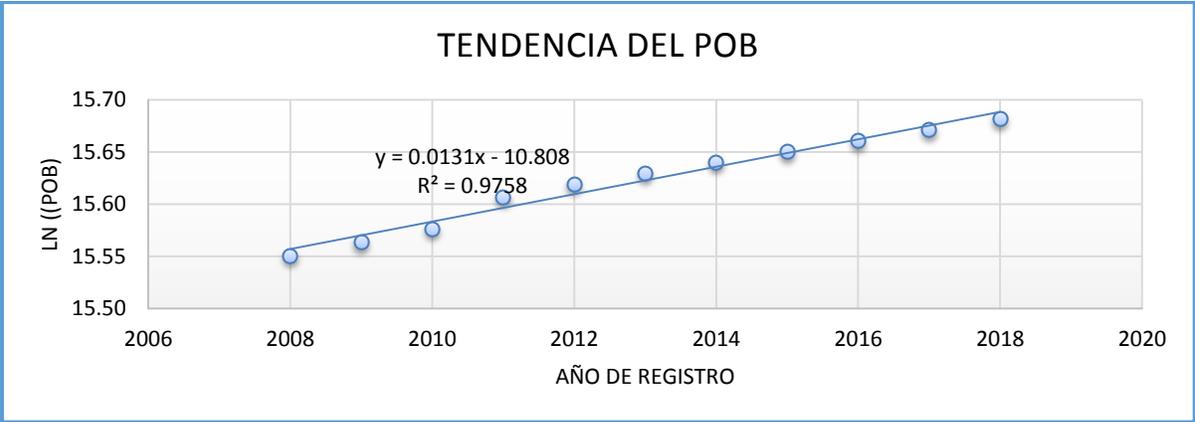
Gráfico N°7: Línea de tendencia del TPDA de la Estación de Mayor Cobertura (EMC 200).



Fuente: Elaboración propia (2019).

Mediante los datos históricos proporcionados por el anuario de Aforos de Tráfico 2018 del MTI, los datos del TPDA de la Estación de Mayor Cobertura (EMC 200) tienen un coeficiente de correlación $R^2=0.913$, es decir una correlación excelente del 91.3%, y presenta una tasa de crecimiento promedio del 5.3 anual.

Gráfico N°8: Línea de tendencia del crecimiento poblacional (POB).

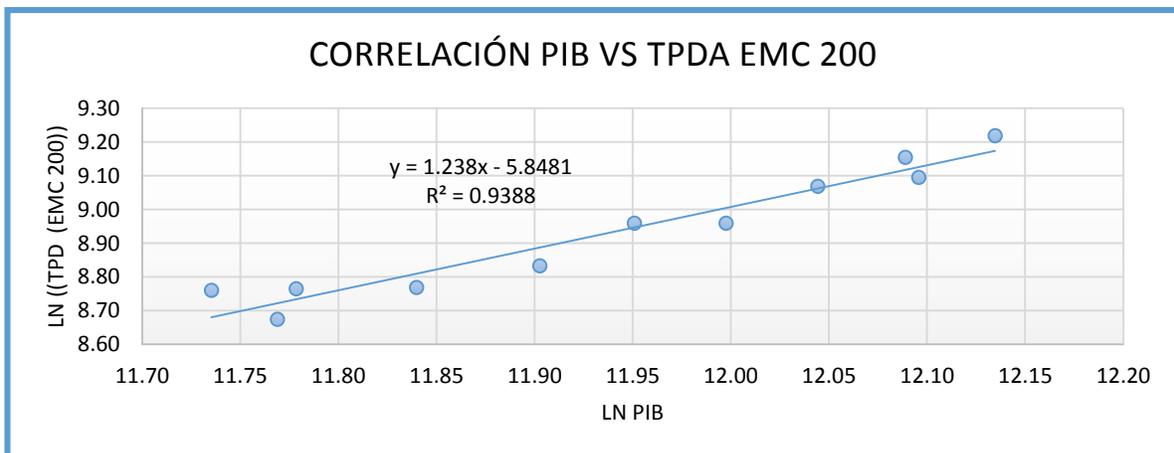


Fuente: Elaboración propia (2019).

Para la tasa de crecimiento correspondiente a la población, se aplicaron los datos proporcionados por el Anuario Estadístico 2018 (INDE), del cual el crecimiento poblacional tienen un coeficiente de correlación $R^2=0.9758$, es decir una correlación excelente de 97.58% y presenta una tasa de crecimiento promedio de 1.31% anual.

Después que hemos analizado que existen valores muy altos de correlación para cada variable con relación al factor tiempo, se analizará la correlación combinada de los datos con respecto al crecimiento del PIB, de esta manera se examinará si dichas variables poseen un buen coeficiente de correlación, y así proyectar el tránsito final en base a la “Tasa de Crecimiento”.

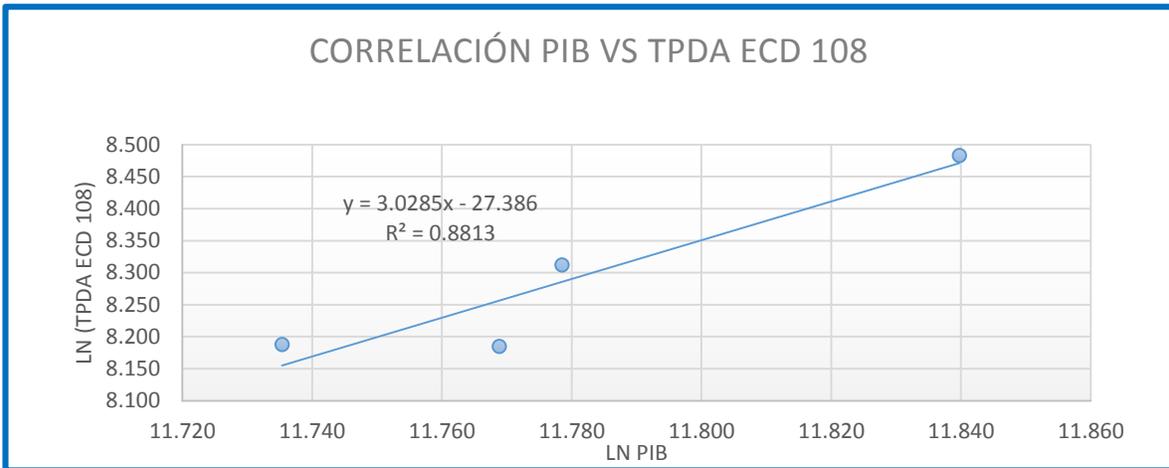
Gráfico N°9: Línea de tendencia del PIB Vs TPDA EMC-200.



Fuente: Elaboración propia (2019).

Como resultado de la gráfica N°9 se encontró una correlación entre el PIB y el TPDA 200 $R^2= 0.9388$ es decir del 93.8 %, lo que indica que ambas variables están muy relacionadas.

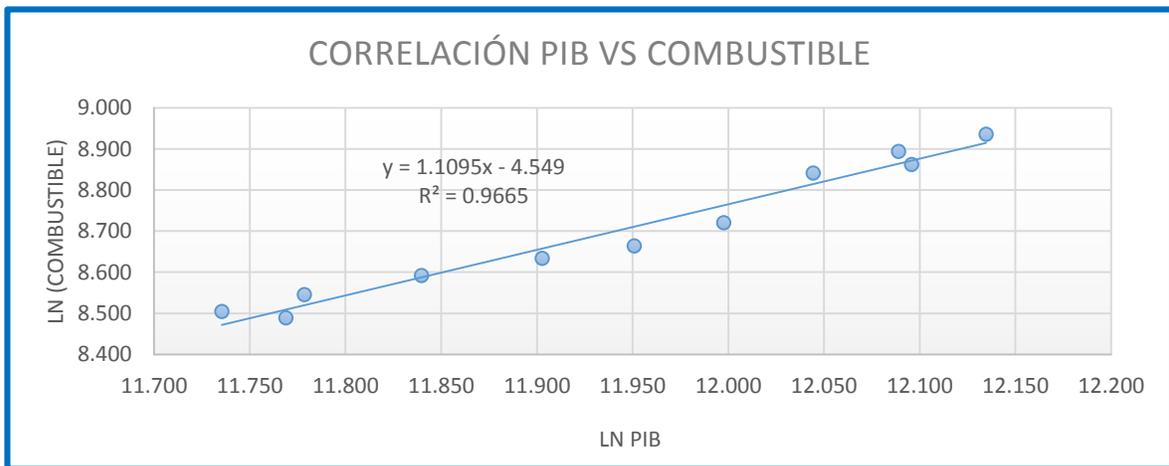
Gráfico N°10: Línea de tendencia del PIB Vs TPDA ECD-108.



Fuente: Elaboración propia (2019).

Se encontró una correlación entre el PIB y el TPDA ECD 108 siendo está bastante baja con un $R^2 = 0.8833$ es decir de 88.13 %.

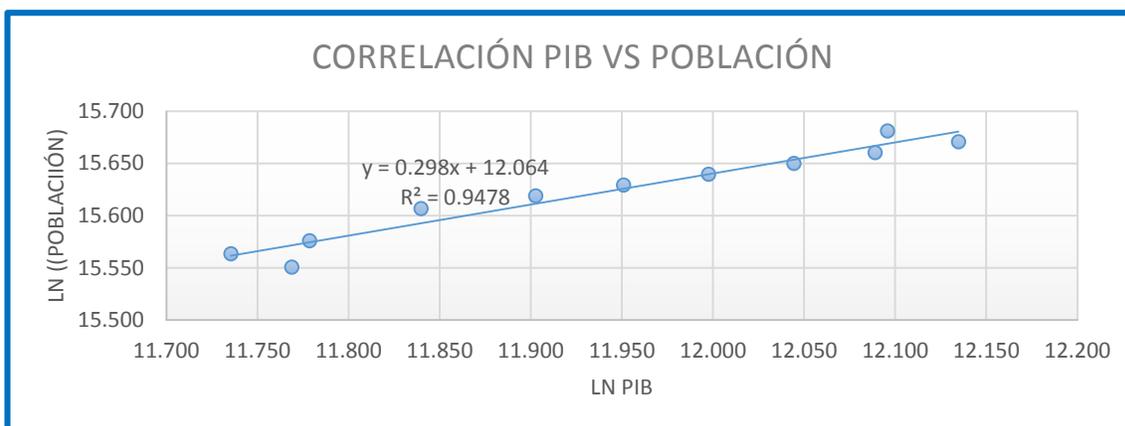
Gráfico N°11: Línea de tendencia del PIB Vs Combustible.



Fuente: Elaboración propia (2019).

También se correlacionó el PIB y el consumo de combustible, obteniendo como resultado una correlación de 96.65%. Lo que indica que tiene una correlación fuerte entre sí.

Gráfico N°12: Línea de tendencia del PIB Vs Población.



Fuente: Elaboración propia (2019).

Se encontró una correlación entre el PIB y la Población de $R^2 = 0.9478$ lo que indica un porcentaje bastante alto con el 94.78%.

A continuación se muestran las tasas obtenidas de cada variable de acuerdo a los gráficos mostrados anteriormente.

Tabla N°8: Tasa de crecimiento para cada variable.

VARIABLE	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	TASA DE CRECIMIENTO
PIB	95.50%	4.24%
Consumo combustible	93.97%	4.75%
TPDA EMC 200	91.30%	5.30%
TPDA ECD 108	65.41%	6.40%
Población	97.58%	1.31%

Fuente: Elaboración propia (2019).

Como puede observarse en la Tabla N°8, las tasas de crecimiento obtenidas varían considerablemente. Las tasas presentan valores muy altos ya que corresponden a una vía clasificada como Colectora Principal, en cambio para el tramo en estudio se esperan volúmenes de tránsito menores, por lo que no es recomendable usar estas tasas de crecimiento.

Según consulta realizada en el MTI con especialistas de la Dirección General de Planificación, indican que para este caso puede hacerse la proyección del tránsito utilizando el promedio de las tasas del PIB, Consumo de Combustible y Población. De esta manera se utilizará una Tasa de Crecimiento de 3.43%.

2.1.7. Período de diseño.

El periodo de diseño indica el tiempo para el que estará diseñado el pavimento. Este varía dependiendo del tipo de carretera, en este caso nuestro proyecto tiene una clasificación funcional de colectora rural por su ubicación geográfica que comunica con centros rurales y generadores de tráfico menores, en dependencia de esto se eligió un periodo de diseño de N = 10 años.

Tabla N°9: Período de diseño (N), según tipo de tramo.

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

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

2.1.7.1. Proyección del Tránsito.

A continuación mostraremos la proyección del tránsito esperado, para un tiempo de 10 años de acuerdo al periodo de diseño.

La proyección del tránsito está definida por la siguiente ecuación.

$$T_n = T_o * (1 + i)^n \quad \text{Ecuación. 4}$$

Donde:

Tn: Cantidad de vehículos para el año estimado (2029).

To: Tránsito en el año cero (2029).

i: Tasa de crecimiento anual.

n: Cantidad de años.

A continuación, tabla con los cálculos de la proyección de tránsito.

Tabla N°10: Proyección del tránsito para el año 2029.

Año	Número	Moto	Veh. de Pasajeros						Veh. Pesados de Carga			Otros	Total
			Autos	Jeep	Camioneta	Mc bus < 15 s	Mn bus 15 - 30 s	Bus 30 + s	Liv. 2 - 5 t	C2 5 + t	C3		
2019	0	28	21	15	34	6	9	5	9	7	3	3	140
2020	1	29	22	16	36	7	10	6	10	8	4	4	152
2021	2	30	23	17	37	7	10	6	10	8	4	4	156
2022	3	31	24	17	38	7	10	6	10	8	4	4	159
2023	4	33	25	18	39	7	11	6	11	9	4	4	167
2024	5	34	25	18	41	8	11	6	11	9	4	4	171
2025	6	35	26	19	42	8	12	7	12	9	4	4	178
2026	7	36	27	19	44	8	12	7	12	9	4	4	182
2027	8	37	28	20	45	8	12	7	12	10	4	4	187
2028	9	38	29	21	47	9	13	7	13	10	5	5	197
2029	10	40	30	22	48	9	13	8	13	10	5	5	203

Fuente: Elaboración propia (2019).

Como resultado del tránsito Promedio Diario Anual proyectado para el año 2029, obtenemos 203 vehículos/día.

2.1.7.2. Factor de distribución por dirección.

La relación que existe entre la cantidad de vehículos y el sentido de circulación es el parámetro cuantificado como factor distribución. Este valor resultó del estudio de tránsito (conteo), es la relación entre la cantidad de vehículos que viajan en una dirección y la cantidad de vehículos que viajan en la dirección opuesta, se consideró la condición ideal para vías de dos carriles en ambas direcciones; asignando el valor de 0.5 es decir el 50% de los vehículos, para el tramo en estudio. Según tabla N° 11.

Tabla N°11: Factor de distribución direccional.

Número de carriles en ambas direcciones	Factor Direccional (FD) %
2	50
4	45
6 ó más	40

Fuente: Manual Centroamericano para Diseños de Pavimentos, SIECA 2002. Cap.3, pág.29.

2.1.7.3. Factor Distribución Por Carril (FC).

Es la relación que existe en la distribución del tráfico cuando dos o más carriles son usados en una sola dirección. La vía en estudio será diseñada con un carril por sentido por tanto asignamos el valor de 1 seleccionado en la Tabla N°12.

Tabla N°12: Factor de distribución por carril.

Número de carriles en una sola dirección	Factor Carril (FC)
1	1.00
2	0.80 – 1.00
3	0.60 – 0.80
4	0.50 – 0.75

Fuente: Manual Centroamericano para Diseños de Pavimentos, SIECA 2002. Cap.3, pág.29.

2.1.7.4. Factor de crecimiento.

Este está en dependencia del grado de importancia de la vía, este se muestra en función del periodo de diseño y la tasa de crecimiento anual del tránsito. Haciendo uso de la ecuación 5:

$$F_c = 365 * \frac{(1+i)^n - 1}{i} \quad \text{Ecuación.5}$$

Donde:

F_c: Factor de crecimiento.

i: Tasa de crecimiento (3.43%).

n: Periodo de diseño.

$$F_c = 365 * \frac{(1 + 0.0343)^{20} - 1}{0.0343} = 4268.79$$

2.1.7.5. Tránsito de diseño.

Con el propósito de convertir el volumen de tráfico obtenido de los aforos vehiculares se estimara el tráfico de diseño. En base a los datos anteriormente definidos se realizó la determinación del Tránsito de Diseño (TD), para cada eje y tipo de vehículos (Ver anexo Tabla N° 64, Pág. XI. Imagen N°36, Pág. XIII), tal como se muestra en la Tabla N° 13, pág.29.

$$T_D = TPDA * F_c * F_D * F_{carril} \quad \text{Ecuación.6}$$

Donde:

T_D: Tránsito de Diseño.

F_c: Factor de Crecimiento.

F_D: Factor de Distribución direccional.

F_{carril}: Factor de distribución por carril.

2.1.7.6. Factor ESAL.

Para el cálculo del factor ESAL, se utilizan las tablas presentadas en el Apéndice D de la normativa AASHTO- 93 en donde se muestran la carga en kilo libras y kilo Newton para ejes sencillos y dobles respectivamente, en función al número estructuras a utilizar y el índice de serviciabilidad final, cabe mencionar que, si los pesos utilizados según el tipo de vehículo no se encuentran en las tablas de referencia, el valor debe interpolarse. (Ver Anexo Tabla N°65, 66. Pág. XIV, XV).

2.1.7.6.1. Ejes equivalentes (ESAL's).

El ESAL de diseño, se define como la transformación de los ejes mixtos de tráfico que circulan en una vía a una cantidad equivalente de ejes cuyo peso es de 18 kilo libras en el carril de diseño durante la vida útil del pavimento. El ESAL de diseño se obtiene mediante la siguiente ecuación.

$$ESAL_{Diseño} = T_D * F_{ESAL} \quad \text{Ecuación.7}$$

Donde:

ESAL_{Diseño}: Cantidad de ejes equivalentes de 18 kilolibras.

T_D: Tránsito de Diseño.

F_{ESAL}: Factor ESAL, según AASHTO 93.

El cálculo del ESAL o W18 se muestra a continuación, en la Tabla N° 13. Pág.29.

Tabla N°13: Cálculo ESAL'S del Carril de Diseño.

Periodo de Diseño: 10 años				Número Estructural (SN): 5			Índice de Serviciabilidad (Pt): 2				
Tipo de Vehículo	Vehículo	Peso por Eje (Kip)	Tipo de Eje	Tránsito Actual	Factor de Crecimiento (F.C)	Factor Direccional (F.D)	Factor de Carril (F.C)	Tránsito de Diseño (T.D)	Tránsito de Diseño corregido	Factor ESAL's	ESAL's de Diseño
Vehículos de pasajeros	Autos	2.2	Simple	21	4,268.79	0.5	1	44,822.29	44,823	0.00038	17
		2.2	Simple	21	4,268.79	0.5	1	44,822.29	44,823	0.00038	17
	Jeep	2.2	Simple	15	4,268.79	0.5	1	32,015.92	32,016	0.00038	12
		2.2	Simple	15	4,268.79	0.5	1	32,015.92	32,016	0.00038	12
	Camionetas	2.2	Simple	34	4,268.79	0.5	1	72,569.42	72,570	0.00038	28
		4.4	Simple	34	4,268.79	0.5	1	72,569.42	72,570	0.0034	247
	McBus<15 pas	4.4	Simple	6	4,268.79	0.5	1	12,806.37	12,807	0.0034	44
		8.8	Simple	6	4,268.79	0.5	1	12,806.37	12,807	0.3346	4,285
	MnBus 15-30 pas	8.8	Simple	9	4,268.79	0.5	1	19,209.55	19,210	0.3346	6,428
		17.6	Simple	9	4,268.79	0.5	1	19,209.55	19,210	0.9206	17,685
Bus 30 + s		11	Simple	5	4,268.79	0.5	1	10,671.97	10,672	0.482	5,144
	22	Tándem	5	4,268.79	0.5	1	10,671.97	10,672	2.35	25,079	
Vehículos pesados de carga	Liv. 2 - 5 t	8.8	Simple	6	4,268.79	0.5	1	12,806.37	12,807	0.3346	4,285
		17.6	Simple	6	4,268.79	0.5	1	12,806.37	12,807	0.9206	11,790
	C2 5 +ton	11	Simple	7	4,268.79	0.5	1	14,940.76	14,941	0.3346	4,999
		22	Simple	7	4,268.79	0.5	1	14,940.76	14,941	2.35	35,111
	C3	11	Simple	3	4,268.79	0.5	1	6,403.18	6,404	0.3346	2,143
		36.3	Tándem	3	4,268.79	0.5	1	6,403.18	6,404	1.4325	9,174
ESAL's por carril de tránsito										126,499.44	

Fuente: Elaboración propia (2019).

Para el Tramo Rancho de Don Luis – Hotel Marduk Gardens se obtuvo un ESAL de 126,499.44 repeticiones equivalentes a 18 Kips o 80 KN acumuladas en un periodo de diseño de 10 años.

CAPÍTULO III.

ESTUDIO DE SUELO



3.1. Estudio geotécnico.

Se realizó con el fin de analizar las propiedades físico-mecánicas del banco de materiales y de los suelos existentes a lo largo de la vía con la finalidad de obtener el CBR de diseño de la sub-rasante.

Los ensayos de laboratorio y caracterización física de los suelos fueron proporcionados por la Alcaldía Municipal de San Nicolás en colaboración con COSUDE, de un estudio realizado por el laboratorio de la UNI-RUACS.

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

Tabla N°14: Ensayos de laboratorios para estudios de suelos.

Ensayo	Especificación	Especificación
	ASTM	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, Tercera Edición. Año 2003. Pág. 53-85.

3.1.1. Ensayos de Suelos en Línea.

Según los estudios de suelos brindados por la alcaldía, se tomaron muestras representativas alternadas (izquierda-centro-derecha) dentro de la faja del camino, a una distancia de 100 metros. Con una profundidad de hasta 1.5 metros, dicho procedimiento se inició en la estación 0+000 (inicio del tramo) hasta la estación 1+186 (fin del tramo). Se efectuaron 13 sondeos manuales en la línea del camino (Ver Tabla N° 15, Pág.31).

Tabla N°15: Coordenadas Geográficas para cada Sondeo en el Tramo de Estudio.

Sondeos Estación	Banda	Coordenadas UTM16-WGS84			Clasificación AASHTO		
		X	Y	Z	Estrato N° 1	Estrato N° 2	Estrato N° 3
S1-0+000	Derecha	571494.00	1431904	1328.94	A-2-4 (0)	A-2-7 (0)	A-7-5 (19)
S2-0+100	Centro	571428.87	1431982.7	1330.048	A-2-4 (0)	A-2-7 (0)	A-7-5 (9)
S3-0+200	Centro	571367.71	1432059.59	1330.394	A-2-4 (0)	A-2-7 (0)	-
S4-0+300	Centro	571303.88	1432137.58	1330.016	A-2-4 (0)	A-7-5 (14)	-
S5-0+400	Derecha	571241.72	1432214.27	1328.773	A-2-4 (0)	A-2-6 (0)	A-7-5 (9)
S6-0+500	Izquierda	571173.44	1432288.09	1327.529	A-2-4 (0)	A-2-6 (0)	A-2-7 (2)
S7-0+600	Izquierda	571086.74	1432333.80	1326.286	A-2-4 (0)	A-2-6 (0)	-
S8-0+700	Derecha	570992.87	1432363.33	1325.512	A-2-4 (0)	A-2-7 (0)	A-7-5 (8)
S9-0+800	Derecha	570893.21	1432372.57	1325.343	A-2-4 (0)	A-7-5 (16)	-
S10- 0+900	Derecha	570803.90	1432411.52	1324.617	A-2-4 (0)	A-2-6 (0)	-
S11-1+000	Derecha	570725.86	1432473.48	1322.001	A-2-6 (0)	A-2-7 (0)	-
S12-1+100	Derecha	570645.92	1432531.92	1321.516	A-2-6 (0)	A-2-7 (0)	A-7-5 (7)
S13-1+186	Derecha	570579.44	1432583.98	1325.697	A-2-6 (0)	A-2-7 (0)	A-7-5 (7)

Fuente: Elaboración Propia (2019).

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

A continuación, se presenta el tipo de suelo para cada uno de los estratos del tramo en estudio, según los resultados de clasificación obtenidos en los sondeos manuales realizados por el laboratorio: (ver Anexo Tabla N°67, Pág. XVI).

3.1.2.1. Sondeos Sm1 – Sm4.

En el primer estrato desde la estación inicial 0+000, sondeo (Sm1) hasta la estación 0+300 sondeo (Sm4), (Ver Tabla N°15, Pág. 35), se encontró suelo A-2-4 (0) con índice de grupo cero. Este suelo se encontró a una profundidad que varía entre 0 a 30 cm. Este material está tipificado según la clasificación de la AASHTO como un suelo con alto contenido de finos, catalogado como un material de regular calidad, posee un límite líquido de 28 a 30 %, límite plástico de 18 a 20 %, su índice de plasticidad del 10 %.

En el segundo estrato se encontraron dos tipos de suelo, predominando el A-2-7 (0) con índice de grupo de cero. Este suelo se encuentra a una profundidad de 21 a 115 cm. Catalogado según la clasificación de la AASHTO como un suelo de mala calidad, este se encuentra dentro del grupo A-2. Su límite líquido va de 46 a 49 %, su índice de plasticidad va de 18 a 24 %.

En el tercer estrato se encontró suelo A-7-5 con índice de grupo nueve, catorce y diecinueve. Este suelo se encontró a una profundidad de 50 a 150 cm. Catalogado según la clasificación de la AASHTO como una arcilla elástiplástica moderada, este se encuentra dentro del grupo A-7. Su límite líquido va de 48 a 69 %, su índice de plasticidad va de 18 a 28 %. En los sondeos (Sm2 y Sm3) de las estaciones 0+100 y 0+200, en este estrato se encontró roca. (Ver Tabla N°16, Pág. 35).

3.1.2.2. Sondeos Sm5 – Sm9.

En el primer estrato, se encontraron dos tipos de suelo el A-2-4 (0) y suelo A-2-6 (0) ambos con índice de grupo cero. Predominando el A-2-4 (0), a una profundidad que varía entre 0 a 30 cm. Este material está según la clasificación de la AASHTO como

un suelo con alto contenido de finos, arena limosa, posee un límite líquido de 26 a 36 %, límite plástico de 16 a 29 %, su índice de plasticidad de 7 a 10 %.

En el segundo estrato se encontraron suelo A-2-6 (0) y A-2-7 (0) con índice de grupo de cero. Con mayor presencia el suelo A-2-6 (0), este suelo se encuentra a una profundidad de 30 a 105 cm. Catalogado según la clasificación de la AASHTO como un suelo de regular a deficiente calidad, este se encuentra dentro del grupo A-2. Su límite líquido va de 29 a 39 %, límite plástico de 14 a 26 %, su índice de plasticidad va de 18 a 24 %.

Particularmente en el sondeo (Sm-9) el suelo encontrado fue A-7-5 (0) índice de grupo cero, con profundidad de 25 a 150 cm. Clasificado como un suelo de muy mala calidad, con un límite líquido de 65%, límite plástico de 14 a 26 %, su índice de plasticidad de 41%.

En el tercer estrato se encontró suelo A-7-5 y A- 2-7. Teniendo mayor presencia el A-7-5, se encontró a una profundidad de 68 a 150 cm. Catalogado según la clasificación de la AASHTO como un material de muy mala calidad, este se encuentra dentro del grupo A-7. Su límite líquido va de 52 a 65 %, límite plástico de 32 a 41 %. En los sondeos (Sm5 y Sm7) de las estaciones 0+400 y 0+600, en este estrato se encontró roca. (Ver Tabla N°17, Pág. 36).

3.1.2.3. Sondeos Sm10 – Sm13.

En el primer estrato, se encontraron dos tipos de suelo el A-2-4 (0) y suelo A-2-6 (0) ambos con índice de grupo cero. Predominando el A-2-6 (0), a una profundidad que varía entre 0 a 35 cm. Este material está según la clasificación de la AASHTO como un suelo regular a deficiente, posee un límite líquido de 36 a 38 %, límite plástico de 21 a 24 %, su índice de plasticidad de 12 a 17 %.

En el segundo estrato se encontraron suelo A-2-6 (0) y A-2-7 (0) con índice de grupo de cero. Con mayor presencia el suelo A-2-7 (0), este suelo se encuentra a una

profundidad de 27 a 150 cm. Catalogado según la clasificación de la AASHTO como un suelo de mala calidad, este se encuentra dentro del grupo A-2. Su límite líquido de 47 %, límite plástico de 22 a 29 %, su índice de plasticidad va de 18 a 25 %. En el sondeo (Sm10), a los 125 cm de profundidad, se encontró roca. (Ver Tabla N°18, Pág. 37).

En el tercer estrato se encontró suelo A-7-5 (7) índice de grupo siete, correspondiente al sondeo Sm13, profundidad de 105 a 150 cm. Catalogado según la clasificación de la AASHTO como un material de muy mala calidad, este se encuentra dentro del grupo A-7. Su límite líquido de 48 %, límite plástico de 33%, su índice de plasticidad de 15%. (Ver Tabla N°18, Pág. 37).

En base a lo descrito anteriormente, predominan los suelos: A-2-4, A-2-6, A-2-7, A-7-5; que son suelos de baja resistencia con calidad de regular a deficiente, con límites líquidos, índices de plasticidad altos de acuerdo a la clasificación y características físicas y mecánicas según las AASHTO.

Tabla N°16: Granulometría en muestras de sondeos sm-1 al sm-5.

Sondeo N°	Muestra N°	Profundidad (metros)	% Que Pasa por el Tamiz										L.L. (%)	I.P. (%)	Clasificación	
			2"	1 ½"	1"	¾"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200			SUCS	AASHTO
Sm - 1																
Sm - 1	1	0.00 - 0.28	100	98	87	70	65	48	37	29	20	13	30	10	GW-GM	A-2-4 (0)
	2	0.28 - 0.52	87	73	59	47	40	28	19	15	12	9	47	18	GM	A-2-7 (0)
	3	0.52 - 1.50							100	99	95	93	69	28	MH	A-7-5 (19)
Sm - 2																
Sm - 2	1	0.00 - 0.24	100	98	87	70	65	48	37	29	20	13	30	10	GW-GM	A-2-4 (0)
	2	0.24 - 0.60	100	91	76	63	54	34	23	18	13	9	49	24	GM	A-2-7 (0)
	3	0.60 - 1.10							100	96	83	59	48	18	GM	A-7-5 (9)
		-	ROCA												-	-
Sm - 3																
Sm - 3	1	0.00 - 0.21	86	73	68	50	45	35	27	20	12	8	28	10	GW-GM	A-2-4 (0)
	2	0.21 - 1.15	75	64	54	44	38	31	16	11	7	5	46	19	GM	A-2-7 (0)
		-	ROCA												-	-
Sm - 4																
Sm - 4	1	0.00 - 0.30	100	98	87	70	65	48	37	29	20	13	30	10	GW-GM	A-2-4 (0)
	2	0.30 - 1.50	100	100	100	100	100	100	100	94	82	66	58	23	MH	A-7-5 (14)
Sm - 5																
Sm - 5	1	0.00 - 0.30	100	100	100	98	97	94	85	73	36	25	36	7	GW-GM	A-2-4 (0)
	2	0.30 - 0.68	100	93	86	79	53	44	33	25	19	13	39	13	GM	A-2-6 (0)
	3	0.68 - 1.30	100	100	100	100	98	93	72	67	58	48	65	24	MH	A-7-5 (9)
		-	ROCA												-	-
OBSERVACIONES:																
L.L. : Límite Líquido I.P. : Índice Plástico I.G. : Índice de Grupo N.P. : Suelo No Plástico																

Fuente: Laboratorio UNI-RUACS. Alcaldía Municipal de San Nicolás.

Tabla N°17: Granulometría en muestras de sondeos sm-6 al sm-9.

Sondeo N°	Muestra N°	Profundidad (metros)	% Que Pasa por el Tamiz										L.L. (%)	I.P. (%)	Clasificación	
			2"	1 ½"	1"	¾"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200			SUCS	AASHTO
			Sm - 6													
Sm - 6	1	0.00 - 0.21	100	98	87	70	65	48	37	29	20	13	30	10	GW-GM	A-2-4 (0)
	2	0.21 - 0.90	94	78	71	62	57	47	26	18	12	8	36	12	GM	A-2-6 (0)
	3	0.90 - 1.50	90	86	80	77	72	67	52	45	36	32	51	19	GM	A-2-7 (2)
			Sm - 7													
Sm - 7	1	0.00 - 0.30	100	95	86	68	63	44	33	37	17	11	28	10	GW-GM	A-2-4 (0)
	2	0.30 - 1.05	93	85	70	56	50	37	27	21	13	9	29	15	ML	A-2-6 (0)
			Sm - 8													
Sm - 8	1	0.00 - 0.26	100	95	87	73	63	43	30	22	13	8	26	10	GW-GM	A-2-4 (0)
	2	0.26 - 0.71	90	84	57	41	33	20	12	9	7	6	44	23	ML	A-2-7 (0)
	3	0.71 - 1.50	100	100	100	100	96	94	71	67	57	52	58	19	ML	A-7-5 (8)
			Sm - 9													
Sm - 9	1	0.00 - 0.25	100	98	87	70	65	48	37	29	20	13	30	10	GW-GM	A-2-4 (0)
	2	0.25 - 1.50	100	100	100	100	100	100	100	94	82	66	52	20	MH	A-7-5 (16)
OBSERVACIONES:																
L.L. : Límite Líquido I.P. : Índice Plástico I.G. : Índice de Grupo N.P. : Suelo No Plástico																

Fuente: Laboratorio UNI-RUACS. Alcaldía Municipal de San Nicolás.

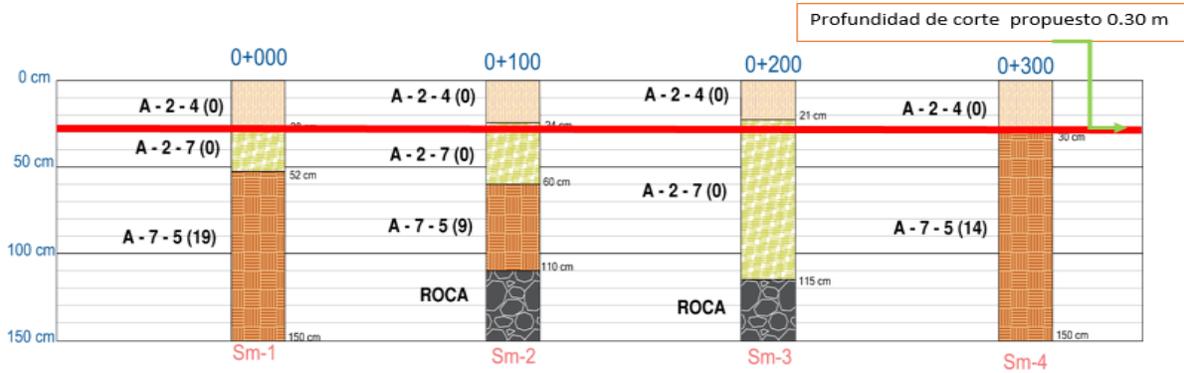
Tabla N°18: Granulometría en muestras de sondeos sm-10 al sm-13.

Sondeo N°	Muestra N°	Profundidad (metros)	% Que Pasa por el Tamiz										L.L. (%)	I.P. (%)	Clasificación	
			2"	1 ½"	1"	¾"	1/2"	3/8"	N°4	N°10	N°40	N°200			SUCS	AASHTO
Sm - 10																
Sm - 10	1	0.00 - 0.15	100	99	88	77	67	53	40	32	22	15	28	10	GW-GM	A-2-4 (0)
	2	0.15 - 1.25	94	78	71	62	57	47	26	18	12	8	36	12	ML	A-2-6 (0)
ROCA-																
Sm - 11																
Sm - 11	1	0.00 - 0.35	100	100	100	100	100	100	100	94	54	22	39	15	GM	A-2-6 (0)
	2	0.35 - 1.50	94	87	60	42	36	22	13	11	8	6	47	25	GM	A-2-7 (0)
Sm - 12																
Sm - 12	1	0.00 - 0.32	100	100	100	100	100	100	100	93	49	18	38	17	GM	A-2-6 (0)
	2	0.32 - 1.05	87	73	59	47	40	28	19	15	12	9	47	18	GM	A-2-7 (0)
	3	1.05 - 1.50	100	100	100	100	100	100	100	96	81	57	48	15	MH	A-7-5 (7)
Sm - 13																
Sm - 13	1	0.00 - 0.27	100	98	85	67	58	42	29	22	15	10	31	13	GM	A-2-6 (0)
	2	0.27 - 1.20	100	100	96	95	92	82	63	53	39	28	45	21	GM	A-2-7 (0)
	3	1.20 - 1.50	100	100	100	100	100	100	100	97	82	61	45	13	MH	A-7-5 (7)
OBSERVACIONES:																
L.L. : Límite Líquido I.P. : Índice Plástico I.G. : Índice de Grupo N.P. : Suelo No Plástico																

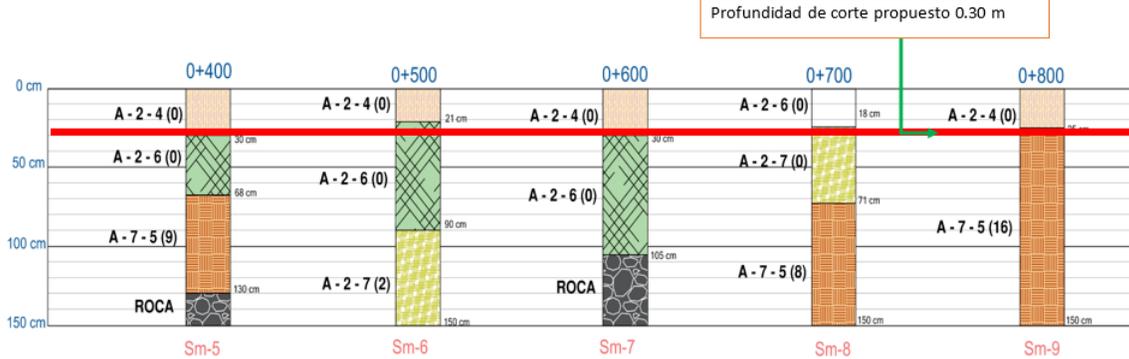
Fuente: Laboratorio UNI-RUACS. Alcaldía Municipal de San Nicolás.

Imagen N°2: Tipos de suelos por estrato.

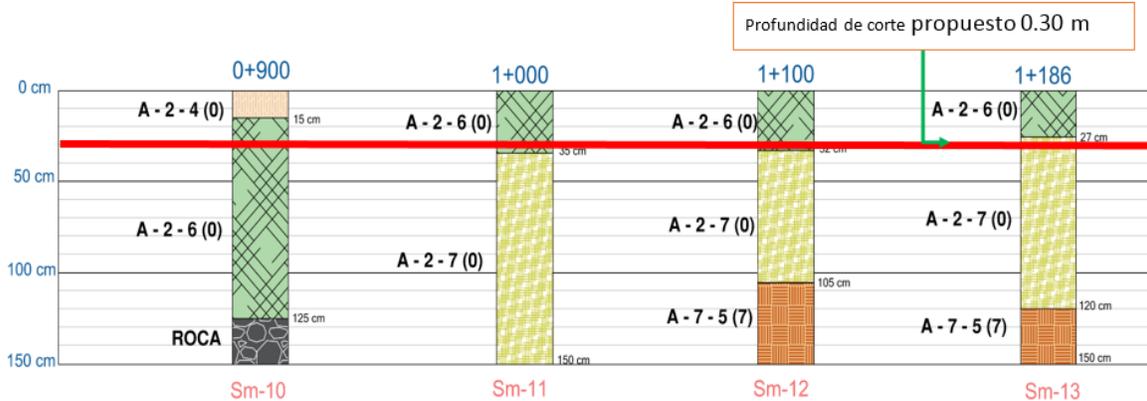
ESTRATIGRAFÍA (EST. 0+000- 0+300)



ESTRATIGRAFÍA (EST. 0+400- 0+800)



ESTRATIGRAFÍA (EST. 1+000- 1+900)



Fuente: Elaboración propia (2019).

En la sección 203 página 107 del manual para la construcción de caminos NIC 2000 indica cortes hasta 30 centímetros de profundidad, dados los cálculos de espesores de pavimento obtenemos que estamos dentro del rango permitido.

3.2.1. Resultados de Ensayos a Bancos de Préstamo.

En base en los reportes técnicos de campo y los resultados de laboratorios suministrados por la Alcaldía de San Nicolás, se analizaron dos Bancos de préstamo identificados a lo largo del tramo en estudio; para así poder conocer la función que pueden desempeñar estos, al ser usados ya sea como material base o sub-base, los cuales se presentan a continuación:

Tabla N°19: Bancos de materiales identificados.

CODIGO	Ubicación UTM 16- WGS84	Sitio de Sondeo
Banco de Material N°1	570290.00, 1433691.00	German Cerrato
Banco de Material N°2	0562783, 1426753	Antonio Valdivia

Fuente: Elaboración propia (2019).

Los tipos de ensayos realizados fueron los siguientes:

Análisis granulométrico de los suelos	AASHTO T 27 – 88
Límite líquido de los suelos	AASHTO T 89 – 90
Índice de plasticidad de los suelos	AASHTO T 90 – 97
CBR correlacionado con DCP	ASTM N 6951-03 y AASHTO T 180

3.2.1.1. Sondeo Banco Material N° 1 (German Cerrato).

Para identificar los volúmenes de materiales disponibles con las características geotécnicas adecuadas, se realizaron los estudios de los bancos de materiales para determinar si pueden suplir las necesidades del proyecto en este aspecto.

Se ubica a una distancia de 3.2 Km a partir de la estación (0+000), este se encuentra fuera del tramo, en las coordenadas 570290 E 1433691 N. El propietario de este banco es el Señor German Cerrato. El volumen aproximado de este banco es de 18, 000 m³. Y ya ha sido utilizado. (Ver Anexo Imagen N°36, Pág. XVII).

El material de este banco, se describe como suelo limoso de color marrón. El material clasifica dentro del grupo A-1-a (0) con índice de grupo cero, clasificado según las AASHTO como suelo Excelente a bueno como fragmentos de roca, grava y arena. Esta muestra no posee Índice de Plasticidad y Límite Líquido.

Los materiales obtenidos de los Bancos de Préstamo identificados, de acuerdo con las exploraciones realizadas y a los ensayos de laboratorio efectuados por el laboratorio de la UNI - RUACS, se presentan de manera resumida las siguientes características físicas mecánicas:

Tabla N°20: Resumen de análisis granulométrico del Banco, Material N° 1 (German Cerrato).

Tamaño Tamiz		Especiaciones	Banco de préstamo
Milímetro	Pulgada	% Granulometría	German Cerrato
75	3	100	100
37.5	1.1/2	80-100	86
19	3/4	75-100	75
10	3/8	45-90	61
4.75	No 4	30-75	44
2	No 10	20-50	33
0.425	No 40	8-33	22
0.075	No 200	5-22	14
Limite Liquido		35 Max	
Índice Plasticidad		5 al 12 Max	N.P

Fuente: Laboratorio UNI-RUACS. Alcaldía Municipal de San Nicolás.

Tabla N°21: Características del Banco N° 1 (German Cerrato).

Banco N° 1	Designación
Peso volumétrico SS kg/cm ³	1,081
Peso volumétrico SSM kg/cm ³	1,571
% abundamiento	1.2
Clasificación	A-1-a

SS: Seco Suelto SSM: Seco Suelto Máximo.

Fuente: Elaboración propia (2019).

Tabla N°22: Resultados de CBR Banco de Materiales N° 1 (German Cerrato).

Banco N° 1	CBR %			Densidad relativa
	90%	95%	100%	
Propiedades	40	84	95	4,365.21

Fuente: Elaboración propia (2019).

3.2.1.2. Sondeo Banco Material N° 2 (Antonio Valdivia).

Se ubica a una distancia de 12.1 Km a partir de la estación (0+000), este se encuentra fuera del tramo, en las coordenadas 565365.06 E 1428345.11 N. El propietario de este banco es el Señor Antonio Valdivia. El volumen aproximado de este banco es de 35,000.00 m³. Y ya ha sido utilizado.

El material de este banco, se describe como suelo limoso de color marrón. El material clasifica dentro del grupo A-2-5(0) con índice de grupo cero Clasificado según las AASHTO como suelo excelente a bueno como fragmentos de roca, grava y arena. Esta muestra posee un 9% de Índice de Plasticidad y 62% de Límite Líquido. (Véase Tablas N° 23, 24).

Tabla N°23: Resumen de análisis granulométrico del Banco Material N° 2 (Antonio Valdivia).

Tamaño Tamiz		Especificaciones	Banco de préstamo
Milímetro	Pulgada	% Granulometría	Antonio Valdivia
75	3	100	100
37.5	1.1/2	80-100	100
19	3/4	75-100	100
10	3/8	45-90	100
4.75	No 4	30-75	100
2	No10	20-50	41
0.425	No40	833	35
0.075	No200	522	33
Limite Liquido		35 Max	62
Índice Plasticidad		5 al 12 Max	9

Fuente: Laboratorio UNI-RUACS. Alcaldía Municipal de San Nicolás.

Tabla N°24: Características del Banco N° 2 (Antonio Valdivia).

Banco N° 2	Designación
Peso volumétrico SS kg/cm ³	1,678
Peso volumétrico SSM kg/cm ³	1,741
% abundamiento	1.3
Clasificación	A-2-5

SS: Seco Suelto SSM: Seco Suelto Máximo.

Fuente: Elaboración propia (2019).

3.2.2. Consideraciones para la elección del Banco de Materiales a utilizar.

3.2.2.1. Consideraciones para la Base.

Esta es la capa que se encuentra colocada por debajo de la carpeta de rodamiento, por lo que su ubicación muy cercana a la aplicación de las cargas se requiere materiales de gran calidad y resistencia. (Véase la Tabla N° 25).

Tabla N°25: Especificaciones de materiales empleados en una Base-Granular.

Propiedad	Limites	Norma de Prueba
Límite líquido	25% Máx.	AASHTO T-89
Límite plástico	10% Máx.	AASHTO T-90
C.B.R	80% Mín.	AASHTO T-193
Desgaste de los Ángeles	50% Máx.	AASHTO T-96
Intemperismo Acelerado	12% Máx.	AASHTO T-104
Compactación	95% mín. del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba Próctor modificado.	AASHTO T-191 y/o T-238

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

Tabla N°26: Ensayes adicionales de Bancos de Materiales N° 1 (German Cerrato) y N° 2 (Antonio Valdivia).

Banco	German Cerrato	Antonio Valdivia
Clasificación	A-1-a	A-2-5
% CBR:	al 90% 40	al 90% 36
	al 95% 84	al 95% 52
	al 100% 95	al 100% 74
Ensayes Adicionales		
P.V.S.S. kg/m3:	1,081	1,678
P.V.S.S.M kg/m3:	1,571	1,741
Humedad Optima :	45%	18.5
Desgaste Los Ángeles	21%	29.00%
Próctor :	modificado	modificado
Observaciones: PVSS = Peso Volumétrico Seco Suelto PVSSM = Peso Volumétrico Seco Suelto Máximo		

Fuente: Elaboración propia (2019).

Realizando el análisis de CBR para los dos bancos, se obtiene que: El Banco de Materiales German Cerrato al 95% de proctor modificado es mayor a 80%, que es el mínimo permitido por las especificaciones Nic-2000. Sección: 1003.09 (a y b). 1003.23. II (a). Además se obtuvo un mejor resultado en el desgaste de los ángeles, ensayo de Intemperismo acelerado y con los requisitos de graduación según la sección 1003.10 de la NIC 2000, ver tabla N°27 a continuación.

En este Banco N° 1 (German Cerrato).

Tabla N°27: Requisitos Graduación de Agregados (Banco N° 1, German Cerrato).

Cuadro 1003.10 de NIC 2000, Requisitos graduación de agregados.			
Tamiz (mm)	% que debe pasar por los tamices	Banco N° 1	Valoración
75	100	100	Cumple
4.75	30-70	23	Cumple
0.075	0-15	9	Cumple

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

Tabla N°28: Comparativo de requerimientos. Banco de Materiales N° 1 (German Cerrato).

Prueba	Requerimiento mínimo NIC-2000	Banco N° 1 (German Cerrato)	
		Resultado	Valoración
Graduación	Cuadro 1003.10	Cumple	Cumple
Desgaste Los Ángeles	Máx. 50%	21.00%	Cumple
Índice de plasticidad	Máx. 10%	N.P	Cumple
Para Sub Base CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación	Min. 40%	84%	Cumple
Para Base CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación	Min. 80%	84%	Cumple
Cuadro 1003.10 de NIC 2000, Requisitos graduación de agregados para el mejoramiento de la subrasante			
Tamiz (mm)	% que debe pasar por los tamices	Banco N° 1 (German Cerrato)	
		Resultado	Valoración
75	100	100	Cumple
4.75	30-70	44	Cumple
0.075	0-15	14	Cumple

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

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

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 la variable según las condiciones y debe de cumplir con los requisitos propuestos por las normas NIC. 2000. El banco N°2 (Antonio Valdivia) posee el CBR más bajo que el banco N°1 (German Cerrato) identificado que es de 52%, al 95% próctor modificado, se utilizó para hacer la comparativa con los requerimientos mínimos de la NIC-2000, que debe cumplir un banco para poder utilizarse como sub-base.

Tabla N°29: Requerimientos Mínimos para Capa Sub-Base, Banco de Materiales N° 2 (Antonio Valdivia).

Prueba	Requerimiento mínimo NIC-2000	Banco N° 2 (Antonio Valdivia)	
		Resultado	Valoración
Graduación	Cuadro 1003.10	No Cumple	No Cumple
Desgaste Los Ángeles	Máx. 50%	29.00%	Cumple
Índice de plasticidad	Máx. 10%	9%	Cumple
Para Sub Base. CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación	Min. 40%	52%	Cumple
Para Base. CBR al 95% de AASHTO modificado (AASHTO T-180) y 4 días de saturación	Min. 80%	52%	No Cumple
Cuadro 1003.10 de NIC 2000, Requisitos graduación de agregados para el mejoramiento de la subrasante			
Tamíz (mm)	% que debe pasar por los tamices	Banco N° 2 (Antonio Valdivia)	
		Resultado	Valoración
75	100	100	Cumple
4.75	30-70	100	No Cumple
0.075	0-15	33	No Cumple

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

De acuerdo la Tabla N°29 el Banco de préstamo N°2 (Antonio Valdivia) se puede utilizar como fuente de material para la capa Sub-base, debido a que el parámetro del ensayo CBR al 95% próctor modificado del banco es mayor a 40%, que es el mínimo permitido por la NIC 2000, así mismo no cumple con el ensayo índice de plasticidad.

Tabla N°30: Requisitos de Graduación de Agregados (Banco N°2, Antonio Valdivia).

Cuadro 1003.10 de NIC 2000, Requisitos graduación de agregados.			
Tamiz (mm)	% que debe pasar por los tamices	Banco N° 2	Valoración
75	100	100	Cumple
4.75	30-70	49	Cumple
0.075	0-15	14	Cumple

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

3.2.2.3. Elección de los de Bancos Préstamos a Utilizar para Base y Sub-base.

Como fuente de material para capa base cumple el banco de préstamo N°1 (German Cerrato) ya que el CBR al 95% próctor modificado cumple con el mínimo permitido según las especificaciones de la Nic-2000 Sección: 1003.09 (a y b). Este banco también cumple con los ensayos de desgaste de los ángeles, Intemperismo acelerado, graduación e índice de plasticidad.

Cabe destacar que el banco de préstamos German Cerrato posee el CBR al 95% próctor modificado más alto de los dos bancos identificados (84 %), este banco según los ensayos realizados aplica para utilizarse como material para la capa base y sub-base. (Ver Tabla 31).

Como fuente de material para la capa Sub-base se puede utilizar el Banco N°2 (Antonio Valdivia), debido a que su resistencia (CBR), se ajusta a las normas mínimas establecidas según la NIC-2000 para ser utilizado como capa sub-base. Este banco también cumple con los ensayos de desgaste de los ángeles, Intemperismo acelerado, graduación e índice de plasticidad.

Tabla N° 31: Banco de material a utilizar para Base / Sub-Base.

Banco de Diseño	Capa	Condición
Banco German Cerrato	Para Base	compactado al 95% Próctor Modificado
Banco German Cerrato	Para Sub-base	compactado al 95% Próctor Modificado

Fuente: Elaboración Propia (2019)

Se decidió utilizar el banco de préstamo **N° 1 (German Cerrato)**, tanto para la capa base granular, como para la capa sub-base por tener excelentes características físico-mecánicas y por su cercanía al tramo de estudio, esto tendrá un ahorro importante en relación a los costos de construcción de dicha vía.

3.2.3. Determinación del CBR de diseño

El Ensayo CBR (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y sirve para poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, sub-base y base de pavimentos. Se efectúa bajo condiciones controladas de humedad y densidad, y esta normado por la ASTM-D1883 y por la AASHTO 93.

Según el valor más difundido para la determinación del valor de la resistencia del diseño (CBR de diseño para la subrasante), se recomienda utilizar un valor total percentil de acuerdo al total de ejes ESAL's equivalentes que se muestran a continuación:

Tabla N°32: Límites para la selección de resistencia.

Nº de ejes de 8.2 toneladas en el carril de diseño (N)	Percentil a seleccionar para encontrar la resistencia
$< 10^4$	60%
$10^4 - 10^6$	75%
$> 10^6$	87.5%

Fuente: Ingeniería de pavimentos para carreteras. Fonseca Montejo. 2da Edición 2001. Pág. 68.

Para nuestro diseño se eligió el percentil de diseño 75% ya que el capítulo de tránsito se obtuvo un valor de 126,499.44 repeticiones equivalentes a 18,000 libras. Los datos de CBR se describen a continuación:

Tablas N°33: CBR de Sub-Rasante existente.

Subrasante existente						
Sondeo No.	Profundidad		Clasificación AASHTO de suelos.	% DE C.B.R. ASTM D 1883-07		
	Desde, cm	Hasta, cm		90%	95%	100%
S1-0+000	28	52	A-2-7 (0)	9.2	12.5	19.0
	52	150	A-7-5 (19)	2.4	7.0	8.7
S2-0+100	24	60	A-2-7 (0)	14.0	18.5	24.3
	60	110	A-7-5 (9)	2.2	4.4	8.1
S3-0+200	21	115	A-2-7 (0)	6.2	12.0	17.2
S4-0+300	30	150	A-7-5 (14)	2.3	3.7	9.4
S5-0+400	30	68	A-2-6 (0)	13.0	19.0	27.8
	68	130	A-7-5 (9)	2.4	7.0	9.6
S6-0+500	21	90	A-2-6 (0)	13.0	18.8	24.0
	90	150	A-2-7 (2)	10.8	18.5	24.8
S7-0+600	30	105	A-2-6 (0)	7.8	20.0	23.2
S8-0+700	26	71	A-2-7 (0)	10.4	17.5	24.8
	71	150	A-7-5 (8)	3.0	7.5	9.2
S9-0+800	25	150	A-7-5 (16)	2.4	4.0	9.6
S10-0+900	15	125	A-2-6 (0)	11.0	18.5	25.5
S11-1+000	35	150	A-2-7 (0)	8.7	12.0	21.0
S12-1+100	32	105	A-2-7 (0)	9.5	17.0	19.0
	105	150	A-7-5 (7)	2.8	7.5	9.9
S13-1+186	27	120	A-2-7 (0)	6.0	12.0	17.0
	120	150	A-7-5 (7)	2.0	7.0	8.2

Fuente: Laboratorio UNI-RUACS. Alcaldía Municipal de San Nicolás.

El valor de CBR de la sub-rasante es el más importante de definir, dado que a través de este se obtendrá el valor del Módulo de Resiliencia (MR) a ser utilizado en el diseño.

Para ello se utilizaron los valores CBR de menor a mayor y porcentajes de los valores iguales o mayores. Con la información de la tabla anterior, se realiza la tabla N° 34 con el fin de obtener la gráfica del CBR de diseño.

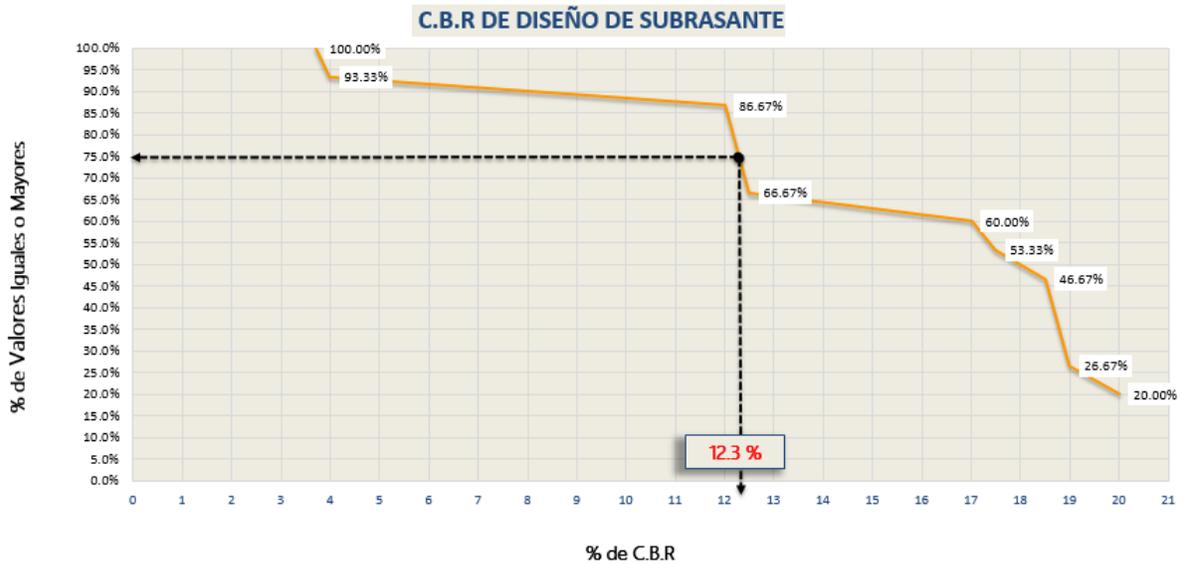
Tabla N°34: Selección de CBR de diseño para la Sub rasante.

Clasificación AASHTO	CBR 95%	Frecuencia	Cantidad de valores iguales o mayores	%
A-7-5	3.7	1	15	100%
	4.0	1	14	93.3%
A-2-7	12.0	3	13	86.67%
	12.5	1	10	66.67%
	17.0	1	9	60.00%
	17.5	1	8	53.33%
	18.5	3	7	46.67%
A-2-6	19.0	1	4	26.67%
	20.0	1	3	20.00%
A-2-4	22.3	1	2	13.33%
	52.0	1	1	6.67%

Fuente: Elaboración propia (2019).

Teniendo los valores CBR de menor a mayor, los porcentajes de las cantidades iguales o mayores y definido el percentil a tomar, se procede a graficar el CBR de Diseño de la Subrasante, iniciando con una línea horizontal se intercepta la curva de la Subrasante luego con una línea vertical en 90 grados se intercepta el valor calculado en este caso el CBR resultante es de 12.3%. (Ver Gráfico N° 13, Pág.50).

Gráfico N°13: Selección de CBR de diseño.



Fuente: Elaboración propia (2019).

Como podemos apreciar en el gráfico N°13, el valor de CBR de diseño resultante es de 12.3%, el cual de acuerdo con la clasificación de CBR de la Tabla N°35, clasifica a la subrasante existente como buena, esta presenta características aceptables para material de subrasante.

Tabla N°35: Clasificación de CBR.

CBR	Clasificación
0 – 5	Subrasante mala
5 – 10	Subrasante regular
10 – 20	Subrasante buena
20 – 30	Subrasante muy buena
30 – 50	Sub base buena
50 – 80	Base buena
80 -100	Base muy buena

Fuente: Mecánica de Suelos y Cimentaciones, Crespo Villalaz 5ta Edición, pág.113.

CAPÍTULO IV.

TOPOGRAFÍA



4.1. Generalidades

La topografía es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie terrestre, con sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales.

4.1.1 Proceso del levantamiento topográfico

Para este trabajo fue necesario encontrar un punto conocido el cual se logró con la ayuda de la Alcaldía Municipal de San Nicolás, ya que este tramo se encuentra junto a la carretera que conduce al casco urbano de este municipio y en años anteriores se había hecho un levantamiento topográfico por lo que no fue difícil ubicar las primeras coordenadas.

Para iniciar con nuestro levantamiento ubicamos la estación total en su trípode Sobre el BM conocido haciendo el debido proceso de compensación y enrasamiento hacia el norte franco, a este proceso se le debe introducir datos como: coordenadas conocidas y altura de instrumento

Para iniciar el levantamiento, se procede a levantar y guardar en la estación el primer punto en nuestro tramo que luego sería utilizado como nuestro primer BM, en este punto se ubica la ficha para luego plantar el instrumento y hacer el proceso de compensación, antes de iniciar con el levantamiento se hizo una toma de vista atrás para confirmar que las coordenadas son correctas, una vez hecha la comprobación se procedió a levantar el primer corte transversal tomando el bordillo de la carretera existente; el segundo corte se realizó a 20 metros sobre el tramo, tomando de derecha a izquierda lo siguiente, cerca, cuneta natural, hombro, corona y se repite hacia el otro lado del camino. El siguiente corte se continuó de izquierda a derecha, esto con el fin de agilizar el proceso.

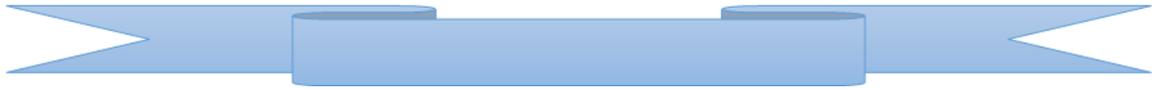
Estos cortes se realizaron a una distancia de 20 metros en todo el tramo siendo un total de 55. En este levantamiento se encontraron curvas tanto horizontales como verticales siendo estas poco pronunciadas pero de igual forma se tuvo que hacer

cambio de estación en cinco ocasiones esto para tener visibilidad en cuanto a la lectura de los puntos. Cabe destacar que para cada cambio de estación se hizo el mismo proceso de vista atrás como una forma de verificar si el levantamiento se está ejecutando correctamente el cual puede ser tanto el punto donde estábamos plantados así como el último punto levantado.

Una vez terminado el levantamiento todos los datos quedan guardados en la memoria de la estación, para extraerlos se inserta memoria USB al equipo para extraer el levantamiento en un tipo de archivo CSV para luego procesarlo en el software Civil Cad, este graficará de acuerdo con los puntos levantados, pendientes y geometría en planta.

Cabe mencionar que en nuestro protocolo inicialmente se había propuesto una longitud de mil ciento trece metros (1.113 km) ya que fue medido con métodos tradicionales (cinta métrica) pero una vez que se hizo con el método correcto (levantamiento topográfico) nos dimos cuenta que en realidad eran mil ciento ochenta y seis metros (1.186 km) por lo que también se hizo necesario agregar un sondeo más para sumar trece en total. (Ver Anexo Tabla N°68. Pág. XVIII).

CAPÍTULO V: DISEÑO DE PAVIMENTO



5.1. Método para el diseño de pavimento flexible (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
 - Serviciabilidad
 - Confiabilidad deseada
 - Desviación Estándar
 - 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.

5.1.1. Serviciabilidad

La serviciabilidad de un pavimento se define como la capacidad de servir al tipo de tráfico para el cual fue diseñado el tramo, con el fin de dar mayor confort a los usuarios.

5.1.1.1. Índice de serviciabilidad inicial (P_o)

Este valor refleja el grado de calidad inicial del tramo durante la construcción, según la AASHTO 93 el valor óptimo para pavimentos articulados y flexibles es 4.2, obtenido experimentalmente.

5.1.1.2. Índice de serviciabilidad final (P_t)

Es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios de la vía antes de que sea necesario el tomar acciones de rehabilitación, reconstrucción o repavimentación y

generalmente varía con la importancia o clasificación funcional de la vía. Para vías locales, ramales, secundarias y agrícolas se toma un valor de 1.8 a 2.

En el tramo de estudio se aplicará un valor de 2 debido a la corta vida útil del pavimento articulado ya que es menor en comparación con un pavimento rígido y de esta manera se notará una pérdida de serviciabilidad mayor.

5.1.1.3. Perdida de Serviabilidad (ΔPSI)

Es la diferencia que existe entre la serviciabilidad inicial y la serviciabilidad final. Entre menor sea el ΔPSI , mayor será la capacidad de carga del pavimento antes de fallar.

$$\Delta PSI = P_t - P_0$$

Ecuación.8

Donde:

ΔPSI : Perdida de serviciabilidad.

P_t : Índice de serviciabilidad final.

P_0 : Perdida de serviciabilidad inicial.

En el tramo de estudio la perdida de serviciabilidad obtenida es de 2.2.

5.1.2. Confiabilidad (R)

Se entiende por confiabilidad de un proceso de diseño y comportamiento de un pavimento, a la probabilidad de que una sección diseñada usando dicho proceso.

Para el tramo en estudio se utilizó un valor de confiabilidad R del 80%, que corresponde a un valor recomendado para el tipo de vía, como colectora ubicada en la zona Rural a cuál se muestra a continuación en Tabla N°36, Pág. 55.

Tabla N°36: Niveles de confiabilidad (R).

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

Fuente: Diseño de Pavimento, AASHTO-93.

5.1.3. Desviación estándar

Este parámetro está directamente ligado al nivel de confiabilidad elegido para la vía. Corresponde a la función de posibles variaciones en las estimaciones de tránsito (cargas y volúmenes) y comportamiento del pavimento a lo largo de su vida de servicio. La guía de la AASHTO-1993 recomienda adoptar valores de S_o comprendidos dentro de los siguientes intervalos, (tabla N°37).

Para construcciones nuevas de pavimentos flexibles una desviación estándar (S_o), se establece de 0.45.

Tabla N°37: Desviación estándar dependiendo de las condiciones de servicio.

Desviación estándar (S_o)		
Condición	Pavimento Rígido	Pavimento Flexible
Construcción nueva	0.35	0.45
Sobre capas	0.39	0.4M9

Fuente: Diseño de Pavimento, AASHTO-93.

5.1.4. Módulo de Resiliencia de la sub-rasante (MR).

Este ensayo fue desarrollado a los efectos de estudiar una propiedad del material que describa mejor el comportamiento del suelo bajo cargas dinámicas de ruedas.

Esta propiedad caracteriza los materiales de la sub-rasante, a través de ensayos se han podido determinar que, la base para la caracterización de los materiales de subrasante en este método es el Modulo Resiliencia, el cual es una medida de la propiedad elástica de los suelos y se determina con un equipo especial que no es de fácil adquisición, por lo tanto, se han establecido correlaciones para calcularlo a partir de otros ensayos, como el CBR.

Cuando $CBR > 10\%$

Ecuación.9

$$M_R = 4,326 * \ln(CBR) + 241$$

$$M_R = 4,326 * \ln(12.3\%) + 241$$

$$M_R = 11,098 \text{ PSI}$$

En el tramo de estudio, se sabe que la sub-rasante posee un CBR de 12.3%.
(Ver figura N°13, Pág.50).

5.1.5. Coeficiente de Drenaje para pavimentos articulados (mi).

El drenaje de agua en los pavimentos es un aspecto importante a considerar en el diseño de las carreteras. De lo contrario el exceso de agua combinado con el incremento de volúmenes de tránsito y cargas podrían anticipar los daños a la estructura del pavimento. La AASHTO-93 recomienda ciertos coeficientes de drenajes que son usados para los cálculos en la estimación de los espesores de diseño. En este caso se considera un coeficiente de drenaje de $m_i = 1.00$. (Ver Tabla N° 38, pág.57).

Tabla N°38: Selección del coeficiente de drenaje.

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

Fuente: Diseño de Pavimento, AASHTO-93.

5.1.6. Coeficientes Estructurales de Capa (a_i).

A demás del coeficiente de drenaje, existen otros factores estructurales que involucran las características y propiedades de los diferentes materiales que formarán parte del paquete estructural. El método asigna a cada capa del pavimento un coeficiente a_i los cuales son requeridos para el diseño estructural normal del pavimento flexible.

Estos coeficientes permiten convertir los espesores reales a números estructurales, 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.

5.1.7. Coeficiente estructural de la carpeta de rodamiento a_1 .

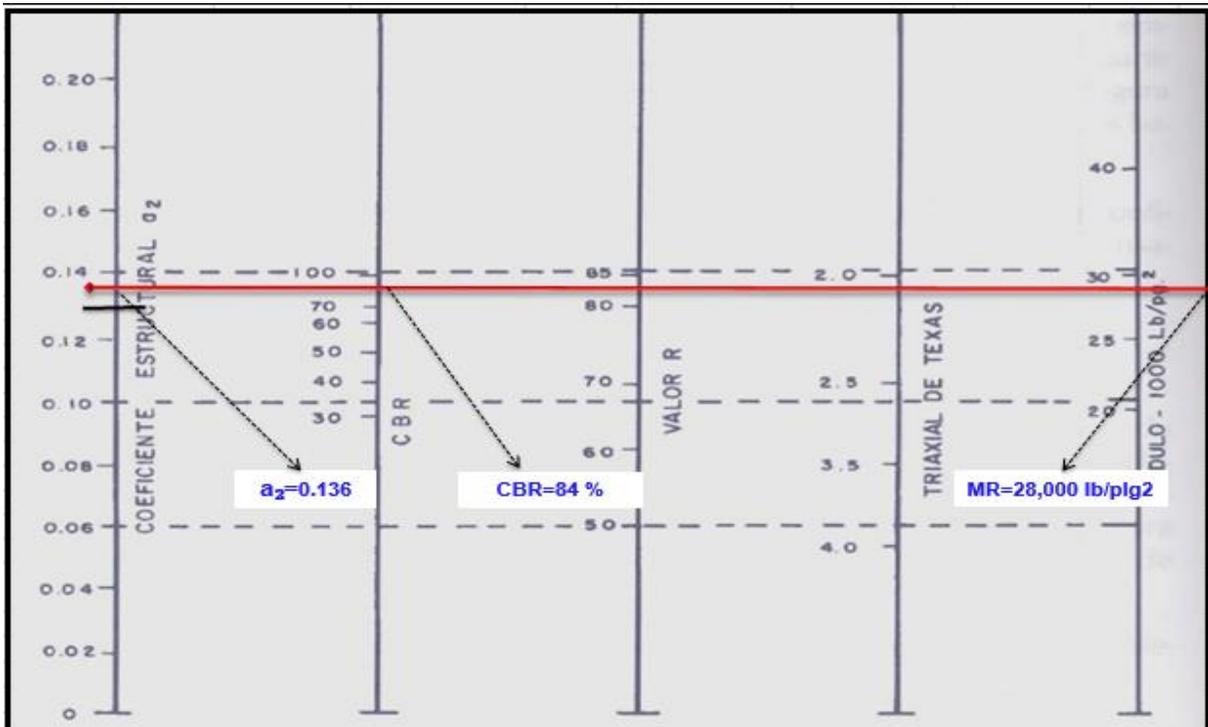
El coeficiente estructural para el diseño de espesores con adoquín ya está definido en el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos, en el capítulo 7, página 107, cuyo valor es de $a_1 = 0.45$.

5.1.8. Coeficiente estructural para base a_2 .

La determinación del coeficiente estructural a_2 se realizó en base a la aplicación del nomograma para base granular tratada con cemento proporcionada por la guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993. Pág.3-36).

De acuerdo con la línea trazada en el nomograma se obtuvo en la escala izquierda un coeficiente estructural de $a_2 = 0.136$ y en la escala derecha un módulo resiliente para base granular de $M_r = 28,000$ psi. El valor CBR usado para el cálculo de la base es de 84% que corresponde al banco N°1 (German Cerrato).

Imagen N°3: Coeficiente estructural a_2 , para Base Granular no tratada.

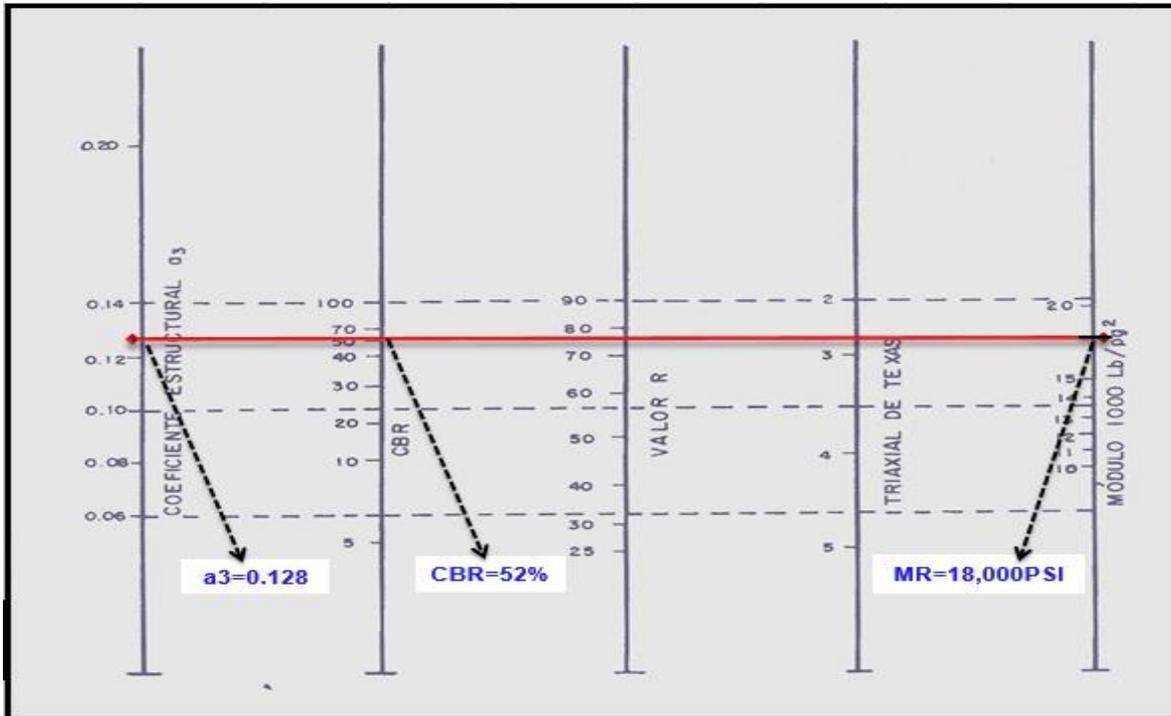


Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO, 1993.

5.1.9. Coeficiente estructural para sub-base a3.

El valor de CBR usado para el cálculo de la sub-base es igual a 52% que corresponde al banco N°2 (Antonio Valdivia), de acuerdo con la línea trazada en el nomograma se obtuvo en la escala izquierda un coeficiente estructural de $a_3 = 0.128$ y en la escala derecha un módulo resiliente para base granular de $M_r = 18,000$ PSI.

Imagen N°4: Coeficiente estructural a_3 , para sub-base granular.



Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO, 1993, pág. 3-35.

5.1.10. Números Estructurales 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 usará para determinar los espesores del pavimento es la siguiente:

$$SN = SN_1 + SN_2 + SN_3 = a_1 D_1 m_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \quad \text{Ecuación.10}$$

Donde:

SN : Número estructural.

a_1, a_2, a_3 : Coeficientes estructurales o de capas.

D_1, D_2, D_3 : Espesores de las capas en pulgada para la carpeta asfáltica, base y sub-base.

m_1, m_2, m_3 : Coeficientes de drenaje de las capas.

El número estructural 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.

5.1.11. Determinación de números estructurales.

Para calcular el número estructural SN_1 se toma en cuenta el espesor de la capa de rodamiento, para este diseño es de 4 pulgadas, por estar compuesta de adoquín y el coeficiente estructural a_1 anteriormente descrito entonces:

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

$$SN_1 = a_1 * D_1$$

Ecuación.11

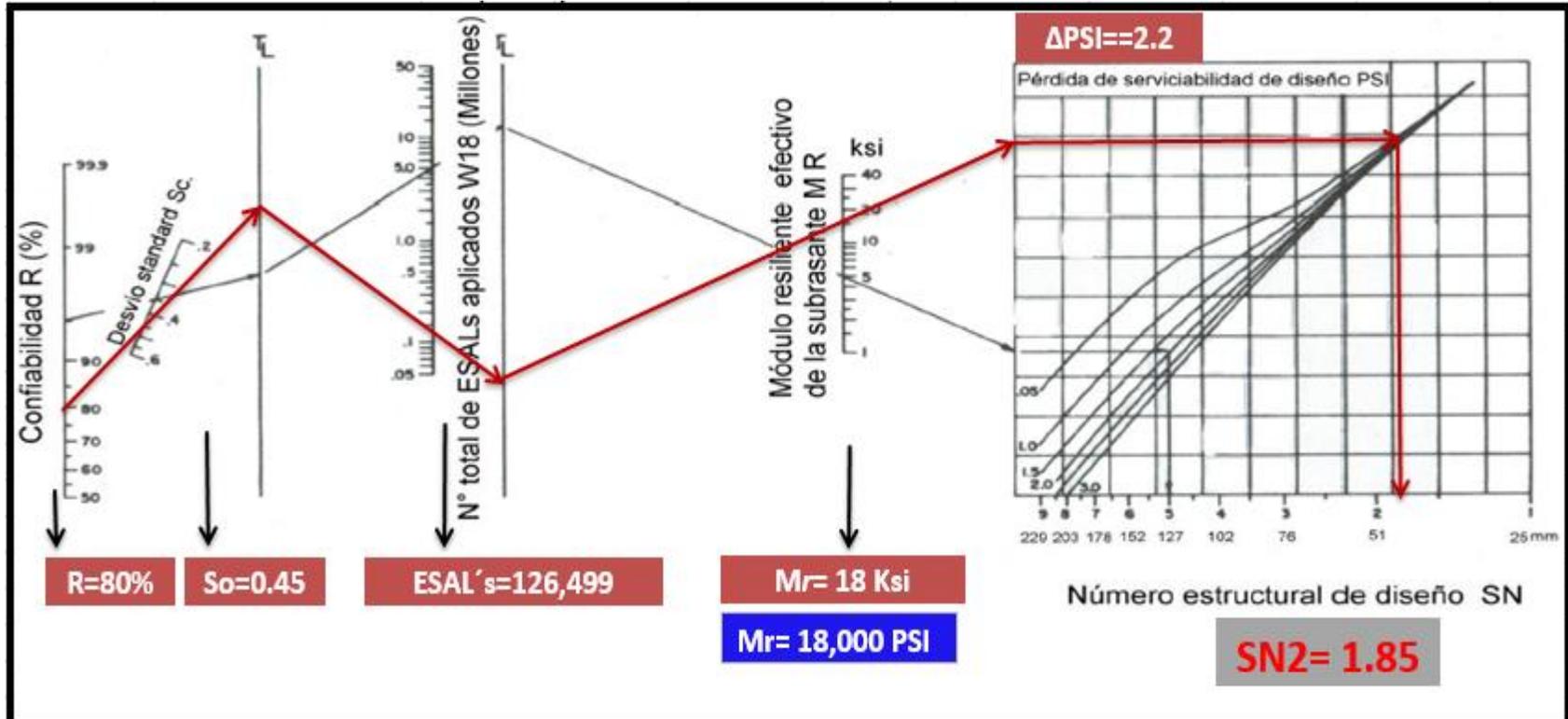
$$SN_1 = 0.45 * 4$$

$$SN_1 = 1.8 \text{ pulg.}$$

Para el cálculo de SN_2 y SN_3 se utilizó el Ábaco establecido por la Guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO - 1993), obteniendo un SN para la sub base de $SN_2=1.85$ Y base de $SN_3=1.7$ respectivamente. (Ver imagen N°5 y N°6, Pág.61 y 62).

Para el cálculo de SN_2 , será el mismo para ambos tramos, se utilizó el Ábaco establecido por la Guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993).

Imagen N°5: Obtención del número estructural SN2.

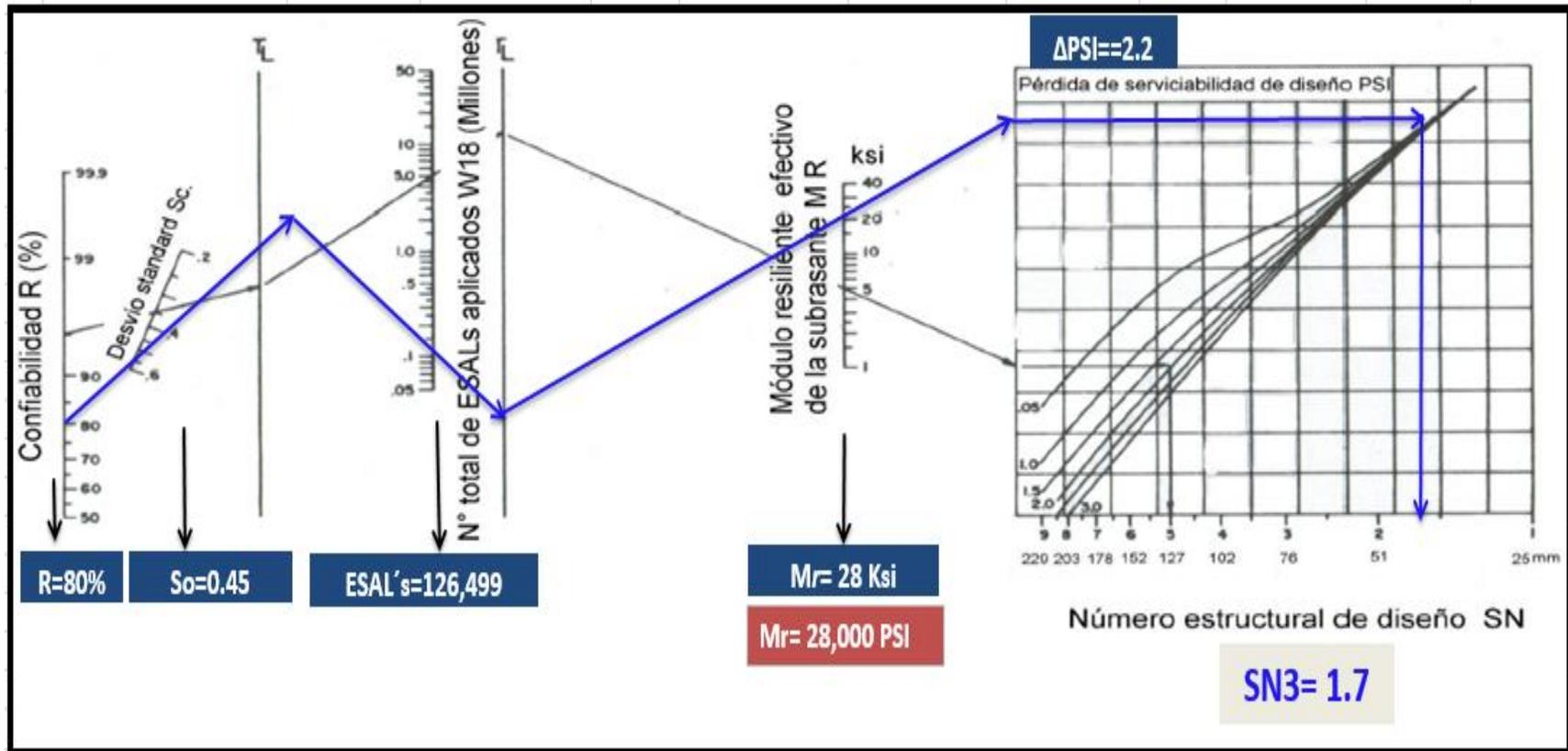


Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO, 1993, pág. 145.

De acuerdo con el módulo resiliente se obtiene un SN₂ de 1.85 pulgadas para proteger ambos tramos.

Para el cálculo de SN₃ (SN_{requerido}), se utilizó el Ábaco establecido por la Guía para diseño de estructura de pavimento (AASHTO 1993).

Imagen N°6: Obtención del número estructural de SN3.



Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO, 1993, pág. 145.

5.1.12. Cálculo de los espesores del Pavimento.

5.1.12.1. Cálculo del espesor de la base.

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

Determinar el espesor para la base (D2).

$$D_2 = \frac{(SN_2 - SN_1)}{(a_2 m_1)} \quad \text{Ecuación.12}$$

$$D_2 = \frac{(1.85 - 1.8)}{(0.136 * 1)} = 0.37 \text{ pulgadas.}$$

Las 0.37" pulgadas será el espesor que se requiere para que D2 (Base), resista las tensiones verticales excesivas que producirán las deformaciones permanentes, comprobando este espesor de acuerdo con la Tabla N° 39. Sabiendo que el ESAL's de diseño es de 126,499.44 por lo tanto se utilizará el mínimo requerido que es 4 pulgadas. Por lo cual se procedió hacer la corrección en base al espesor mínimo sugerido por la AASHTO-93.

Tabla N°39: Espesores mínimos sugeridos por capa.

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

Fuente: Manual de Diseño de Pavimentos AASHTO 1993, pág. 175.

Se corrige el número estructural utilizando el espesor sugerido de 4 pulgadas.

$$SN_2 = a_2 * D_2 * m_2$$

Ecuación.13

$$SN_2 = (0.136) * (4) * (1)$$

$$SN_2 = 0.544$$

El número estructural (SN_2) corregido valor para la base resulta de 0.544.

5.1.12.2. Calculo del espesor de la Sub-base (D3).

Teniendo en cuenta que es conocido el valor de SN_1 , entonces el valor del coeficiente estructural de la sub-base se obtiene de la siguiente manera:

$$D_3 = \frac{SN_3 - (SN_2 + SN_1)}{a_3 * m_3}$$

Ecuación.14

$$D_3 = \frac{(1.7 - (1.85 + 1.8))}{(0.128) * (1)}$$

$$D_3 = -5.0313$$

Los criterios de la AASHTO - 93, indican que si el resultado del espesor para la sub-base posee un valor negativo, este no necesita dicha capa.

5.1.12.3. Verificación del número estructural.

La sumatoria de los números estructurales utilizados en las capas anteriores debe cumplir la expresión:

$$SN_1 + SN_2 + SN_3 \geq SN \text{ requerido}$$

Ecuación.15

$$1.8 + 0.544 + 0 = 2.34 \geq 1.7 \therefore \text{Cumple}$$

En base al análisis y a los resultados obtenidos, la carpeta de rodamiento será de 4.00 pulgadas ya que este caso se utilizará adoquín y la base granular será de 4 Pulgadas, en este diseño no es necesario la capa Sub-base, (Ver imagen N°7. Pág.65).

Imagen N°7: Estructura Final de Pavimento articulado.



Fuente: Elaboración propia 2019.

El espesor de la arena es tomado de la NIC-2000 en la sección 502, pag.273, Se debe tomar en consideración que el espesor de 2 in de arena no es tomado en cuenta en la suma total del espesor requerido, dado que se considera que el lecho de arena no tiene ningún aporte estructural.

5.1.13. Uso del programa WinPAS-12.

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

A continuación, se muestran los Parámetros de entrada para el programa WinPAS.

Tabla N°40: Datos para calcular espesores en el Software WinPAS.

Consideraciones del Diseño AASHTO 93	Valores
ESAL de diseño	126,499.44
Confiabilidad, ®	80.0%
Desviación Estándar (So)	0.45
Módulo de Resiliencia de la Subrasante, (MR)	11,098
Servicialidad inicial (Po)	4.20
Servicialidad final (Pt)	2.00
Δ PSI	2.20
Coefficiente de drenaje (mi)	1.00
Coefficiente de capa, Adoquín(a1)	4
Coefficiente de capa, Base granular(a2)	0.136

Fuente: Elaboración propia 2019.

Imagen N°8: Software de diseño WinPAS.



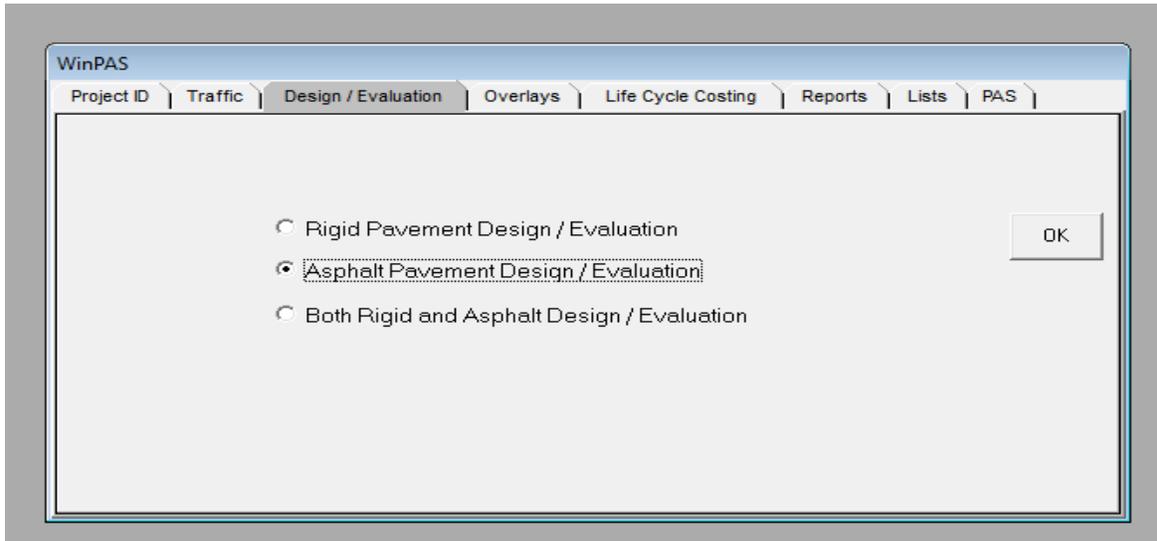
Fuente: Software WinPAS (Pavement Analysis Software).

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

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

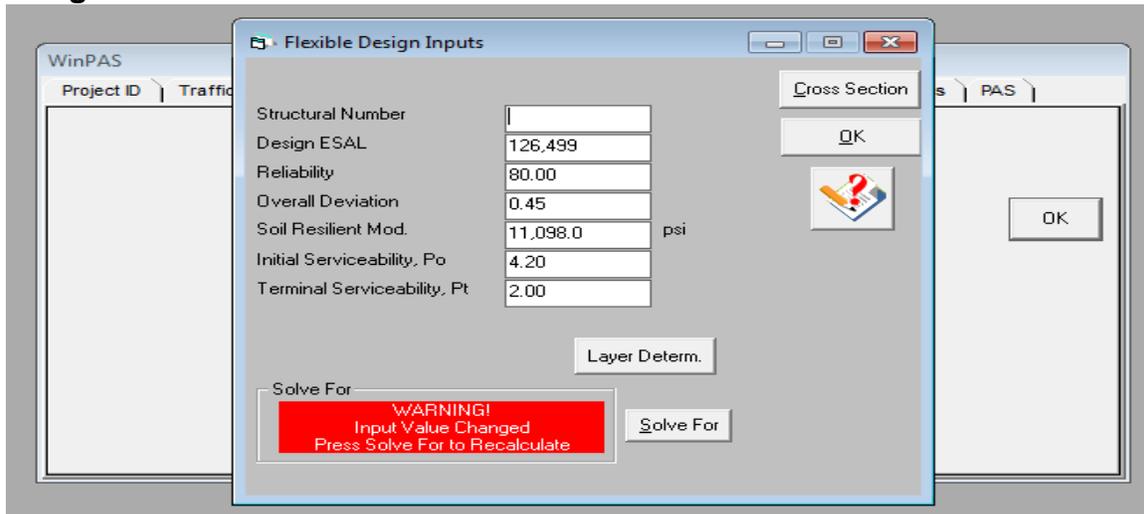
No se debe escribir el número estructural, ya que este lo calcula el programa después, de haber digitado el resto de datos, dando click en la pestaña resolver (Solve for).

Imagen N°9: Selección del Tipo de Pavimento a Diseñar.



Fuente: Software WinPAS (Pavement Analysis Software).

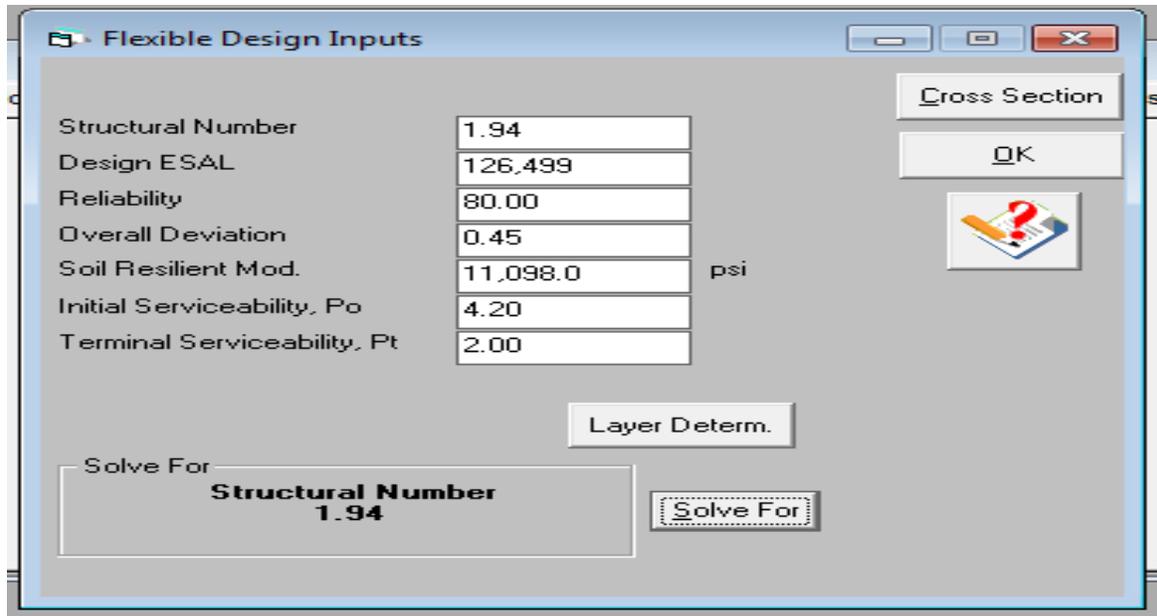
Imagen N°10: Introducción de Datos en WinPAS.



Fuente: Software WinPAS (Pavement Analysis Software).

Después de haber dado click en la pestaña resolver (Solve for). Según el software WinPAS se requiere un SN=1.94

Imagen N°11: Cálculo de SN requerido en WinPAS.



Fuente: Software WinPAS (Pavement Analysis Software).

Se procede a introducir los coeficientes estructurales (a_1 , a_2), los coeficientes de drenaje (m_1 , m_2), y por último los espesores (D_1 , D_2). Se puede observar que, al proponer los espesores calculados manualmente, estos cumplen, ya que $\Sigma SN=2.36$, es igual al SN requerido=1.94, según la ecuación 15, Pág.64 cumple el SN.

CAPÍTULO VI.

ESTUDIO HIDRÓLOGICO Y

DISEÑO DE OBRAS



6.1. Generalidades.

Para el Estudio se utilizaron los datos hidrológicos proporcionados por INETER de la estación Condega que es la más cerca al proyecto (Ver Anexo Imagen N°37, Pág.XXIX) y utilizando los criterios de la Guía Hidráulica para el Diseño de Estructuras de Drenaje en Caminos Rurales (PAST-DANIDA), se realizaron los cálculos de cada Sub- cuenca. Se utilizó el Método Racional que se utiliza para cuencas menores a 300 hectáreas. Se procedió a delimitar las cuencas hidrográficas de las corrientes haciendo uso de Google Earth Pro. (Ver Anexo Imagen N°39, Pág.XXX).

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

6.1.1. Diseño del sistema de drenaje pluvial (Método Racional).

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

6.1.2. Sub-cuencas Hidrológicas Identificadas.

Durante el reconocimiento de campo se realizó un recorrido por el trazado del camino poniendo atención en todos los elementos que identifican los cruces de los cursos de agua por la vía propuesta, con el apoyo de imágenes obtenidas de Google Earth Pro, se obtuvo lo siguiente:

- ✓ El terreno es bastante plano por lo que en épocas de lluvia las aguas pluviales se quedan estancadas.
- ✓ Se identificaron un Total de 7 Sub-cuencas (Ver Anexo imagen N°39, Pág. XXX), de las cuales 4 tributan a cunetas y 3 tributan para Badenes.

Tabla N°41: Datos para el diseño de Cunetas.

Rancho Don Luis Hotel - Entrada a Marduck Gardens								
Micro Cuenca	Est. Inicial	Est. Final	L. Cuenca (m)	perímetro (m)	área (m ²)	área (km ²)	Elevación Máx. (msnm)	Elevación Mín.(msnm)
Micro Cuenca No.1	0+675.00	0+738.00	63.00	260	4446	0.004446	1325	1323
Micro Cuenca No.2	0+880.00	1+040.00	160.00	355	4208	0.004208	1324	1320
Micro Cuenca No.3	1+053	1+139.22	85.91	195	1771	0.001771	1324	1321
Micro Cuenca No.4	1+053	1+142.22	88.91	243	3892	0.003892	1324	1321

Fuente: Elaboración Propia 2019.

Tabla N°42: Datos para el diseño de Badenes.

Datos de Micro-Badenes							
Rancho Don Luis Hotel - Entrada a Marduck Gardens							
Micro Cuenca	Estación	L. Cuenca (m)	perímetro (m)	área (m ²)	área (km ²)	Elevación Máxima (msnm)	Elevación Mín.(msnm)
Micro Cuenca No.5	0+012.48	262	613	21245	0.021245	1338	1327
Micro Cuenca No.6	0+006.69	222	500	13255	0.013255	1360	1329
Micro Cuenca No.7	0+740.83	213	478	11386	0.011386	1350	1327

Fuente: Elaboración Propia 2019.

6.1.3 Pendiente (SC).

Es la pendiente de cada cauce, se calcula con la siguiente expresión matemática:

$$Sc = \frac{H_{max} - H_{min}}{L} \quad \text{Ecuación.16}$$

Donde:

Sc: Pendiente en m/m.

H_{máx}: Elevación máxima de la sub-cuenca.

H_{mín}: Elevación mínima de la sub-cuenca.

L: Longitud.

Tabla N°43: Valores de Sc para Cunetas.

Micro Cuenca	Estación		L. Cuenca (m)	Elevación Máxima (msnm)	Elevación Min. (msnm)	Pendiente (Sc)	
	Inicial	Final				m/m	%
Micro Cuenca No.1	1+053	1+139.22	85.91	1324	1321	0.0349	3.49%
Micro Cuenca No.2	1+053	1+142.22	88.91	1324	1321	0.0337	3.37%
Micro Cuenca No.3	0+880	1+040.00	160.00	1324	1320	0.0250	2.50%
Micro Cuenca No.4	1+053	1+139.22	85.91	1324	1321	0.0349	3.49%

Fuente: Elaboración propia 2019.

Tabla N°44: Valores de Sc para Badenes.

Sub Cuenca	Estación	L. Cuenca (m)	Elevación Máxima (msnm)	Elevación Min.(msnm)	Pendiente (Sc)	
	Inicial				m/m	%
Micro Cuenca No.5	0+012	262.00	1338	1327	0.0420	4.20%
Micro Cuenca No.6	0+007	222.00	1360	1329	0.1396	13.96%
Micro Cuenca No.7	0+741	213.00	1350	1327	0.1080	10.80%

Fuente: Elaboración propia 2019.

6.1.4. Coeficiente de Escorrentía (C).

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

$$C = Us * Ts * Pt$$

Ecuación.17

C: coeficiente de escorrentía.

Us: Uso del suelo.

Ts: Tipo de suelo.

Pt: Pendiente del terreno en %.

Tabla N°45: Coeficiente de Escorrentía por tipo de Obra de Drenaje.

CUNETAS							
Micro Cuenca	Uso del Suelo	Us	Tipo de Suelo	Ts	Pendiente del Terreno (%)	Pt	Coeficiente de escorrentía (C)
Micro Cuenca No.1	Cultivo anuales	0.25	semipermeables	1.25	3.1- 5.0	1.50	0.469
Micro Cuenca No.2	Vegetación densa	0.20	semipermeables	1.25	2.0-3.0	1.00	0.250
Micro Cuenca No.3	Cultivo anuales	0.25	semipermeables	1.25	3.1- 5.0	1.50	0.469
Micro Cuenca No.4	Maleza	0.20	semipermeables	1.25	3.1- 5.0	2.00	0.500
BADENES							
Micro Cuenca	Uso del Suelo	Us	Tipo de Suelo	Ts	Pendiente del Terreno (%)	Pt	Coeficiente de escorrentía (C)
Micro Cuenca No.5	Maleza	0.25	semipermeables	1.25	3.1-5.0	1.50	0.469
Micro Cuenca No.6	Cultivo anuales	0.30	semipermeables	1.25	10.1-20.0	2.50	0.938
Micro Cuenca No.7	Cultivo anuales	0.30	semipermeables	1.25	10.1-20.0	2.50	0.938

Fuente: (Loaisiga, Lanzas y Tirado 2011).

6.1.5. Tiempo de Concentración (Tc).

Se puede definir como el tiempo que demora en viajar una partícula de agua desde el punto más remoto a la salida de la cuenca hidrográfica.

Se calcula aplicando el método del proyecto Hidrometeorológico Centroamericano.

$$T_c = 0.0041 \left(\frac{3.28 * L}{\sqrt{S_c}} \right)^{0.77}$$

Ecuación.18

Donde:

Tc: Tiempo de concentración en minutos.

L: Longitud máxima en metros.

Sc: Pendiente media del terreno.

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

Tabla N°46: Valores de Tc.

MICRO CUENCAS	L. Cuenca (m)	Pendiente (Sc)	Tiempo de Concentración (tc)
		m/m	minutos
Micro Cuenca No.1	85.91	0.0349	1.15
Micro Cuenca No.2	88.91	0.0337	1.19
Micro Cuenca No.3	160.00	0.0250	2.11
Micro Cuenca No.4	85.91	0.0349	1.15
MICRO CUENCAS	L. Cuenca (m)	Pendiente (Sc)	Tiempo de Concentración (tc)
		m/m	minutos
Micro Cuenca No.5	262.00	0.0420	2.52
Micro Cuenca No.6	222.00	0.1396	1.40
Micro Cuenca No.7	213.00	0.1080	1.50

Fuente: Elaboración propia 2019.

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

6.1.6. Intensidad Duración Frecuencia (IDF) y periodo de retorno (PR).

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

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

Para realizar este cálculo se utilizaron 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 y 25 años para Badenes. (Ver imagen N°38, Pág.XXIX).

Tabla N°47: Valores a utilizar de A, d y b.

Valores a utilizar para cálculo de Intensidad (I)	
CUNETAS - BADENES	
A	4502.393
d	22
b	0.969
NOTA: Los valores de A, d y b, extraídos de los datos de la estación Meteorológica Condega, para un periodo de retorno de 25 años.	

Fuente: Elaboración propia 2019.

Tabla N°48: Periodo de Retorno (PR) por tipo de Obra.

Obra de Drenaje	
Periodo de Retorno (PR)	Tipo de Obra
25 años	Cunetas
25 años	Vados

Fuente: PAST-DANIDA, 2004

A continuación, se presenta la memoria de cálculo del análisis hidrológico: Ecuación, Para calcular Intensidad Duración Frecuencia (IDF).

$$I = \frac{A}{(T_c + d)^b} \quad \text{Ecuación.19}$$

I: Intensidad de lluvia (mm/hora). T_c: Tiempo de concentración en minutos.

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

Ecuación, Para calcular caudales.

$$Q = 0.2778 * C * I * A \quad \text{Ecuación.20}$$

Q: Caudal (m³/s).

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

A: Área de drenaje de la sub-cuenca (km²).

C: Coeficiente de escorrentía.

Tabla N°49: Cálculo de Intensidades y Caudales para Cunetas.

MICRO CUENCAS	Periodo de Retorno (PR)	Área km ²	Coeficiente de escorrentía (C)	(tc)	A	d	b	I	Caudal
	años			min				mm/hora	m ³ /s
Micro Cuenca No.1	25	0.0044	0.469	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.107
Micro Cuenca No.2	25	0.0042	0.250	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.054
Micro Cuenca No.3	25	0.0018	0.469	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.043
Micro Cuenca No.4	25	0.0039	0.500	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.100

Fuente: Elaboración propia 2019.

Tabla N°50: Cálculo de Intensidades y Caudales para Badenes.

MICRO CUENCAS	Periodo de Retorno (PR)	Área km ²	C	(tc)	A	d	b	I	Caudal
	años			min				mm/hora	m ³ /s
Micro Cuenca No.5	25	0.02125	0.469	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.511
Micro Cuenca No.6	25	0.01326	0.938	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.638
Micro Cuenca No.7	25	0.01139	0.938	5	4502.393	22	0.969	184.694	0.548

Fuente: Elaboración propia 2019.

6.1.7. 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 N°51: Cálculo de caudales por el método racional.

MICRO CUENCAS	ÁREA	LONG	Elevación máxima	Elevación mínima	Sc		tc	tc	I	Coeficiente de escorrentía				Caudal
	km2	m	msnm	msnm	m/m	%	calculado	mínimo	mm/hora	Us	Ts	Pt	C	m3/s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Micro Cuenca No.1	0.004446	86	1,325.00	1,321.00	0.0466	4.66%	1.15	5.00	184.69	0.25	1.25	1.50	0.469	0.107
Micro Cuenca No.2	0.004208	89	1,324.00	1,321.00	0.0337	3.37%	1.19	5.00	184.69	0.20	1.25	1.00	0.250	0.054
Micro Cuenca No.3	0.001771	160	1,324.00	1,320.00	0.0250	2.50%	2.11	5.00	184.69	0.25	1.25	1.50	0.469	0.043
Micro Cuenca No.4	0.003892	86	1,324.00	1,321.00	0.0349	3.49%	1.15	5.00	184.69	0.20	1.25	2.00	0.500	0.100
Micro Cuenca No.5	0.021245	262	1,338.00	1,327.00	0.0420	4.20%	2.52	5.00	184.69	0.25	1.25	1.50	0.469	0.511
Micro Cuenca No.6	0.013255	222	1,360.00	1,329.00	0.1396	13.96%	1.40	5.00	184.69	0.30	1.25	2.50	0.938	0.638
Micro Cuenca No.7	0.011386	213	1,350.00	1,327.00	0.1080	10.80%	1.50	5.00	184.69	0.30	1.25	2.50	0.938	0.548

Fuente: Elaboración propia 2019.

Imagen N°14: Sub-cuenca N° 1.

Caudal pico de 0.107m³/s en un tiempo de 5 minutos.

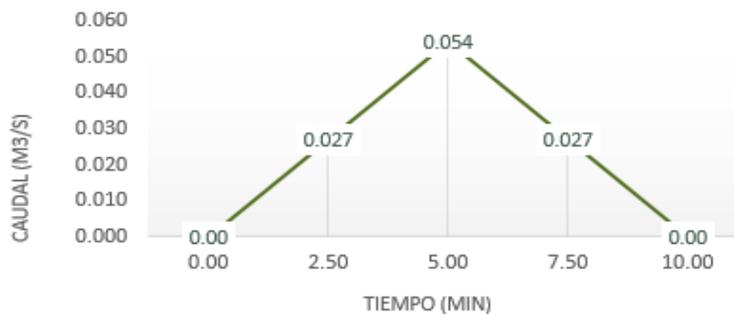
Hidrograma MC-1	
t=tc/2=	2.50
t(min)	Q(m ³ /s)
0.00	0.00
2.50	0.053
5.00	0.107
7.50	0.053
10.00	0.00



Fuente: Elaboración propia 2019.

Imagen N°15: Sub-cuenca N° 2.

Hidrograma MC-2	
t=tc/2=	2.50
t(min)	Q(m ³ /s)
0.00	0.00
2.50	0.027
5.00	0.054
7.50	0.027
10.00	0.00



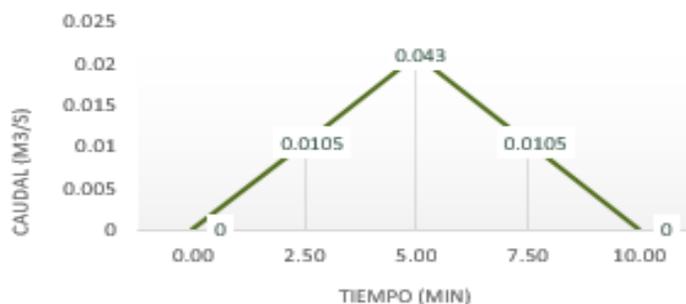
Caudal pico de 0.054 m³/s en un tiempo de 5 minutos.

Fuente: Elaboración propia 2019.

Imagen N°16: Sub-cuenca N° 3.

Caudal pico de 0.043 m³/s en un tiempo de 5 minutos.

Hidrograma MC-3	
t=tc/2=	2.50
t(min)	Q(m ³ /s)
0.00	0.00
2.50	0.021
5.00	0.043
7.50	0.021
10.00	0.00

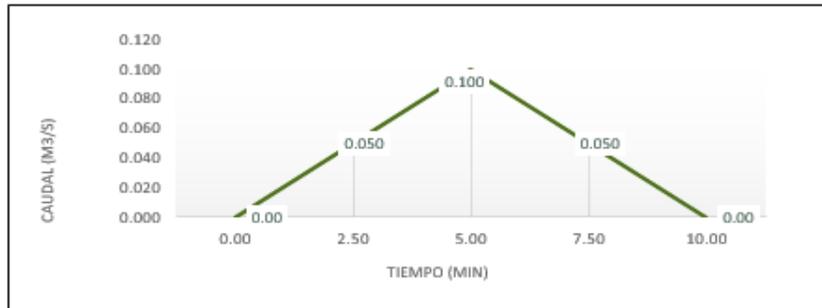


Fuente: Elaboración propia 2019.

Imagen N°17: Sub-cuenca N° 4.

Caudal pico de 0.100 m³/s en un tiempo de 5 minutos.

Hidrograma MC-4	
t=tc/2=	2.50
t(min)	Q(m ³ /s)
0.00	0.00
2.50	0.050
5.00	0.100
7.50	0.050
10.00	0.00

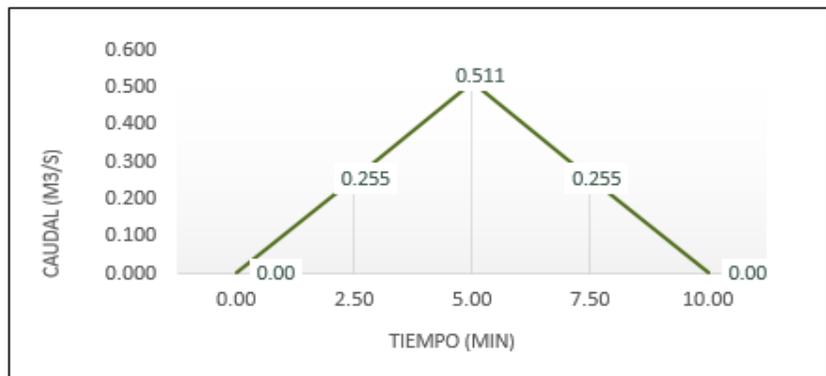


Fuente: Elaboración propia 2019.

Imagen N°18: Sub-cuenca N° 5.

Caudal pico de 0.511 m³/s en un tiempo de 5 minutos.

Hidrograma MC-5	
t=tc/2=	2.50
t(min)	Q(m ³ /s)
0.00	0.00
2.50	0.255
5.00	0.511
7.50	0.255
10.00	0.00

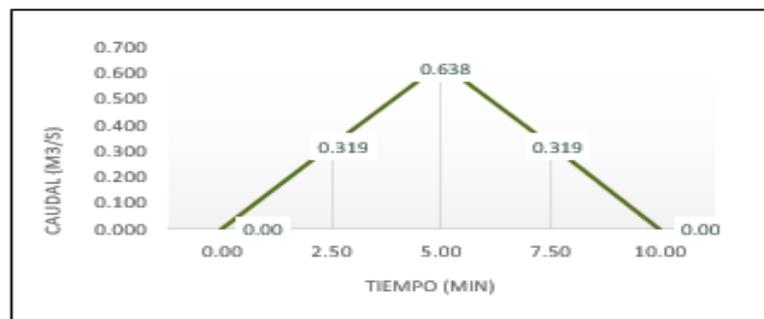


Fuente: Elaboración propia 2019.

Imagen N°19: Sub-cuenca N° 6.

Caudal pico de 0.638 m³/s en un tiempo de 5 minutos.

Hidrograma MC-6	
t=tc/2=	2.50
t(min)	Q(m ³ /s)
0.00	0.00
2.50	0.319
5.00	0.638
7.50	0.319
10.00	0.00

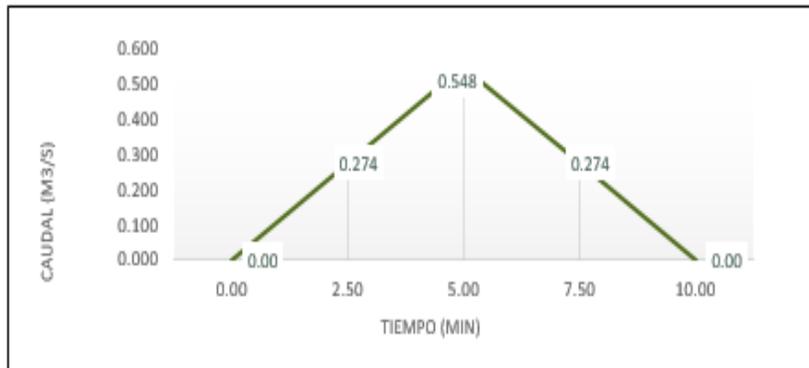


Fuente: Elaboración propia 2019.

Imagen N°20: Sub-cuenca N° 7.

Caudal pico de 0.548 m³/s en un tiempo de 5 minutos.

Hidrograma MC-7	
t(tc/2=)	2.50
t(min)	Q(m ³ /s)
0.00	0.00
2.50	0.274
5.00	0.548
7.50	0.274
10.00	0.00



Fuente: Elaboración propia 2019.

6.1.8. Coeficiente de Rugosidad (n).

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

Tabla N°52: Coeficientes de rugosidad (n).

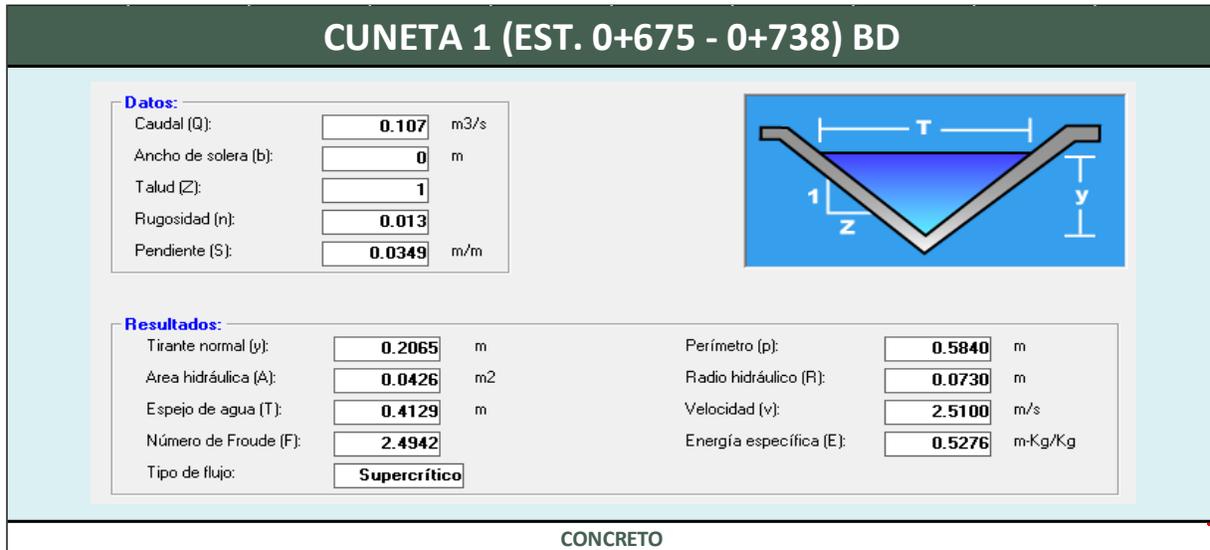
TIPO DE CANAL		NORMAL
NO METALICO	a. Madera	0.012
	Sin tratamiento	0.012
	Tratada	0.015
	Planchas	
	b. Concreto	0.013
	Afinado con plana	0.017
	afinado con fondo de grava	0.017
	Sin Afinar	0.02
	Excavado en roca de buena calidad	0.027
	Excavado en roca descompuesta	
	c. Albañilería	0.025
	Piedra mortero	0.032

Fuente: PAST-DANIDA, 2004.

6.1.9. Dimensionamiento de Cunetas.

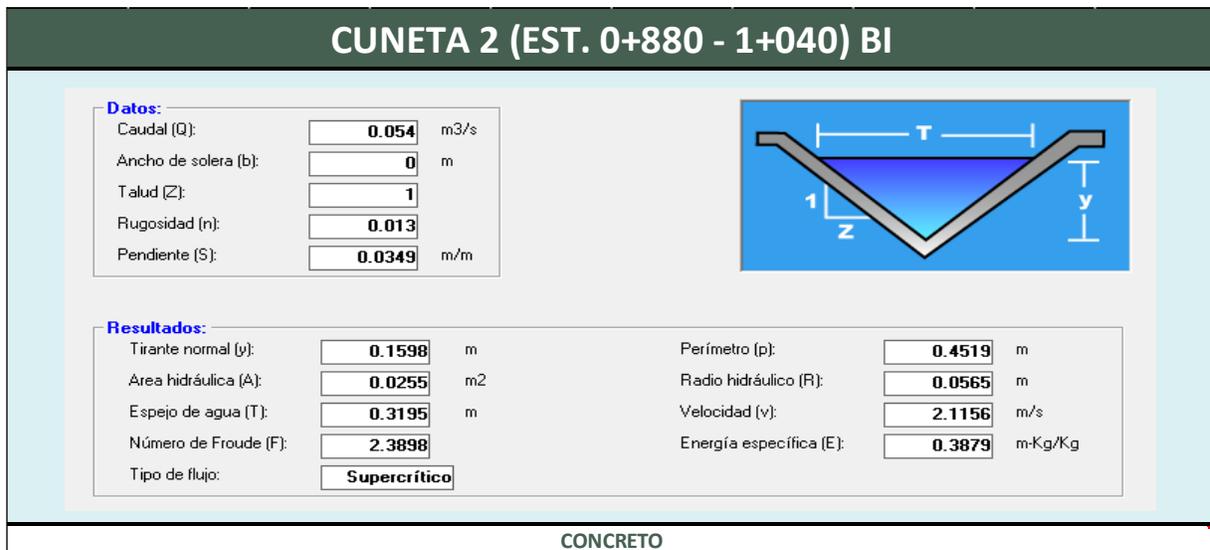
A continuación, se presenta el chequeo de la sección de cuneta con diferentes caudales, considerando las pendientes y el tipo de material a utilizar. En el programa se utilizó una sección Triangular, utilizando un talud (z), de 1 metros.

Imagen N°21: Resultado de cuneta propuesta en el programa de Hcanales.



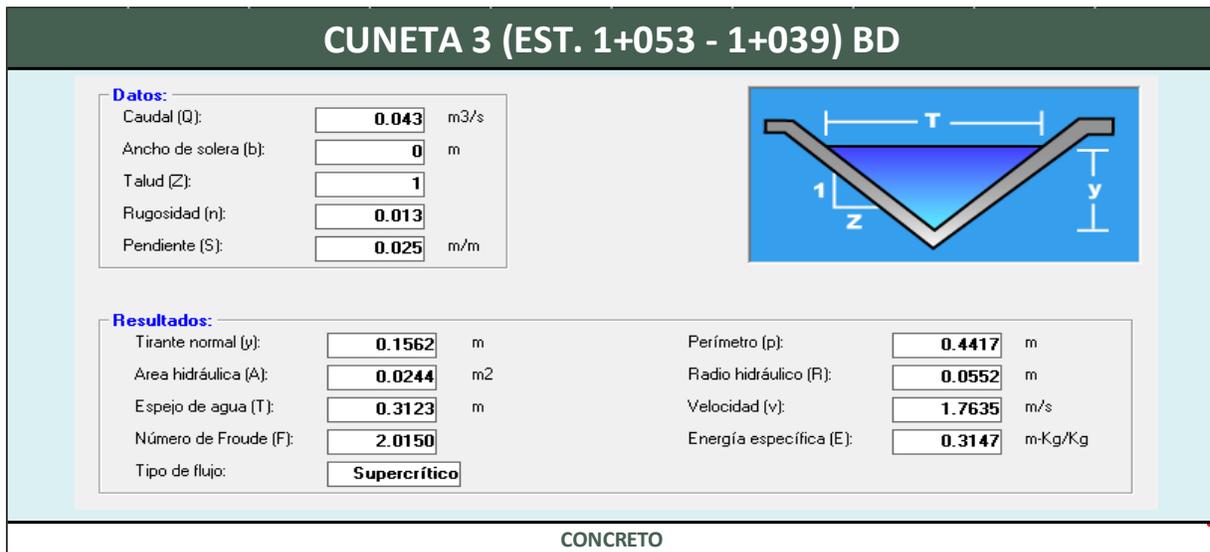
Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen N°22: Resultado de cuneta propuesta en el programa de Hcanales.



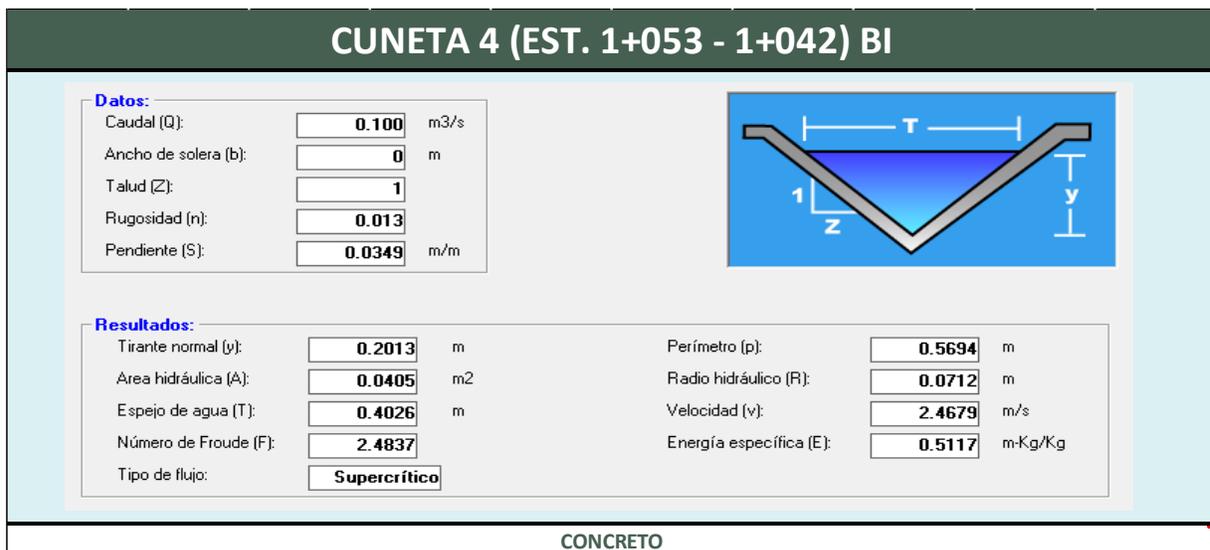
Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen N°23: Resultado de cuneta propuesta en el programa de Hcanales.



Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen N°24: Resultado de cuneta propuesta en el programa de Hcanales.



Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

6.1.10. Dimensionamiento de Badenes.

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

Imagen N°25: Resultado de badén propuesta en el programa de Hcanales.

BADEN 1 (0+012.48)			
Datos:			
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.511"/>	m ³ /s	
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="3"/>	m	
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>		
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>		
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0300"/>	m/m	
Resultados:			
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.0745"/>	m	Perímetro (p): <input type="text" value="3.1491"/> m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.2236"/>	m ²	Radio hidráulico (R): <input type="text" value="0.0710"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="3.0000"/>	m	Velocidad (v): <input type="text" value="2.2849"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="2.6719"/>		Energía específica (E): <input type="text" value="0.3406"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>		
CONCRETO			

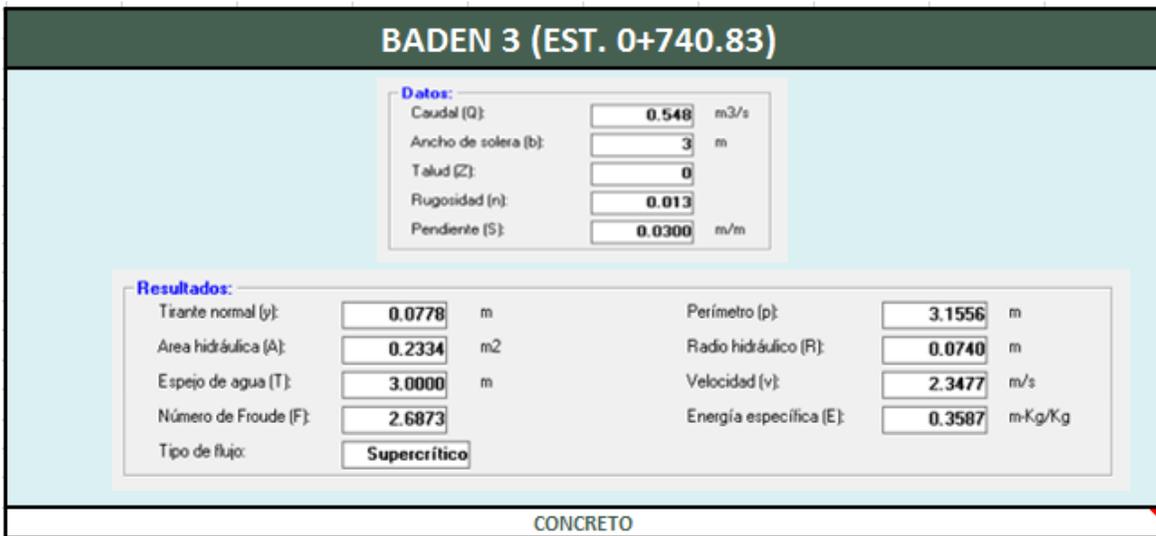
Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

Imagen N°26: Resultado de badén propuesta en el programa de Hcanales.

BADEN 2 (EST. 0+673)			
Datos:			
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.638"/>	m ³ /s	
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="3"/>	m	
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>		
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>		
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0300"/>	m/m	
Resultados:			
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.0854"/>	m	Perímetro (p): <input type="text" value="3.1708"/> m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.2562"/>	m ²	Radio hidráulico (R): <input type="text" value="0.0808"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="3.0000"/>	m	Velocidad (v): <input type="text" value="2.4902"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="2.7206"/>		Energía específica (E): <input type="text" value="0.4015"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>		
CONCRETO			

Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

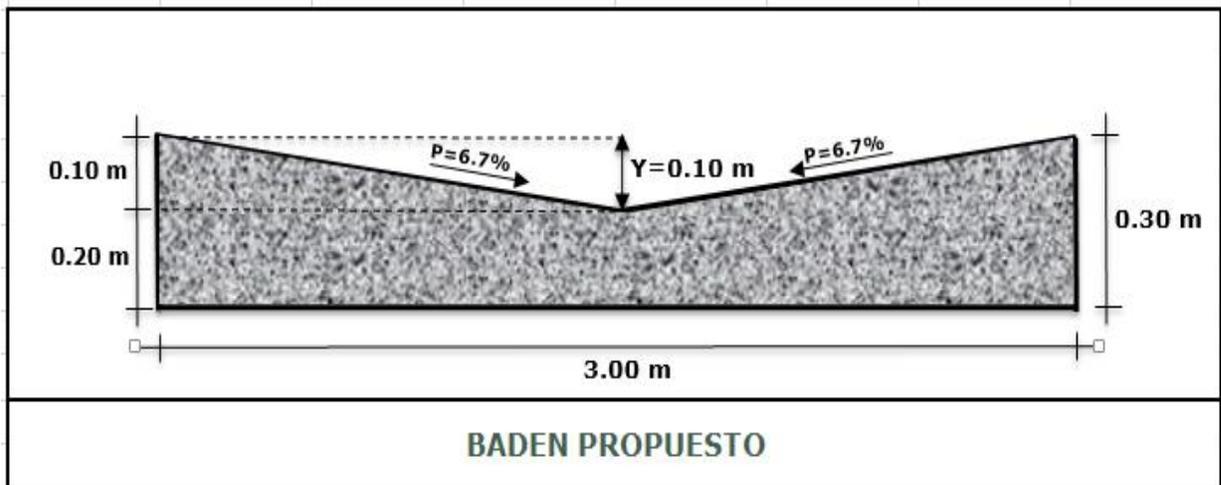
Imagen N°27: Resultado de badén propuesta en el programa de Hcanales.



Fuente: Hcanales (Versión 3.0).

De acuerdo con los resultados Hidráulicos el espejo de agua (T), de mayor importancia obtenido es el de la Est. 0+673 (3.00 metros), en base a esto se propone construir un Badén de un ancho de 3 metros.

Imagen N°28: Badén propuesto.



Fuente: Elaboración propia (AutoCAD-2017).

CAPÍTULO VII.
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES



7.1. Conclusiones.

- El estudio de tránsito refleja que la afluencia vehicular es mayoritariamente de vehículos pasajeros con 89.4 %. El ESAL's obtenido fue 194,961 ejes equivalentes por carril de diseño.
- Los suelos correspondientes al primer estrato de estudio, de acuerdo con los resultados obtenidos, se clasifican como A-2-4 con índice de grupo 0, presentando un CBR de diseño en la sub rasante de 84 % a una profundidad de 1.50 cm. El banco de materiales a utilizar será el banco "German Cerrato".
- En el levantamiento topográfico se pudo obtener los puntos necesarios de los cuales posteriormente se realizó una estimación de los volúmenes de corte y relleno, los cuales resultaron ser de cantidades moderadas, esto debido al estado planimétrico del sector en donde se realizó el estudio.
- De acuerdo al estudio hidrológico, en el tramo de estudio se aplicó el método racional para el cálculo de los caudales, el cual resulta adecuado al tratar con áreas de sub-cuencas pequeñas y debido a la baja intensidad de precipitación, las secciones transversales de las cunetas y vados resultan ser eficientes con dimensiones estandarizadas, sin requerir obras de drenaje pluvial adicional.
- De acuerdo al diseño de espesores de pavimento, el resultado de espesor en el diseño de la base según el cálculo es de 10 pulgadas; el cual cumple con las especificaciones mínimas de la AASHTO – 93. Para el cálculo de la estructura de pavimento se utilizó el método de la AASHTO - 93, se hizo de manera manual y a través del programa computarizado WinPAS 12 obteniendo los siguientes resultados: Una estructura de pavimento constituida por 3 capas, las cuales son la carpeta de rodamiento (Adoquín), la cama de arena y la base. Debido a que el tránsito es mayoritariamente de vehículos pasajeros 84.9 %, no se propone sub-base.

7.2. 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.
- Para garantizar el buen funcionamiento y duración de vida útil de la carpeta y estructura de pavimento, se deben construir un buen sistema de drenaje pluvial con las dimensiones acordes al diseño hidráulico realizado además de ejecutar mantenimientos periódicos de manera preventiva, que también evita los altos costos del mantenimiento correctivo y/o rehabilitación.
- Realizar pruebas de resistencia a los adoquines que cumplan lo establecido en el Manual Centroamericano Especificaciones para la Construcción de Carreteras y Puentes Regionales (SIECA), para comprobar que cumple las especificaciones técnicas propuestas en el presente documento.
- Garantizar que los materiales a utilizarse sean adquiridos en fábricas certificadas, como una forma de asegurarse de que cumplan con la calidad requerida.
- Se deberá llevar un estricto control de compactación al momento de colocar los materiales de los bancos para evitar asentamientos en la vía.

BIBLIOGRAFIA

- C., V. (1976-1980). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. Monterrey - México.
- García, D. A. (2014). *topografía y sus aplicaciones*. México: compañía editorial continental.
- Hoel, N. J. (2005). *Ingeniería de Tránsito y carreteras*. México : International Thomson Editores, S.A de C.V.
- J., A. A. (2004). En *Guía de pavimento de concreto Asfáltico*. Bolivia: Cochabamba.
- Leclair, R. (marzo 2004). *Manual Centro Americano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales*. Guatemala .
- M., F. A. (2011). *Ingeniería de pavimentos para carreteras de 2da*.
- MTI. (2008). *Manual para la Revisión de Diseños Geométricos*. Managua: MTI.
- MTI. (2017). *Anuarios de Aforos de Tráfico*. Managua.
- NIC. (2000). *Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos, Calles y Puentes*.
- Rodríguez, J. B. (2005). *Mecánica de suelos*. D.F: LIMUSA.
- Sanchez, J. (2005). *Pavimento flexible*. Monterrey : Nimusa.
- SIECA. (2016). *Manual de consideraciones técnicas hidrológicas e hidráulicas para la infraestructura vial en centroamérica*. El Salvador: SIECA.

ANEXOS

Imagen N° 29: Entrada Rancho Don Luis. Inicio del tramo Est. 0+000.



Fuente: Levantamiento por sustentantes 2019.

Imagen N° 30: Entrada hotel Marduk Gardens. Final del tramo en la Est. 1+113.



Fuente: Levantamiento por sustentantes 2019.

Imagen N° 31: Ruta turística Est. 0+695.



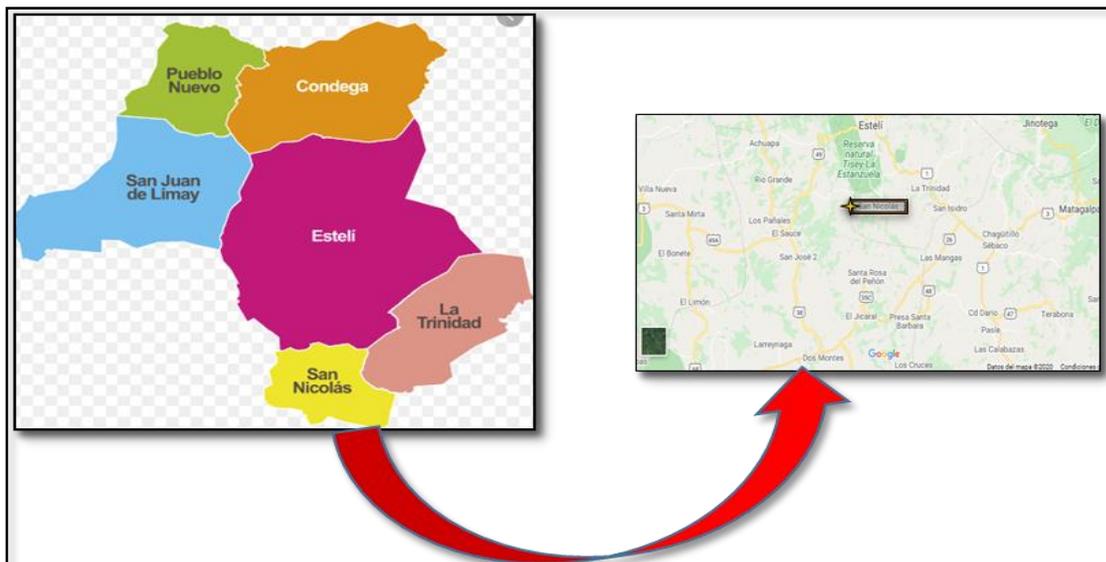
Fuente: Propia 2019.

Imagen N° 32: Estado actual del tramo en la Est. 0+570.



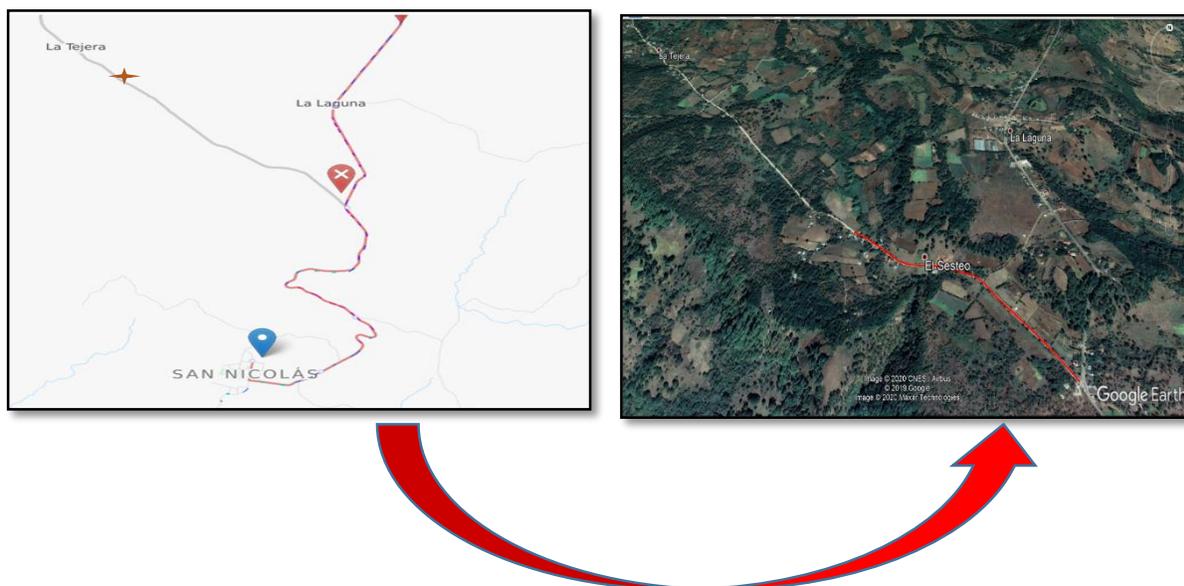
Fuente: Levantamiento por sustentante 2019.

Imagen N° 33: Macro Localización. Municipio de San Nicolás. Estelí – Nicaragua.



Fuente: Propia 2019.

Imagen N° 34: Micro Localización. Municipio de San Nicolás. Estelí.



Fuente: Propia 2019.

Tabla N° 57: Conteos volumétricos de tráfico, 17 de mayo 2019.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Sede Regional Del Norte - Recinto Augusto C. Sandino CONTEOS VOLUMETRICOS DE TRÁFICO																							
ESTACIÓN: 0+700				TRAMO: RANCHO DE DON LUIS -- ENTRADA A HOTEL MARDUK GARDENS										FECHA DE CONTEO: VIERNES 17 DE MAYO DEL 2019									
SENTIDO: Ambos Sentidos				TIPO DE VIA: CS-CR										AFORADOR: CANDELARIO ZELEDÓN CENTENO / KEYLIN MARYURITÉLLEZ VELÁSQUEZ									
Hora	Bicic	Moto	Veh. Livianos				Veh. de Pasajeros				Veh. Pesados de Carga								Veh. Pesados		Veh. Trac. Animal	Volumen Horario	
			Autos	Jeep	Camioneta Pick UP	Mbuses	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C4	C2R 2	C2R3	Txsx <=4e	T3S 2	T3S 3	Otros	Veh. Const	Veh. Agrí			
6 am	7 am	0	0	2	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
7 am	8 am	1	1	1	0	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
8 am	9 am	0	3	3	1	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
9 am	10 am	0	1	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
10 am	11 am	1	2	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
11 am	12 md	0	0	0	1	1	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
12 md	1 pm	0	4	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
1 pm	2 pm	2	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
2 pm	3 pm	0	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
3 pm	4 pm	1	3	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
4 pm	5 pm	3	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
5 pm	6 pm	1	3	0	2	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
Volumen (12 horas diurnas)		9	21	11	10	16	2	7	2	6	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90

Fuente: Propia 2019.

Tabla N° 58: Conteos volumétricos de tráfico, 18 de mayo 2019.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA Sede Regional Del Norte - Recinto Augusto C. Sandino CONTEOS VOLUMETRICOS DE TRÁFICO																							
ESTACIÓN: 0+700				TRAMO: RANCHO DE DON LUIS -- ENTRADA A HOTEL MARDUK GARDENS										FECHA DE CONTEO: SABADO 18 DE MAYO DEL 2019									
SENTIDO: Ambos Sentidos				TIPO DE VIA: CS-CR										AFORADOR: CANDELARIO ZELEDÓN CENTENO / KEYLIN MARYURITÉLLEZ VELÁSQUEZ									
Hora	Bicic	Moto	Veh. Livianos				Veh. de Pasajeros				Veh. Pesados de Carga								Veh. Pesados		Veh. Trac. Animal	Volumen Horario	
			Autos	Jeep	Camioneta Pick UP	Mbuses	MB >15 P	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C4	C2R 2	C2R3	Txsx <=4e	T3S 2	T3S 3	Otros	Veh. Const	Veh. Agrí			
6 am	7 am	0	0	2	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
7 am	8 am	1	1	1	0	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
8 am	9 am	0	3	3	1	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
9 am	10 am	0	1	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
10 am	11 am	1	2	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
11 am	12 md	0	0	0	1	1	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
12 md	1 pm	0	4	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
1 pm	2 pm	2	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
2 pm	3 pm	0	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
3 pm	4 pm	1	3	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
4 pm	5 pm	3	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
5 pm	6 pm	1	3	0	2	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
Volumen (12 horas diurnas)		9	21	11	10	16	2	7	2	6	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90

Fuente: Propia 2019.

Tabla N° 59: Conteos volumétricos de tráfico, 19 de mayo 2019.

Hora		Bicic	Moto	Yeh. Livianos			Yeh. de Pasajeros			Yeh. Pesados de Carga										Yeh. Pesados		Yeh. Trac. Animal	Volumen Horario							
				Autos	Jeep	Camioneta Pick UP	Mbuses >15 P	MB	Bus	C2 Liv	C2 > 5 ton	C3	C4	C2R2	C2R3	TxSx <=4e	T3S2	T3S3	Otros	Yeh. Const	Yeh. Agrícola									
6 am	7 am	0	1	3	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
7 am	8 am	0	2	2	3	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
8 am	9 am	2	1	2	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
9 am	10 am	1	2	1	2	6	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
10 am	11 am	3	3	0	2	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
11 am	12 md	3	5	3	2	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
12 md	1 pm	0	3	2	0	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
1 pm	2 pm	1	1	3	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
2 pm	3 pm	2	3	1	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	12
3 pm	4 pm	2	3	1	0	2	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
4 pm	5 pm	1	2	2	1	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
5 pm	6 pm	0	1	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
Volumen (12 horas diurnas)		15	27	20	16	39	5	7	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	138	

Fuente: Propia 2019.

Tabla N° 60: Tráfico Promedio Diario Anual Histórico (EMC-200).

N°	CODIGO NIC	EST.	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO	Depart.	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						
23	NIC-2	209	ECD	Km. 10 1/2 Carretera Sur - Entrada al INCAE	Managua	2016	2992	5319	3052	3172	1244	121	242	676	397	97		430				2	22	17,766						
						2013	2,092	5,282	3,792	3,288	1,141	148	279	903	284	56		730			1					23	18,019			
						2012	3,028	14,613	8,255	7,024	1,369	337	524	1,422	447	59		576			1						15	37,670		
						2010	1,646	4,720	3,318	3,495	808	79	271	838	332	43	1	370										22	15,943	
						2009	1,215	4,166	2,936	2,944	602	123	219	612	283	28		356										15	13,497	
						2006	550	4,215	2,985	3,499	653	111	323	642	445	60	2	549										24	14,060	
						2004	495	3,967	3,142	3,720	947	207	525	855	459	87	1	262										24	14,692	
						2001	430	4,698	3,587	3,489	549	136	392	582	412	61	11	203										22	14,573	
						2000	434	4,617	3,565	3,516	587	126	391	573	386	53	21	228										22	14,520	
						1999	335	3,618	2,468	2,618	411	188	280	359	374	54	5	168										31	10,908	
						1997	347	4,107	2,275	2,515	439	93	301	427	468	51	5	138								1	1	17	11,185	
						1996	459	2,407	2,407	4,070	118	48	191	206	438	43	2	83	1	1	1	1	1	1	1	1	1	34	10,510	
						EMC: 200																								
Tasa Crecimiento:						4.34%																								
						2018	3258	5791	3323	3454	1354	132	263	736	432	106		468					2	24	19,343					
24	NIC-2	200	EMC	Entrada al INCAE - El Crucero	Managua	2018	2169	2091	654	1568	784	76	173	515	278	125		473				1	11	8,918						
						2017	2,104	2,765	827	1,814	975	87	200	559	256	69		416									17	10,085		
						2016	1,669	2,634	841	1,822	919	90	189	484	287	72	1	441										17	9,466	
						2015	1332	2301	826	1717	881	94	177	519	278	74		467											19	8,685
						2014	1276	1921	746	1607	756	111	158	464	254	68		402								1	19	7,783		
						2013	793	1972	704	1451	627	96	140	415	228	46		405											15	6,892
						2012	747	1839	722	1504	674	85	156	393	262	45		423											12	6,862
						2011	624	1694	716	1441	641	79	153	374	248	40	1	414											10	6,435
						2010	608	1,752	738	1,439	641	93	157	379	219	42	1	332				0							12	6,412
						2009	523	1790	785	1401	635	87	163	376	249	43	1	317											9	6,379
						2008	344	1614	688	1322	617	68	188	345	264	37	20	334											14	5,856
						2007	216	1804	786	1419	552	78	183	352	305	42	1	293											11	6,041
						2006	202	1705	791	1460	528	83	174	321	301	39	1	296											12	5,912
						2005	150	1665	799	1398	549	84	195	307	299	33	8	265											16	5,768
						2004	114	1650	794	1346	559	84	205	262	291	26		181											10	5,523
						2003	111	1589	777	1310	551	86	204	251	278	27		178											11	5,375
						2002	91	1394	679	1258	468	99	220	215	275	24	1	192											6	4,923
2001	100	1149	660	1230	408	106	200	197	302	37	1	240									2	12	4,644							

Fuente: Anuario de aforo de tráfico año 2018. MTI.

Tabla N° 61: Tráfico Promedio Diario Anual Histórico (ECD-108).

N°	CODIGO NIC	EST.	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO	Depart.	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
12	NIC-1	107	EMC	Sébaco - Emp. San Isidro	Matagalpa	2018	1409	1602	356	2267	158	12	220	537	459	121	14	390			11		22	7,578
						2017	1723	1569	454	2534	181	12	254	573	464	149	2	444			11	2	21	8,393
						2016	989	1436	390	2190	153	11	239	446	507	113		424			14	1	22	6,935
						2015	786	1094	381	1945	123	19	237	395	446	88	1	444		1	12		22	5,994
						2014	654	947	374	1760	77	14	234	419	412	57	1	377			8	1	15	5,350
						2013	539	949	325	1551	100	10	231	408	393	65		356			10	1	16	4,954
						2012	435	916	353	1581	57	14	237	435	358	56	8	374			6	1	12	4,843
						2011	355	870	353	1503	49	9	226	400	329	53	1	352			6	1	10	4,517
						2010	306	871	356	1492	43	8	228	353	288	44		327			8		10	4,334
						2009	293	812	337	1389	40	8	216	332	287	48		321			7	1	10	4,101
						2008	222	705	356	1394	44	13	229	335	351	47		380			8		9	4,092
						2007	139	676	341	1344	36	12	266	337	299	41		343			7		12	3,853
						2006	123	687	349	1362	39	13	269	317	298	44	1	326			7		14	3,849
						2005	88	540	335	1208	34	10	243	270	277	37	4	348			5		5	3,405
						2004	104	594	359	1267	38	13	228	284	309	37	1	369	1		9		9	3,622
						2003	103	550	362	1239	36	10	221	270	296	34	1	291	1		6	1	7	3,428
						2002	135	468	360	1300	35	5	207	244	295	38	2	161		0	14	0	7	3,272
						2001	107	361	320	1295	35	6	203	229	322	46		170			19		9	3,122
						2000	108	287	325	1230	26	5	190	204	309	31	1	171		0	11	0	7	2,905
						1999	117	293	361	1241	19	6	165	193	350	40	2	148	0	0	16	0	10	2,960
						1998	91	305	292	1073	23	4	121	97	269	23	1	102		1	9		11	2,422
						1997	112	263	260	1079	13	2	120	140	249	32	1	84		1	19		15	2,390
						1996	99	254	254	967	12	28	113	114	300	38	1	65	1	1	25	1	12	2,305
13	NIC-1	108	ECD	Emp. San Isidro - La Trinidad	Matagalpa / Estell	2017	288	1032	364	1374	45	5	158	369	223	53	41	303		1			5	4,261
						2015	371	1263	268	1383	124	22	205	212	547	54		364					19	4,832
						2012	254	979	291	1153	69	15	206	315	394	57		330					9	4,072
						2010	152	935	238	1090	48	5	204	319	228	44		313					21	3,597
						2008	190	716	221	1066	38	15	257	348	248	63		419			3		3	3,586
						2007	121	863	268	1111	29	8	260	282	255	30	1	295			3		4	3,531

Fuente: Anuario de aforo de tráfico año 2018. MTI.

Tabla N° 62: Indicadores Macro-Económicos.

Principales indicadores macroeconómicos - Main macroeconomic indicators													
Conceptos - Concepts	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
PIB (a precios constantes) ^{1/} - Real GDP ^{1/} →	118,837.7	124,870.3	129,160.5	124,907.7	130,416.3	138,654.2	147,661.4	154,936.8	162,351.3	170,131.6	177,894.9	186,212.4	179,107.0
PIB (córdobas corrientes) - Nominal GDP	118,837.7	136,950.2	164,602.4	168,791.3	187,052.6	219,182.2	247,993.9	271,529.8	308,403.1	347,707.3	380,260.8	416,012.8	413,910.6
PIB (en millones US\$) - GDP (million of US\$)	6,763.7	7,423.4	8,497.0	8,298.7	8,758.6	9,774.3	10,532.5	10,983.0	11,880.4	12,756.7	13,286.0	13,843.7	13,117.9
Población (miles de habitantes) ^{2/} - Population (thousands) ^{2/} →	5,638.0	5,707.9	5,778.8	5,850.5	5,923.1	5,996.6	6,071.0	6,134.3	6,198.2	6,262.7	6,327.9	6,393.8	6,460.4
Base monetaria - Monetary base	8,121.8	9,847.8	10,369.5	12,425.7	14,549.8	18,278.0	19,174.4	20,466.9	23,502.5	29,661.4	29,138.0	33,113.6	30,132.7
Depósitos totales ^{3/} - Total deposits ^{3/}	38,792.8	45,454.7	48,776.4	56,489.1	70,400.3	82,043.5	86,550.1	98,591.8	117,345.7	133,636.1	145,144.1	160,719.0	127,434.1
Cartera de crédito bruta ^{4/} - Gross credit portfolio ^{4/}	31,941.8	42,026.3	47,198.6	44,241.7	45,289.1	53,852.4	69,457.2	84,281.8	100,712.1	123,839.2	146,721.6	167,150.3	152,240.2
Balance del SPNF a/d - Balance of NFPS (before grants)	(3,464.2)	(2,905.7)	(4,875.2)	(6,576.7)	(4,121.9)	(3,457.3)	(4,144.5)	(5,803.4)	(7,957.3)	(9,906.2)	(11,823.3)	(12,742.6)	(19,449.3)
Balance del SPNF d/d - Balance of NFPS (after grants)	578.6	1,311.1	(1,027.8)	(2,195.7)	(1,101.6)	354.2	(626.5)	(3,024.2)	(4,541.5)	(5,593.4)	(7,580.1)	(8,453.7)	(16,945.1)
1/	: PIB 2006-2018 (año de referencia 2006) - GDP 2006-2018 (reference year 2006).												
2/	: Información de la Encuesta Continua de Hogares correspondiente al promedio de cada año - Information from the households continuing survey, corresponding to the average of each year												
3/	: Los datos de inflación han sido calculados en base a IPC: 2001-2018 (base 2006) - Inflation data have been calculated based on the CPI: 2001-2018 (base 2006).												
4/	: Forma parte del financiamiento interno (según MEFP 2001) - This concept is part of domestic financing (GFPM, 2001).												
5/	: Incluye ingresos de privatización - Include Privatization revenues.												
6/	: Desde 2006, se define de acuerdo con la sexta edición del manual de balanza de pagos del FMI - Since 2006, it is defined according to the sixth edition of the Balance of payments manual from the IMF.												
7/	: Incluye exportaciones de bienes y servicios considerando el valor total de zonas francas - Includes exports of goods and services considering the gross export of free zones												
8/	: Estimaciones de población promedio para cada año, con base en el censo de población 2005 y de ENDESA 2006-2007, revisión 2012 - Estimates of average population for each year, based on the 2005 population census and the Nicaraguan demographic and health survey 2006-2007, 2012 revision.												
9/	: No incluye otras obligaciones con el público - Does not include other obligations with the public.												
10/	: Incluye intereses y comisiones por cobrar - Include interest and fees receivable.												
Nota	: Tasa de desempleo 2018, corresponde al promedio del I, II y III trimestre - Unemployment rate 2018, corresponds to the average of I, II and quarter.												
Fuente - Source	: BCN - Central Bank of Nicaragua (BCN).												

Fuente: Informe Anual del BCN – 2018, pág.8 PDF.

Tabla N° 63: Consumo de Hidrocarburos.

Conceptos - Concepts	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017 ^{p/}	2018 ^{p/}
Gas licuado - Liquefied petroleum gas	672.1	714.7	707.5	747.4	875.4	792.6	940.2	1,056.9	1,094.4	1,233.9	1,349.4	1,438.9	1,430.0
Gasolina - Gasoline	1,622.9	1,715.9	1,705.9	1,820.1	1,860.8	1,914.0	2,055.1	2,132.3	2,273.5	2,581.6	2,846.0	2,968.9	2,781.0
Kero/turbo - Kero/turbo	201.5	240.0	216.0	191.8	180.0	187.4	208.6	201.9	214.9	244.9	243.5	272.3	204.0
Diesel - Diesel	3,079.7	3,505.7	3,152.9	3,115.1	3,282.3	3,474.0	3,560.7	3,655.9	3,853.6	4,232.1	4,441.5	4,627.5	4,279.3
Fuel oil - Fuel oil	3,646.8	3,437.7	3,437.3	3,812.1	3,297.0	3,894.5	3,442.7	3,037.7	3,078.6	3,501.2	3,411.6	2,954.0	2,891.6
Asfalto - Asphalt	78.4	118.3	111.4	69.9	82.4	114.0	104.9	69.5	64.4	115.5	131.3	95.4	113.3

1/ : Incluye el consumo de operación de la Refinería - It includes refineries operation consumption.
p/ : Preliminar - Preliminary.
Fuente - Source : MEM y BCN - Ministry of Energy and Mines (MEM) and Central Bank of Nicaragua (BCN).

Fuente: Informe Anual del BCN – 2018, pág.36 PDF.

Tabla N° 64: Diagrama de cargas permisibles vehículos livianos.

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

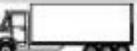
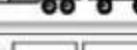
Fuente: Ministerio de Transporte e Infraestructura (2018).

Imagen N° 35: Tipología y descripción vehicular de conteos de tráfico de la oficina de Diagnóstico, Evaluación de Pavimentos y Puentes.

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

Fuente: Anuario de aforo de tráfico año 2018. MTI.

Imagen N° 36: Diagrama de cargas permisibles vehiulos pesados.

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

NOTA: El peso máximo permisible será el menor entre el especificado por el fabricante y el contenido en esta columna.
a : Eje sencillo llanta sencilla.
b : Eje sencillo llanta doble.

Fuente: Anuario de aforo de tráfico año 2018. MTI.

Tabla N° 65: 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)
2.2	2	8.9	.0002	.0002	.0002	.0002	.0002
	4	17.8	.002	.003	.002	0.002	.002
4.4	6	26.7	.009	.012	.011	0.10	.009
	8	35.6	.030	.035	.036	.033	.031
8.8,9.9	10	44.5	.075	.085	.090	.085	0.079
11	12	53.4	.165	.177	.189	.183	.174
	14	62.3	.325	.338	.354	.350	.338
14.3	16	71.2	.589	.598	.613	.612	.603
	18	80.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	20	89.0	1.61	1.59	1.56	1.55	1.57
	22	97.9	2.49	2.44	2.35	2.31	 2.35
	24	106.8	3.71	3.62	3.43	3.33	3.46
	26	115.7	5.36	5.21	4.88	4.68	4.77
	28	124.6	7.54	7.31	6.78	6.42	6.52
	30	133.5	10.4	10.0	9.2	8.6	8.7
	32	142.4	14.0	13.5	12.4	11.5	11.5
	34	151.3	18.5	17.9	16.3	15.0	14.9
	36	160.0	24.2	23.3	21.2	19.3	19.0
	38	169.1	31.1	29.9	27.1	24.6	24.0
	40	178.0	39.6	38.0	34.3	30.9	30.0
	42	186.9	49.7	47.7	43.0	38.6	37.2
	44	195.8	61.8	59.3	53.4	47.6	45.7
	46	204.7	76.1	73.0	65.6	58.3	55.7
	48	213.6	92.9	89.1	80.0	70.9	67.3
	50	222.5	113	108	97	86	81

Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements.

Tabla N° 66: 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
36.30	40	178.0	2.22	2.19	2.15	2.13	2.16
	42	186.9	2.77	2.73	2.64	2.62	2.66
	44	195.8	3.42	3.36	3.23	3.18	3.24
	46	204.7	4.20	4.11	3.92	3.83	3.91
	48	213.6	5.10	4.98	4.72	4.58	4.68
	50	222.5	6.15	5.99	5.64	5.44	5.56
	52	231.4	7.37	7.16	6.71	6.43	6.56
	54	240.3	8.77	8.51	7.93	7.55	7.69
	56	249.2	10.4	10.1	9.3	8.8	9.0
	58	258.1	12.2	11.8	10.9	10.3	10.4

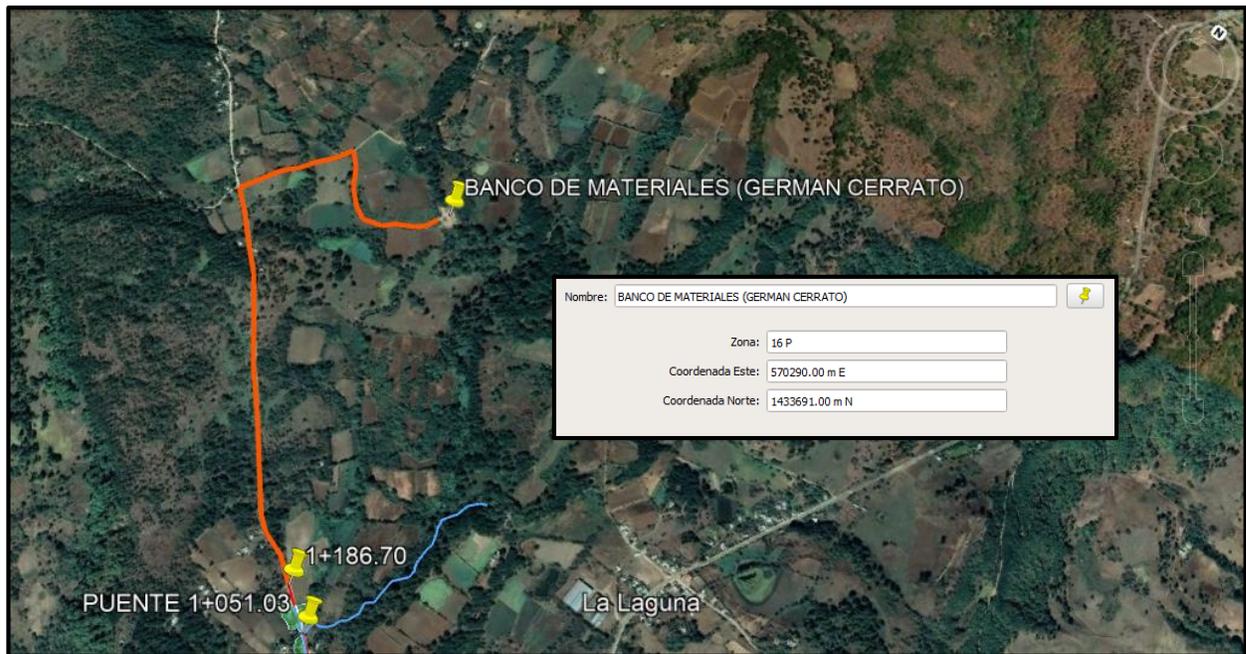
Fuente: Manual AASHTO-93 Design Requirements.

**Tabla Nº 67: Sondeos del tramo en estudio.
Estación inicial (Estación inicial 0+000 Estación final 1+186).**

Sondeo No.	Estacion	Lado	Muestra No.	Capa		Espesor cm	Granulometria										Limites de Atterberg			Clasificación AASHTO de suelos.
				Desde, cm	Hasta, cm		2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200	LL (%)	LP (%)	IP (%)	
				HRB																
S1	0+000	DERECHA	M-1	0	28	28	100	98	87	70	65	48	37	29	20	13	30	20	10	A-2-4 (0)
			M-2	28	52	24	87	73	59	47	40	28	19	15	12	9	47	29	18	A-2-7 (0)
			M-3	52	150	98	100	100	100	100	100	100	100	99	95	93	69	41	28	A-7-5 (19)
S2	0+100	CENTRO	M-1	0	24	24	100	98	87	70	65	48	37	29	20	13	30	20	10	A-2-4 (0)
			M-2	24	60	36	100	91	76	63	54	34	23	18	13	9	49	25	24	A-2-7 (0)
			M-3	60	110	50	100	100	100	100	100	100	100	96	83	59	48	30	18	A-7-5 (9)
S3	0+200	CENTRO	M-1	0	21	21	86	73	68	50	45	35	27	20	12	8	28	18	10	A-2-4 (0)
			M-2	21	115	94	75	64	54	44	38	31	16	11	7	5	46	27	19	A-2-7 (0)
S4	0+300	CENTRO	M-1	0	30	30	100	98	87	70	65	48	37	29	20	13	30	20	10	A-2-4 (0)
			M-2	30	150	120	100	100	100	100	100	100	100	94	82	66	58	35	23	A-7-5 (14)
S5	0+400	DERECHA	M-1	0	30	30	100	100	100	98	97	94	85	73	36	25	36	29	7	A-2-4 (0)
			M-2	30	68	38	100	93	86	79	53	44	33	25	19	13	39	26	13	A-2-6 (0)
			M-3	68	130	62	100	100	100	100	98	93	72	67	58	48	65	41	24	A-7-5 (9)
S6	0+500	IZQUIERDA	M-1	0	21	21	100	98	87	70	65	48	37	29	20	13	30	20	10	A-2-4 (0)
			M-2	21	90	69	94	78	71	62	57	47	26	18	12	8	36	24	12	A-2-6 (0)
			M-3	90	150	60	90	86	80	77	72	67	52	45	36	32	51	32	19	A-2-7 (2)
S7	0+600	IZQUIERDA	M-1	0	30	30	100	95	86	68	63	44	33	37	17	11	28	18	10	A-2-4 (0)
			M-2	30	105	75	93	85	70	56	50	37	27	21	13	9	29	14	15	A-2-6 (0)
S8	0+700	DERECHA	M-1	0	26	26	100	95	87	73	63	43	30	22	13	8	26	16	10	A-2-4 (0)
			M-2	26	71	45	90	84	57	41	33	20	12	9	7	6	44	21	23	A-2-7 (0)
			M-3	71	150	79	100	100	100	100	96	94	71	67	57	52	58	39	19	A-7-5 (8)
S9	0+800	DERECHA	M-1	0	25	25	100	98	87	70	65	48	37	29	20	13	30	20	10	A-2-4 (0)
			M-2	25	150	125	100	100	100	100	100	100	100	94	82	66	52	32	20	A-7-5 (16)
S10	0+900	DERECHA	M-1	0	15	15	100	99	88	77	67	53	40	32	22	15	28	18	10	A-2-4 (0)
			M-2	15	125	110	94	78	71	62	57	47	26	18	12	8	36	24	12	A-2-6 (0)
S11	1+000	DERECHA	M-1	0	35	35	100	100	100	100	100	100	100	94	54	22	39	24	15	A-2-6 (0)
			M-2	35	150	115	94	87	60	42	36	22	13	11	8	6	47	22	25	A-2-7 (0)
S12	1+100	DERECHA	M-1	0	32	32	100	100	100	100	100	100	100	93	49	18	38	21	17	A-2-6 (0)
			M-2	32	105	73	87	73	59	47	40	28	19	15	12	9	47	29	18	A-2-7 (0)
			M-3	105	150	45	100	100	100	100	100	100	100	96	81	57	48	33	15	A-7-5 (7)
S13	1+186	DERECHA	M-1	0	27	27	100	98	85	67	58	42	29	22	15	10	31	18	13	A-2-6 (0)
			M-2	27	120	93	100	100	96	95	92	82	63	53	39	28	45	24	21	A-2-7 (0)
			M-3	120	150	30	100	100	100	100	100	100	100	97	82	61	45	32	13	A-7-5 (7)

Fuente: Laboratorio UNI-RUACS. Alcaldía Municipal de San Nicolás.

Imagen N°37: Banco de Material propuesto (German Cerrato).



Fuente: Google Earth.

Tabla N° 68: Levantamiento Topográfico.

NUMERO	COOR. UTM Y	COOR. UTM X	ELEV. Msnm	CODIGO
1	1431904	571494	1328	STN
2	1431912.404	571503.87	1328.89	BORDILLO
3	1431908.252	571503.534	1328.94	BORDILLO
4	1431905.486	571503.39	1328.962	BORDILLO
5	1431901.293	571503.3	1329.055	BORDILLO
6	1431896.226	571503.327	1329.138	BORDILLO
7	1431891.317	571503.602	1329.242	BORDILLO
8	1431887.864	571503.908	1329.305	BORDILLO
9	1431884.352	571504.343	1329.369	BORDILLO
10	1431880.836	571504.857	1329.424	BORDILLO
11	1431876.651	571505.614	1329.512	BORDILLO
12	1431874.161	571496.717	1329.418	CERCA
13	1431890.293	571493.513	1329.135	VADO
14	1431891.436	571491.995	1329.024	VADO
15	1431892.439	571490.283	1329.099	VADO
16	1431902.367	571498.037	1328.98	VADO
17	1431903.329	571496.531	1328.862	VADO
18	1431904.247	571495.002	1328.999	VADO
19	1431905.645	571497.884	1328.9	CUNETA
20	1431905.909	571497.442	1328.793	CUNETA
21	1431906.171	571496.802	1328.881	CUNETA
22	1431913.342	571499.551	1328.731	CUNETA
23	1431913.145	571500.206	1328.647	CUNETA
24	1431912.934	571500.837	1328.714	CUNETA
25	1431913.659	571498.26	1328.833	CERCO
26	1431906.999	571496.733	1328.988	CERCO
27	1431906.723	571495.846	1329.154	CERCO
28	1431910.122	571492.434	1329.084	CERCO
29	1431909.415	571491.974	1329.181	TALUD
30	1431908.848	571491.516	1329.014	TALUD
31	1431907.944	571490.777	1328.88	CUNETA
32	1431906.281	571489.422	1329.075	HOMBRO
33	1431903.604	571487.163	1329.184	CORONA
34	1431900.049	571483.884	1329.175	HOMBRO
35	1431898.314	571482.335	1329.15	CUNETA
36	1431897.146	571480.897	1329.376	CERCA
37	1431925.253	571478.14	1329.098	CERCA
38	1431922.319	571474.938	1329.027	HOMBRO
39	1431919.962	571472.464	1329.224	HOMBRO
40	1431917.548	571469.64	1329.228	HOMBRO

NUMERO	COORD. UTM Y	COORD. UTM X	ELEV. Msnm	CODIGO
41	1431916.798	571468.516	1329.192	CUNETA
42	1431915.191	571466.685	1329.682	TALUD
43	1431941.681	571463.061	1329.513	CERCA
44	1431939.98	571461.148	1329.115	CUNETA
45	1431939.301	571460.279	1329.263	HOMBRO
46	1431937.215	571457.833	1329.444	CORONA
47	1431935.25	571455.413	1329.431	HOMBRO
48	1431934.504	571454.297	1329.377	CUNETA
49	1431933.068	571452.843	1330.027	CERCA
50	1431958.696	571449.04	1330.12	TALUD
51	1431956.726	571446.745	1329.492	CUNETA
52	1431956.063	571445.838	1329.666	HOMBRO
53	1431954.318	571443.797	1329.841	CORONA
54	1431952.588	571441.644	1329.685	HOMBRO
55	1431951.977	571440.634	1329.658	CORONA
56	1431949.105	571440.003	1330.549	TALUD
57	1431969.485	571421.973	1330.541	CERCA
58	1431971.833	571424.972	1330.015	CUNETA
59	1431972.164	571425.378	1330.052	HOMBRO
60	1431973.498	571427.608	1330.197	CERCA
61	1431975.278	571429.898	1330.062	HOMBRO
62	1431975.684	571430.603	1329.958	CUNETA
63	1431977.337	571432.354	1330.633	CERCA
64	1431990.059	571405.237	1331.151	TALUD
65	1431991.883	571407.436	1330.43	CUNETA
66	1431992.28	571408.113	1330.5	HOMBRO
67	1431993.85	571410.142	1330.66	CORONA
68	1431995.598	571412.458	1330.669	HOMBRO
69	1431996.288	571413.338	1330.56	CUNETA
70	1431992.181	571418.271	1330.639	TALUD
71	1432012.418	571384.062	1331.322	CERCA
72	1432014.295	571386.153	1330.997	CUNETA
73	1432015.232	571387.076	1331.044	HOMBRO
74	1432016.842	571389.176	1331.178	CORONA
75	1432018.803	571391.317	1331.178	HOMBRO
76	1432019.509	571391.975	1331.17	CUNETA
77	1432020.951	571393.346	1331.615	CERCA
78	1432031.384	571366.092	1331.8	CERCA
79	1432033.667	571368.325	1331.407	CERCA
80	1432035.544	571370.46	1331.557	CORONA

NUMERO	COORD. UTM Y	COORD. UTM X	ELEV. Msnm	CODIGO
81	1432037.468	571372.622	1331.513	HOMBRO
82	1432038.115	571373.379	1331.429	CUNETA
83	1432041.227	571375.529	1331.883	TALUD
84	1432047.83	571350.009	1331.833	CERCA
85	1432049.105	571351.234	1331.517	CUNETA
86	1432049.612	571351.792	1331.544	HOMBRO
87	1432051.611	571354.153	1331.687	CORONA
88	1432053.525	571356.446	1331.682	HOMBRO
89	1432054.166	571356.974	1331.591	CUNETA
90	1432057.552	571359.139	1332.446	CUNETA
91	1432065.226	571332.431	1332.041	TALUD
92	1432066.208	571334.331	1331.679	CUNETA
93	1432066.676	571335.188	1331.675	HOMBRO
94	1432068.45	571337.578	1331.84	CORONA
95	1432070.303	571339.632	1331.72	HOMBRO
96	1432070.764	571340.17	1331.677	CUNETA
97	1432074.056	571343.182	1332.399	TALUD
98	1432082.446	571315.723	1331.9	CERCA
99	1432083.639	571317.313	1331.637	CUNETA
100	1432083.962	571317.908	1331.688	HOMBRO
101	1432085.821	571320.135	1331.753	CORONA
102	1432087.526	571322.187	1331.648	HOMBRO
103	1432087.826	571322.668	1331.652	CUNETA
104	1432091.856	571325.933	1332.446	TALUD
105	1432083.764	571319.259	1331.741	CERCA
106	1431903.976	571494.024	1329.045	P105BM1VA
107	1432093.638	571302.717	1332.029	CERCA
108	1432095.209	571304.667	1331.596	CUNETA
109	1432095.92	571305.346	1331.614	HOMBRO
110	1432100.502	571308.93	1331.622	HOMBRO
111	1432101.104	571309.556	1331.613	CUNETA
112	1432103.541	571311.42	1332.685	TALUD
113	1432106.675	571290.333	1332.124	CORONA
114	1432108.619	571292.317	1331.517	HOMBRO
115	1432109.184	571292.747	1331.575	HOMBRO
116	1432111.076	571294.574	1331.708	TALUD
117	1432112.898	571296.62	1331.605	HOMBRO
118	1432113.415	571297.105	1331.5	CUNETA
119	1432115.929	571299.364	1332.293	CERCA
120	1432118.977	571278.012	1332.302	CORONA

NUMERO	COOR. UTM Y	COOR. UTM X	ELEV. Msnm	CODIGO
121	1432120.771	571280.216	1331.608	CUNETA
122	1432121.342	571280.745	1331.658	HOMBRO
123	1432123.281	571282.487	1331.726	CORONA
124	1432125.582	571284.113	1331.535	HOMBRO
125	1432126.193	571284.703	1331.482	CUNETA
126	1432128.63	571286.636	1332.173	CERCA
127	1432131.371	571265.729	1331.857	TALUD
128	1432133.139	571267.829	1331.375	CUNETA
129	1432133.839	571268.569	1331.423	HOMBRO
130	1432135.776	571270.249	1331.511	CERCA
131	1432137.726	571272.123	1331.306	HOMBRO
132	1432138.304	571272.649	1331.26	CUNETA
133	1432140.541	571274.782	1332.098	CORONA
134	1432140.432	571258.103	1331.574	CORONA
135	1432146.973	571254.636	1331.155	CUNETA
136	1432147.684	571255.41	1331.176	HOMBRO
137	1432149.437	571257.043	1331.204	CERCA
138	1432151.059	571258.685	1331.058	CERCA
139	1432151.814	571259.435	1331.011	CUNETA
140	1432154.496	571261.999	1331.924	CORONA
141	1432159.203	571240.27	1331.43	CORONA
142	1432160.817	571241.734	1330.827	CUNETA
143	1432161.316	571242.204	1330.859	HOMBRO
144	1432162.629	571244.126	1330.949	CERCA
145	1432164.44	571245.996	1330.815	CERCA
146	1432165.078	571246.523	1330.767	CUNETA
147	1432167.849	571249.354	1331.578	CORONA
148	1432172.353	571227.05	1331.179	TALUD
149	1432173.673	571228.604	1330.622	CUNETA
150	1432174.533	571229.074	1330.651	HOMBRO
151	1432176.323	571230.635	1330.737	CERCA
152	1432178.185	571232.428	1330.614	HOMBRO
153	1432178.853	571232.915	1330.557	CUNETA
154	1432180.847	571234.104	1331.292	CORONA
155	1432185.259	571213.921	1331.221	CORONA
156	1432186.946	571215.722	1330.419	CUNETA
157	1432187.462	571216.195	1330.405	HOMBRO
158	1432189.601	571217.682	1330.495	CORONA
159	1432191.282	571219.285	1330.368	HOMBRO
160	1432191.824	571219.731	1330.4	CUNETA

NUMERO	COORD. UTM Y	COORD. UTM X	ELEV. Msnm	CODIGO
161	1432194.683	571222.931	1331.624	TALUD
162	1432197.896	571201.477	1330.687	TALUD
163	1432199.548	571203.292	1330.173	CUNETA
164	1432200.227	571203.863	1330.186	HOMBRO
165	1432202.01	571205.359	1330.291	CERCA
166	1432203.991	571207.058	1330.214	HOMBRO
167	1432204.613	571207.578	1330.182	CUNETA
168	1432207.88	571210.234	1330.861	CUNETA
169	1432212.038	571187.324	1330.494	TALUD
170	1432213.759	571189.34	1330.02	HOMBRO
171	1432214.303	571189.897	1330.061	HOMBRO
172	1432215.869	571191.393	1330.088	CORONA
173	1432217.687	571193.048	1330.088	HOMBRO
174	1432218.362	571193.63	1330.108	CUNETA
175	1432221.385	571196.533	1331.106	CORONA
176	1432226.417	571174.138	1330.317	CORONA
177	1432227.715	571175.617	1329.962	CUNETA
178	1432228.446	571176.391	1329.981	HOMBRO
179	1432229.908	571178.306	1330.086	182CAL
180	1432231.382	571179.896	1329.982	HOMBRO
181	1432232.04	571180.53	1330.027	CUNETA
182	1432235.301	571183.249	1330.952	TALUD
183	1432241.218	571161.072	1330.524	CORONA
184	1432242.782	571162.993	1329.855	CUNETA
185	1432242.759	571162.992	1329.854	HOMBRO
186	1432245.105	571165.797	1330.051	CERCA
187	1432246.779	571168.105	1329.994	HOMBRO
188	1432247.164	571168.711	1330.065	HOMBRO
189	1432249.591	571171.167	1330.599	CORONA
190	1432254.823	571147.547	1329.939	TALUD
191	1432256.405	571149.434	1329.717	CUNETA
192	1432257.54	571150.415	1329.859	HOMBRO
193	1432259.244	571152.474	1329.985	CORONA
194	1432261.019	571154.273	1330.009	HOMBRO
195	1432261.711	571154.858	1329.985	CUNETA
196	1432263.217	571155.316	1330.222	CERCA
197	1432275.093	571134.612	1328.708	BM3
198	1432083.774	571319.25	1330.66	BM3VA
199	1432263.818	571134.497	1328.977	TALUD
200	1432266.135	571135.642	1328.639	CUNETA

NUMERO	COORD. UTM Y	COORD. UTM X	ELEV. Msnm	CODIGO
201	1432267.137	571136.104	1328.722	HOMBRO
202	1432269.298	571137.086	1328.818	CORONA
203	1432271.632	571138.335	1328.822	HOMBRO
204	1432272.68	571139.048	1328.711	CUNETA
205	1432275.687	571140.968	1329.274	TALUD
206	1432273.485	571116.189	1328.46	HOMBRO
207	1432275.346	571116.884	1328.561	CUNETA
208	1432276.18	571117.18	1328.612	HOMBRO
209	1432278.424	571118.184	1328.718	CORONA
210	1432280.957	571119.382	1328.64	HOMBRO
211	1432281.69	571119.692	1328.602	CUNETA
212	1432283.803	571120.479	1328.983	CERCA
213	1432279.821	571099.061	1328.032	TALUD
214	1432282.076	571100.096	1328.457	CUNETA
215	1432282.771	571100.392	1328.473	HOMBRO
216	1432284.798	571101.174	1328.603	CORONA
217	1432286.695	571101.923	1328.583	HOMBRO
218	1432287.733	571102.348	1328.598	CUNETA
219	1432291.043	571103.5	1329.728	TALUD
220	1432287.343	571078.655	1328.026	CERCA
221	1432288.441	571079.298	1328.069	CUNETA
222	1432289.645	571079.774	1328.244	HOMBRO
223	1432291.678	571080.467	1328.472	CORONA
224	1432294.068	571081.251	1328.569	CERCA
225	1432299.063	571082.612	1330.057	TALUD
226	1432293.796	571057.905	1329.503	CERCA
227	1432296.384	571058.674	1328.359	CUNETA
228	1432297.189	571059.233	1328.373	HOMBRO
229	1432299.262	571060.084	1328.44	CORONA
230	1432301.368	571060.84	1328.378	HOMBRO
231	1432302.415	571061.32	1328.411	CUNETA
232	1432305.686	571061.858	1329.38	CERCA
233	1432300.436	571037.262	1328.423	TALUD
234	1432302.525	571038.165	1328.189	CUNETA
235	1432306.885	571039.695	1328.211	HOMBRO
236	1432307.425	571039.925	1328.216	CUNETA
237	1432310.984	571040.054	1330.574	CERCA
238	1432305.77	571015.439	1327.525	CERCA
239	1432307.152	571015.749	1327.485	CUNETA
240	1432308.008	571015.983	1327.488	HOMBRO

NUMERO	COOR. UTM Y	COOR. UTM X	ELEV. Msnm	CODIGO
241	1432310.335	571016.838	1327.494	CORONA
242	1432312.213	571017.248	1327.409	HOMBRO
243	1432313.121	571017.567	1327.423	CUNETA
244	1432316.788	571018.176	1329.862	CORONA
245	1432315.119	571005.004	1326.804	VADO
246	1432315.421	571003.403	1326.755	247VADO
247	1432315.75	571001.277	1326.781	248VADO
248	1432310.073	571002.637	1326.628	249VADO
249	1432310.46	571000.695	1326.773	250VADO
250	1432318.948	570984.767	1326.905	251BM4
251	1432275.088	571134.633	1328.737	ATRÁS BM3
252	1432308.866	570992.424	1326.316	253CERC
253	1432310.697	570992.563	1326.618	CUNETA
254	1432312.282	570992.567	1326.748	HOMBRO
255	1432314.526	570992.625	1326.84	CORONA
256	1432317.03	570992.738	1326.794	CERCA
257	1432318.472	570992.931	1326.772	CUNETA
258	1432320.399	570993.186	1328.657	CERCA
259	1432313.471	570969.855	1326.744	260CER
260	1432314.691	570970.196	1326.73	CUNETA
261	1432315.549	570970.324	1326.777	HOMBRO
262	1432317.53	570971.004	1326.786	CORONA
263	1432319.951	570971.43	1326.794	HOMBRO
264	1432320.995	570971.698	1326.74	CUNETA
265	1432323.237	570971.579	1329.267	TALUD
266	1432315.661	570948.092	1325.683	CERCA
267	1432316.999	570948.399	1325.643	CUNETA
268	1432318.17	570948.658	1325.633	HOMBRO
269	1432319.847	570949.092	1325.661	CORONA
270	1432322.261	570949.505	1325.852	HOMBRO
271	1432323.876	570949.962	1325.983	CUNETA
272	1432326.231	570950.21	1327.426	TALUD
273	1432317.483	570931.915	1325.136	VADO
274	1432317.502	570929.839	1325.282	276VADO
275	1432323.219	570929.541	1325.257	277VADO
276	1432323.261	570931.461	1325.222	VADO
277	1432323.151	570933.413	1325.267	279VADR
278	1432315.585	570926.292	1325.237	TALUD
279	1432316.445	570926.366	1325.182	CUNETA

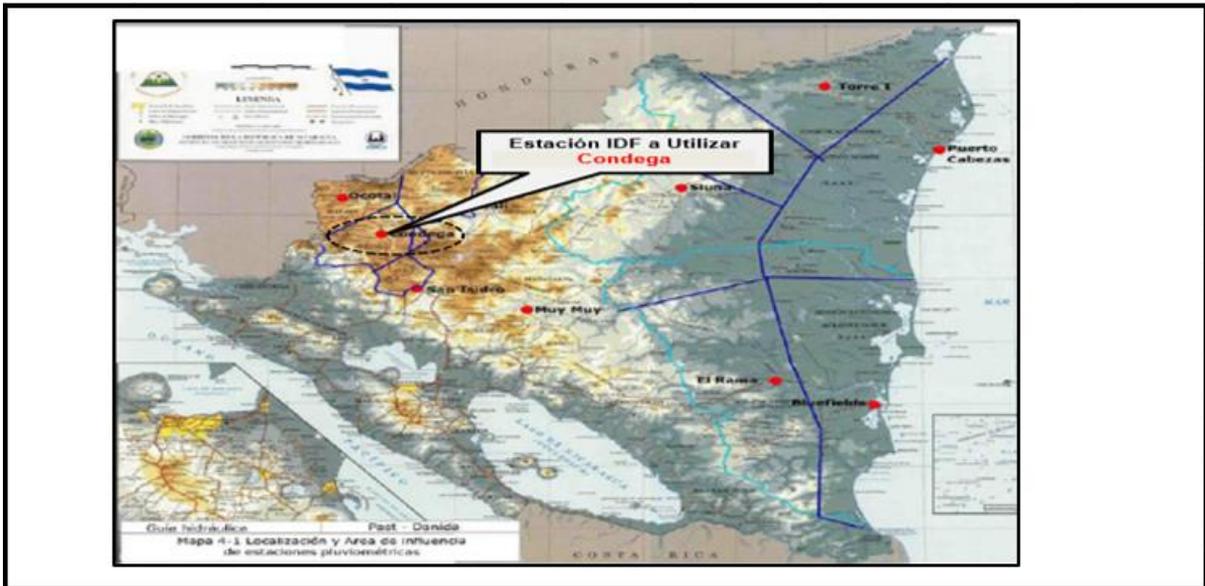
NUMERO	COOR. UTM Y	COOR. UTM X	ELEV. Msnm	CODIGO
280	1432318.181	570926.39	1325.224	HOMBRO
281	1432320.769	570926.193	1325.327	CORONA
282	1432323.097	570926.178	1325.259	HOMBRO
283	1432324.132	570926.201	1325.361	CUNETA
284	1432327.381	570926.713	1326.197	CERCA
285	1432314.449	570904.498	1325.642	CERCA
286	1432315.969	570904.521	1325.536	CUNETA
287	1432316.644	570904.572	1325.54	HOMBRO
288	1432319.257	570904.632	1325.542	CORONA
289	1432321.956	570904.774	1325.453	HOMBRO
290	1432323.105	570904.831	1325.476	CUNETA
291	1432326.454	570903.605	1326.366	CERCA
292	1432313.822	570881.421	1325.608	CERCA
293	1432314.926	570881.511	1325.415	CUNETA
294	1432315.812	570881.645	1325.427	HOMBRO
295	1432317.929	570881.594	1325.54	CORONA
296	1432320.61	570881.738	1325.475	HOMBRO
297	1432321.63	570881.659	1325.498	CUNETA
298	1432325.981	570881.228	1326.51	TALUD
299	1432313.764	570859.326	1325.519	CUNETA
300	1432314.473	570859.31	1325.516	HOMBRO
301	1432317.304	570859.576	1325.626	CORONA
302	1432319.99	570859.842	1325.45	HOMBRO
303	1432320.824	570859.77	1325.489	CUNETA
304	1432324.079	570860.481	1326.407	CERCA
305	1432313.051	570838.376	1325.285	TALUD
306	1432314.015	570838.565	1325.142	CUNETA
307	1432315.548	570838.865	1325.417	HOMBRO
308	1432318.262	570839.589	1325.444	CORONA
309	1432320.95	570840.193	1325.332	HOMBRO
310	1432321.751	570840.314	1325.364	CUNETA
311	1432324.825	570840.488	1326.49	CERCA
312	1432315.586	570821.167	1325.21	CUNETA
313	1432317.507	570821.929	1325.042	CUNETA
314	1432318.574	570822.235	1325.21	HOMBRO
315	1432321.019	570823.2	1325.325	CORONA
316	1432323.661	570824.185	1325.132	CUNETA
317	1432323.116	570801.882	1324.744	319BM4

NUMERO	COOR. UTM Y	COOR. UTM X	ELEV. Msnm	CODIGO
318	1432318.949	570984.772	1326.945	M3 V. ATRAS
319	1432325.505	570849.258	1327.149	CORONA
320	1432312.455	570840.191	1325.431	CERCA
321	1432328.804	570823.656	1326.357	CERCA
322	1432319.419	570807.207	1324.928	CERCA
323	1432321.887	570808.224	1324.889	CUNETA
324	1432322.806	570808.575	1325.057	HOMBRO
325	1432325.164	570809.336	1325.123	CORONA
326	1432327.896	570810.121	1324.982	HOMBRO
327	1432328.639	570810.381	1324.969	CUNETA
328	1432332.026	570811.365	1326.123	TALUD
329	1432326.954	570787.502	1324.61	CORONA
330	1432329.973	570789.246	1324.651	CUNETA
331	1432330.729	570789.508	1324.77	HOMBRO
332	1432333.261	570790.623	1324.925	CORONA
333	1432335.553	570791.881	1324.843	HOMBRO
334	1432336.34	570792.287	1324.851	CUNETA
335	1432339.271	570793.637	1325.45	CERCA
336	1432336.446	570770.9	1324.304	CERCA
337	1432338.945	570772.422	1324.627	CUNETA
338	1432339.729	570772.791	1324.724	HOMBRO
339	1432341.564	570773.95	1324.852	CORONA
340	1432343.885	570775.145	1324.685	HOMBRO
341	1432344.597	570775.574	1324.684	HOMBRO
342	1432347.884	570777.482	1325.66	CUNETA
343	1432347.518	570754.402	1324.269	CERCA
344	1432348.624	570755.246	1324.268	CUNETA
345	1432349.407	570755.791	1324.32	CERCA
346	1432351.416	570757.01	1324.478	CORONA
347	1432353.688	570758.306	1324.335	HOMBRO
348	1432354.367	570758.739	1324.285	HOMBRO
349	1432357.494	570760.661	1325.574	TALUD
350	1432354.367	570758.739	1324.285	HOMBRO
351	1432357.494	570760.661	1325.574	TALUD
352	1432358.263	570737.536	1323.137	TALUD
353	1432360.524	570739.286	1323.577	CUNETA
354	1432361.293	570739.84	1323.613	HOMBRO
355	1432362.766	570740.903	1323.651	CORONA
356	1432364.838	570742.226	1323.553	CORONA

NUMERO	COORD. UTM Y	COORD. UTM X	ELEV. Msnm	CODIGO
357	1432365.634	570742.762	1323.448	HOMBRO
358	1432368.569	570744.327	1324.102	CORONA
359	1432371.167	570721.568	1322.706	TALUD
360	1432372.347	570722.449	1322.74	HOMBRO
361	1432373.123	570722.953	1322.825	HOMBRO
362	1432374.96	570724.255	1322.946	CORONA
363	1432376.695	570725.36	1322.86	HOMBRO
364	1432377.274	570725.807	1322.8	CUNETA
365	1432379.338	570727.948	1323.401	TALUD
366	1432383.315	570705.259	1322.422	CORONA
367	1432384.088	570706.061	1322.486	CUNETA
368	1432385.055	570706.698	1322.541	HOMBRO
369	1432386.929	570707.886	1322.629	CERCA
370	1432388.318	570708.946	1322.564	HOMBRO
371	1432389.01	570709.286	1322.545	CUNETA
372	1432390.795	570709.808	1322.878	CORONA
373	1432394.021	570688.759	1322.274	TALUD
374	1432394.994	570689.369	1322.335	HOMBRO
375	1432395.75	570689.835	1322.321	HOMBRO
376	1432397.21	570690.751	1322.287	CERCA
377	1432398.837	570691.837	1322.21	HOMBRO
378	1432399.437	570692.186	1322.1	CUNETA
379	1432401.445	570693.329	1322.829	CORONA
380	1432405.578	570672.38	1321.075	CORONA
381	1432406.704	570673.213	1321.212	CUNETA
382	1432407.579	570673.735	1321.349	HOMBRO
383	1432408.972	570674.544	1321.423	CORONA
384	1432410.389	570675.576	1321.38	HOMBRO
385	1432410.983	570676.026	1321.279	CUNETA
386	1432382.655	570719.818	1322.87	TALUD
387	1432418.368	570654.427	1321.107	387PU
388	1432423.709	570654.642	1321.051	388PU
389	1432421.76	570649.765	1321.057	389PU
390	1432427.381	570649.853	1321.075	390PU
391	1432435.314	570630.866	1320.63	TALUD
392	1432436.328	570631.509	1320.533	CUNETA
393	1432437.516	570632.134	1320.65	HOMBRO
394	1432439.054	570633.089	1320.728	CORONA
395	1432444.607	570618.331	1321.068	CORONA

NUMERO	COOR. UTM Y	COOR. UTM X	ELEV. Msnm	CODIGO
396	1432323.14	570801.875	1324.74	396BM4VA
397	1432440.653	570634.289	1320.68	HOMBRO
398	1432441.492	570634.84	1320.588	CUNETA
399	1432446.559	570637.769	1320.511	CORONA
400	1432443.817	570612.975	1321.768	TALUD
401	1432446.508	570614.213	1321.331	CUNETA
402	1432447.576	570614.553	1321.521	HOMBRO
403	1432449.225	570615.074	1321.569	CORONA
404	1432451.272	570615.848	1321.456	HOMBRO
405	1432452.168	570616.293	1321.218	CERCA
406	1432455.019	570617.441	1322.253	TALUD
407	1432452.995	570590.648	1323.248	CORONA
408	1432455.816	570592.045	1322.945	CUNETA
409	1432456.884	570592.534	1322.958	HOMBRO
410	1432458.708	570593.417	1322.978	CORONA
411	1432460.449	570594.036	1322.857	HOMBRO
412	1432461.44	570594.392	1322.697	CUNETA
413	1432463.99	570595.728	1323.56	TALUD
414	1432461.682	570571.205	1324.787	CORONA
415	1432464.637	570573.343	1324.252	CUNETA
416	1432465.641	570574	1324.324	HOMBRO
417	1432467.659	570575.368	1324.272	CORONA
418	1432470.215	570577.168	1324.029	HOMBRO
419	1432470.826	570577.57	1323.924	CUNETA
420	1432472.579	570578.666	1324.222	TALUD
421	1432475.859	570552.624	1325.528	CORONA
422	1432478.029	570554.32	1325.097	CUNETA
423	1432479.304	570555.118	1325.194	HOMBRO
424	1432480.928	570556.241	1325.215	CORONA
425	1432483.244	570557.948	1325.095	HOMBRO
426	1432483.999	570558.434	1324.937	TALUD
427	1432485.071	570559.773	1325.44	CORONA
428	1432488.888	570532.123	1326.468	CERCA
429	1432461.004	570589.863	1322.679	CUNETA
430	1432493.608	570535.525	1325.966	HOMBRO
431	1432495.274	570536.742	1325.997	CORONA
432	1432497.067	570537.774	1325.875	HOMBRO
433	1432497.789	570538.195	1325.73	CUNETA
434	1432498.928	570539.072	1326.062	CORONA

Imagen N°38: Estación IDF, Condega.



Estacion Pluivometrica a Utilizar

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

Factores de ajuste para la estación de Condega.

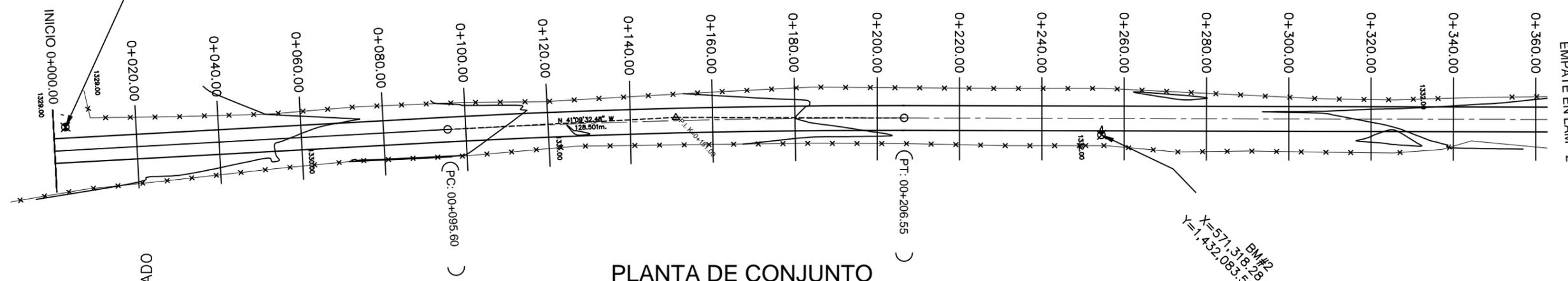
Imagen N°39: Micro cuencas identificadas.



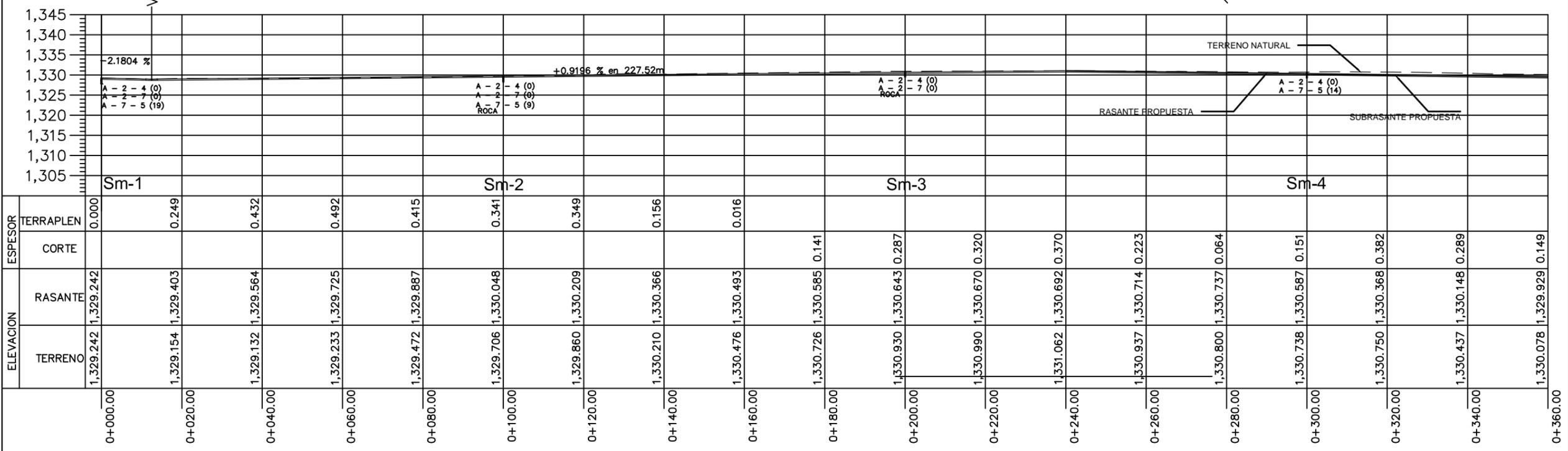
SECCIONES
LONGITUDINALES,
TRANSVERSALES Y
DETALLES CONSTRUCTIVO.

CURVA N° 1			
	Estacion	Norte	Este
PI	0+151.090	1,432,011.73	571,392.82
PC	0+095.603	1,431,970.49	571,429.88
PT	0+206.548	1,432,051.99	571,354.62
Delta:	03° 10.6' 6.00" lzq	Radio (m):	2000
Longitud(m):	110.95	Tangente (m):	55.49
External (m):	0.770	Peralte (%):	C.N.
Sa (m):	0.00	VD (K/hr):	50

BM#2
X=571,495.00
Y=1,431,904.25



PLANTA DE CONJUNTO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN
Líder en Ciencia y Tecnología

PROYECTO: DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO SEMI RÍGIDO
SUB-TRAMO: RANCHO DE DON LUIS - HOTEL MARDUK GARDENS
MUNICIPIO: SAN NICOLÁS - ESTELÍ.

CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL
ESCALA: HORIZONTAL 1 : 1000
VERTICAL 1 : 100
FECHA: NOVIEMBRE 2020

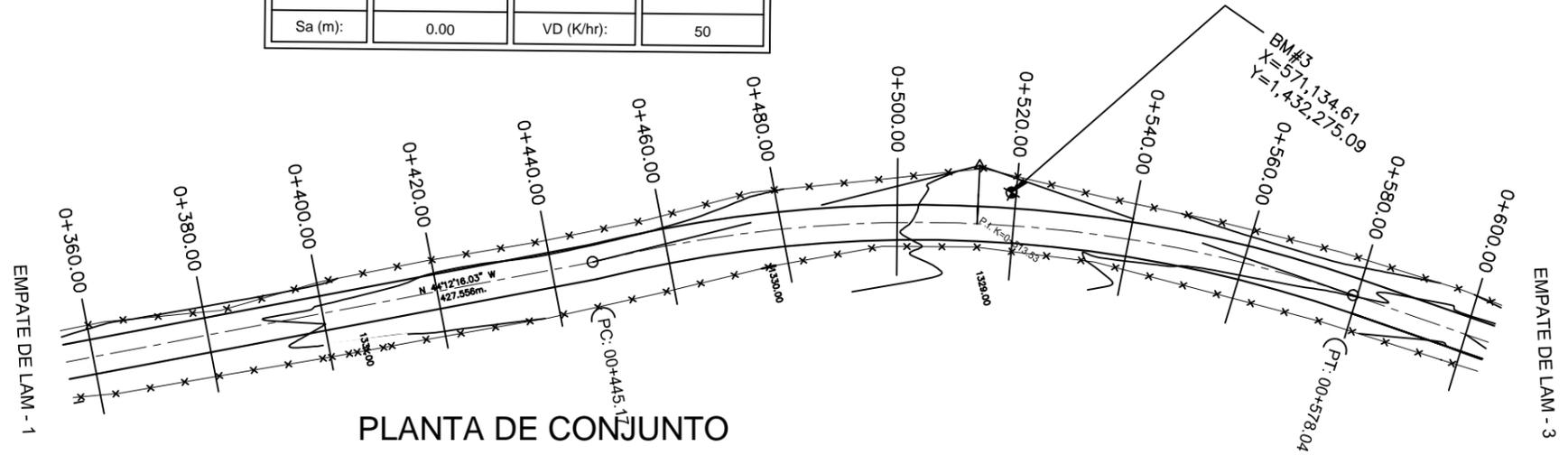
REVISÓ : ING. KEYLING NINOSKA PÉREZ BLANDÓN
DISEÑO : Br. KEYLIN MARYURI TÉLLEZ VELÁSQUEZ
Br. CANDELARIO ZELEDÓN CENTENO
APOYO: ING. JOSÉ ALFREDO REYES MARTINEZ

LEVANTAMIENTO : Br. KEYLIN MARYURI TÉLLEZ VELÁSQUEZ
Br. CANDELARIO ZELEDÓN CENTENO
APOYO: ING. JOSÉ ALFREDO REYES

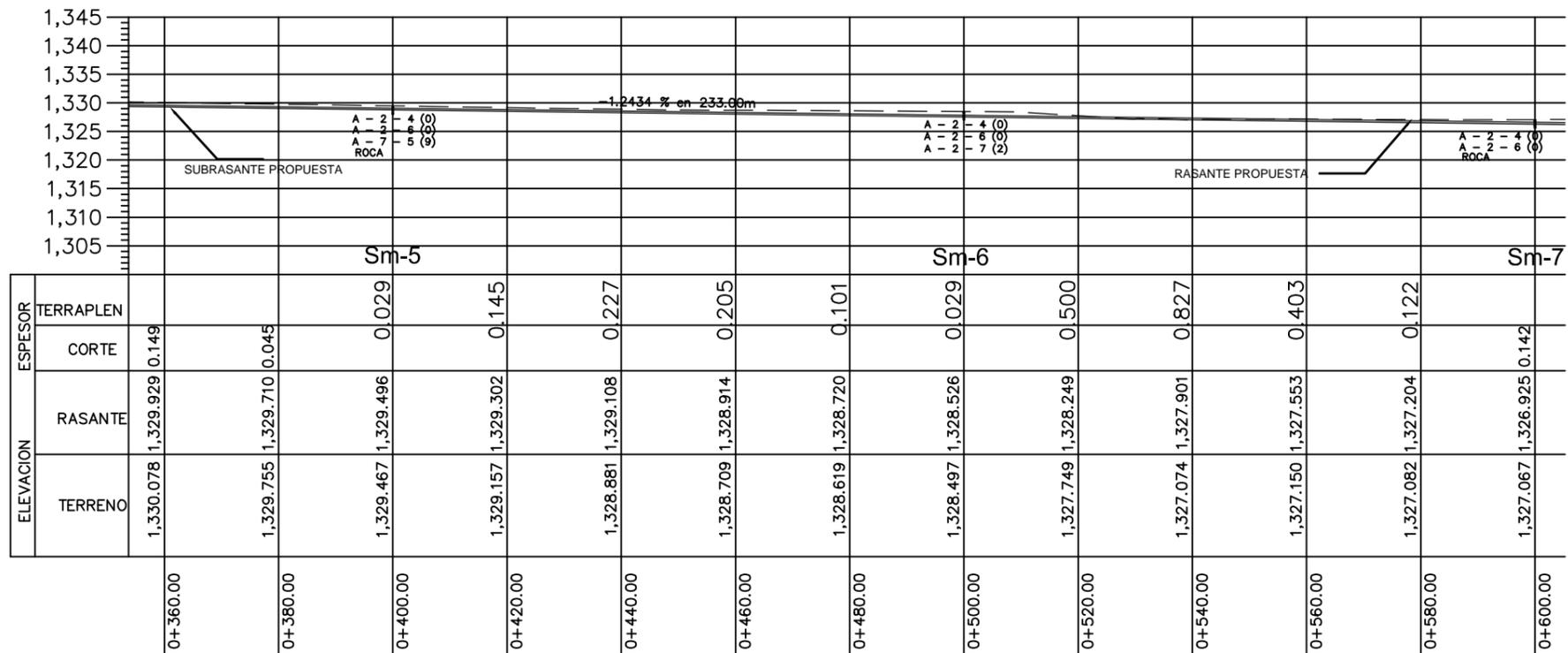
LÁMINA N°
1
9



CURVA Nº 2			
	Estacion	Norte	Este
PI	0+513.530	1,432,267.33	571,3176.43
PC	0+445.170	1,432,224.18	571,186.63
PT	0+578.041	1,432,294.23	571,076.60
Delta:	33° 6.20' 9.00" Izq	Radio (m):	230
Longitud(m):	132.87	Tangente (m):	68.35
External (m):	9.944	Peralte (%):	5.34
Sa (m):	0.00	VD (K/hr):	50



PLANTA DE CONJUNTO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

Líder en Ciencia y Tecnología

PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE ESTRUCTURA DE
PAVIMENTO SEMI RÍGIDO
SUB-TRAMO: RANCHO DE DON LUIS - HOTEL MARDUK GARDENS
MUNICIPIO: SAN NICOLÁS - ESTELÍ.

CONTENIDO:
PLANTA Y PERFIL

ESCALA: HORIZONTAL 1 : 1000
VERTICAL 1 : 100
FECHA:
NOVIEMBRE 2020

REVISÓ : ING. KEYLING NINOSKA PÉREZ BLANDÓN

DISEÑO : Br. KEYLIN MARYURI TÉLLEZ VELÁSQUEZ
Br. CANDELARIO ZELEDÓN CENTENO

APOYÓ: ING. JOSÉ ALFREDO REYES MARTINEZ

LEVANTAMIENTO :
Br. KEYLIN MARYURI TÉLLEZ
VELÁSQUEZ
Br. CANDELARIO ZELEDÓN CENTENO

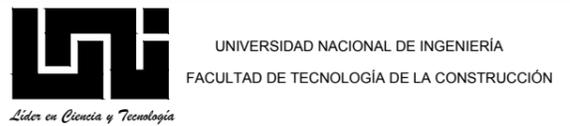
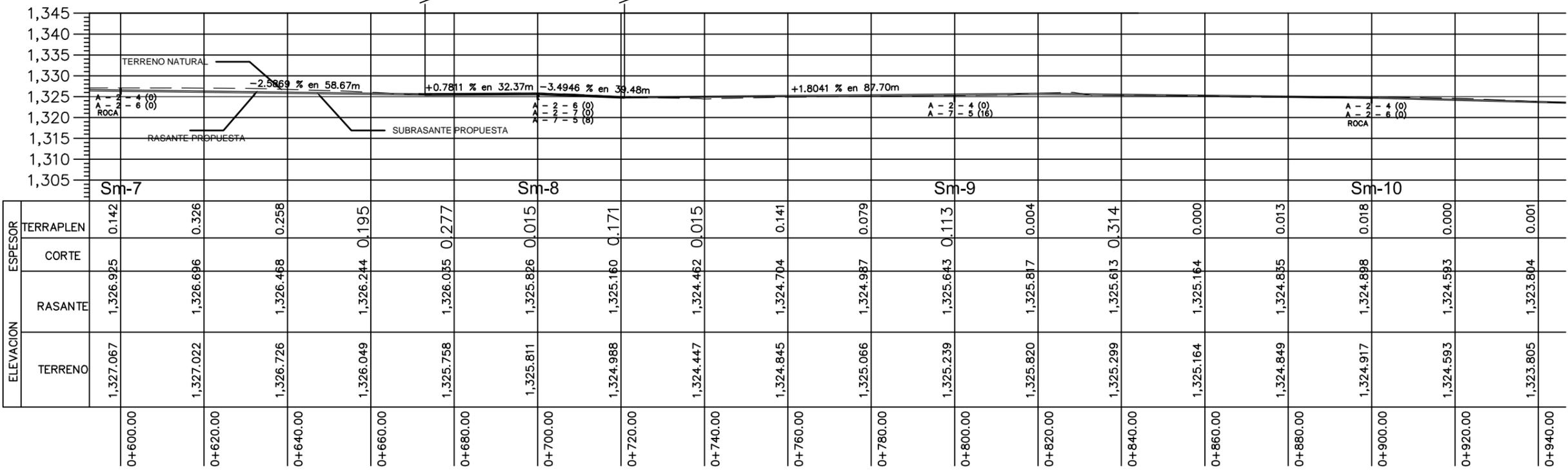
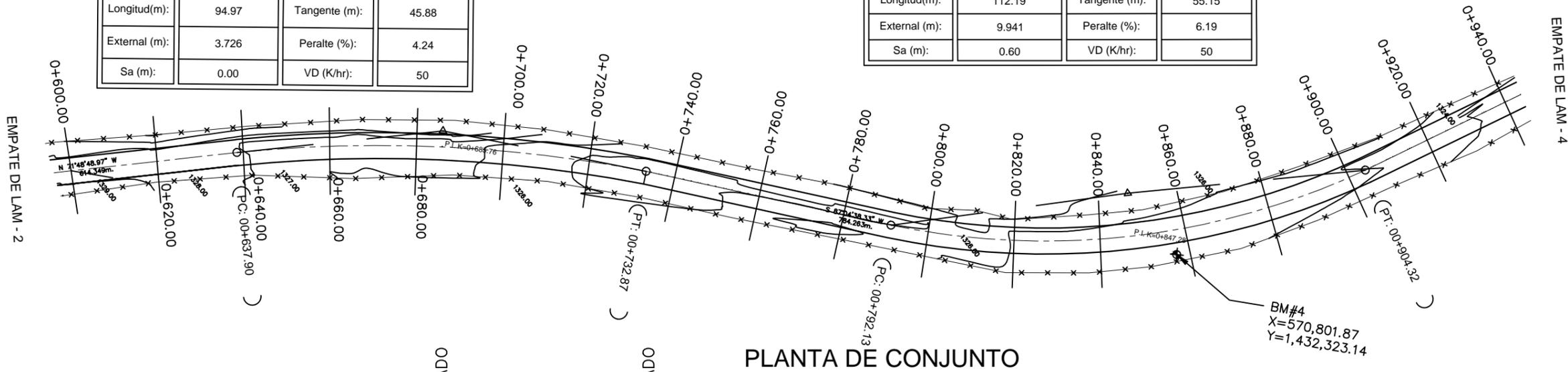
APOYÓ: ING. JOSÉ ALFREDO REYES

LÁMINA Nº

2
9

CURVA N° 3			
	Estacion	Norte	Este
PI	0+685.760	1,432,319.47	570,973.35
PC	0+637.903	1,432,310.31	571,019.90
PT	0+732.869	1,432,321.74	570,925.97
Delta:	17° 16' 11.102" Izq	Radio (m):	325
Longitud(m):	94.97	Tangente (m):	45.88
External (m):	3.726	Peralte (%):	4.24
Sa (m):	0.00	VD (K/hr):	50

CURVA N° 4			
	Estacion	Norte	Este
PI	0+847.280	1,432,325.68	570,812.65
PC	0+792.131	1,432,318.88	570,868.09
PT	0+904.322	1,432,349.60	570,762.18
Delta:	37° 44' 32.818" Der	Radio (m):	175
Longitud(m):	112.19	Tangente (m):	55.15
External (m):	9.941	Peralte (%):	6.19
Sa (m):	0.60	VD (K/hr):	50



PROYECTO: DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO SEMI RÍGIDO
 SUB-TRAMO: RANCHO DE DON LUIS - HOTEL MARDUK GARDENS
 MUNICIPIO: SAN NICOLÁS - ESTELÍ.

CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL
 ESCALA: HORIZONTAL 1 : 1000 VERTICAL 1 : 100
 FECHA: NOVIEMBRE 2020

REVISÓ : ING. KEYLING NINOSKA PÉREZ BLANDÓN
 DISEÑO : Br. KEYLIN MARYURI TÉLLEZ VELÁSQUEZ
 Br. CANDELARIO ZELEDÓN CENTENO
 APOYÓ: ING. JOSÉ ALFREDO REYES MARTINEZ

LEVANTAMIENTO : Br. KEYLIN MARYURI TÉLLEZ VELÁSQUEZ
 Br. CANDELARIO ZELEDÓN CENTENO
 APOYÓ: ING. JOSÉ ALFREDO REYES

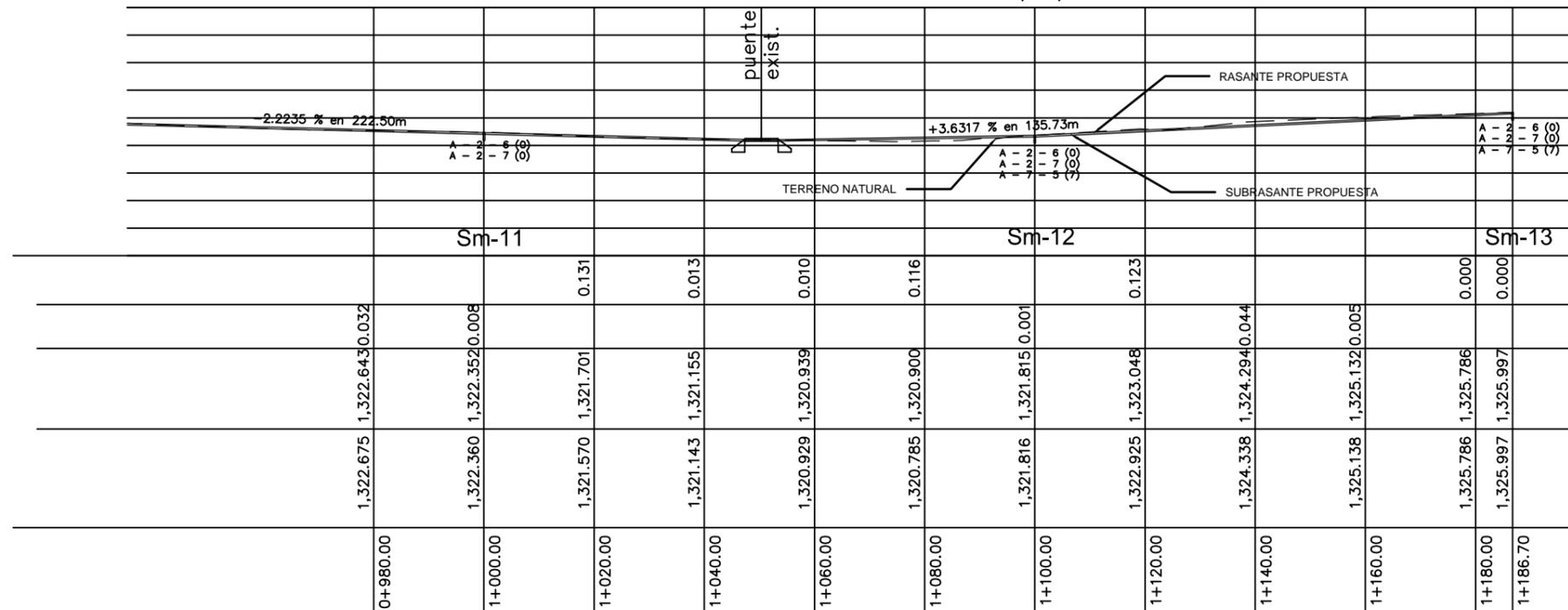
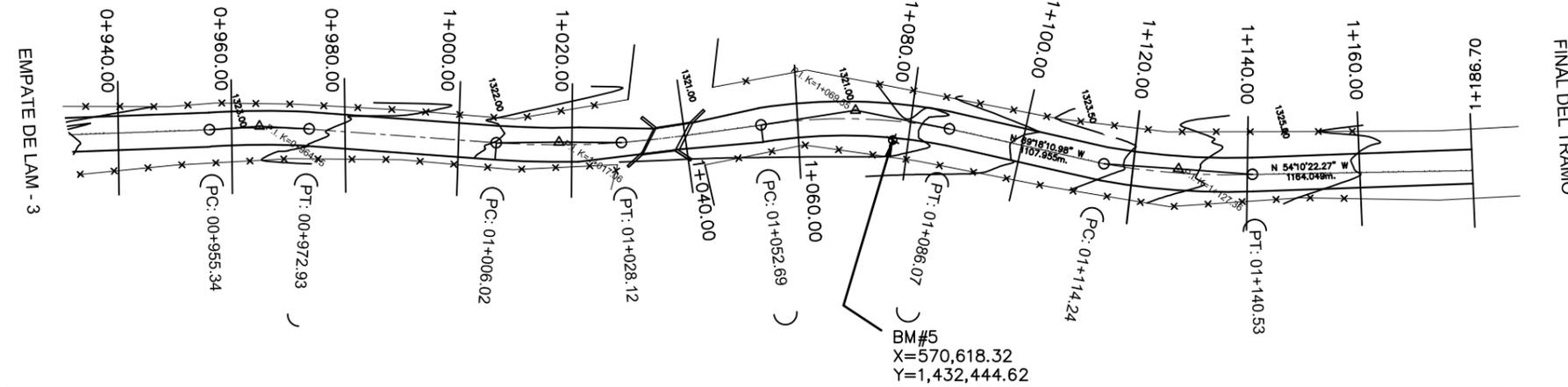
LÁMINA N°
 3 / 9

CURVA N° 5			
	Estacion	Norte	Este
PI	0+964.150	1,432,384.90	570,712.68
PC	0+955.344	1,432,379.80	570,719.84
PT	0+972.929	1,432,389.60	570,705.24
Delta:	07° 11' 52.947" Izq	Radio (m):	155
Longitud(m):	17.59	Tangente (m):	8.81
External (m):	0.306	Peralte (%):	6.58
Sa (m):	0.60	VD (K/hr):	50

CURVA N° 6			
	Estacion	Norte	Este
PI	1+017.060	1,432,411.50	570,666.95
PC	1+006.016	1,432,405.74	570,676.38
PT	1+028.121	1,432,417.92	570,657.96
Delta:	08° 50' 30.183" Der	Radio (m):	160
Longitud(m):	22.11	Tangente (m):	11.04
External (m):	0.477	Peralte (%):	7.88
Sa (m):	0.60	VD (K/hr):	50

CURVA N° 7			
	Estacion	Norte	Este
PI	1+069.550	1,432,444.14	570,625.90
PC	1+052.695	1,432,434.04	570,639.15
PT	1+086.059	1,432,451.77	570,611.09
Delta:	20° 07' 27.129" Izq	Radio (m):	95
Longitud(m):	33.36	Tangente (m):	16.86
External (m):	1.484	Peralte (%):	8.30
Sa (m):	0.90	VD (K/hr):	50

CURVA N° 8			
	Estacion	Norte	Este
PI	1+127.360	1,432,467.50	570,573.14
PC	1+114.238	1,432,461.66	570,584.92
PT	1+140.530	1,432,474.53	570,562.05
Delta:	12° 22' 14.100" Der	Radio (m):	125
Longitud(m):	26.29	Tangente (m):	55.49
External (m):	0.732	Peralte (%):	7.24
Sa (m):	0.70	VD (K/hr):	50



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE ESTRUCTURA DE
PAVIMENTO SEMI RÍGIDO
SUB-TRAMO: RANCHO DE DON LUIS - HOTEL MARDUK GARDENS
MUNICIPIO: SAN NICOLÁS - ESTELÍ.

CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL.

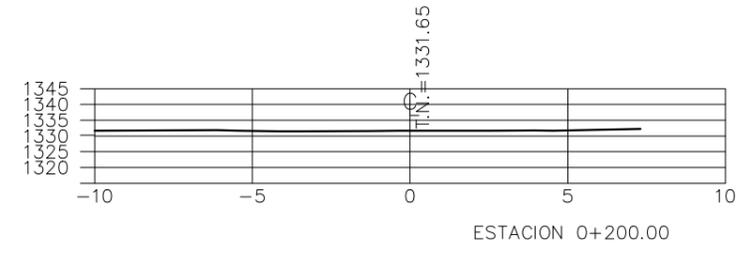
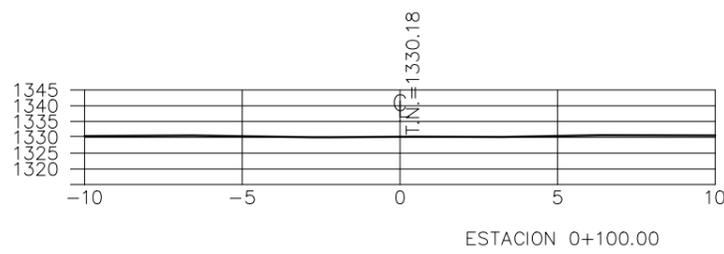
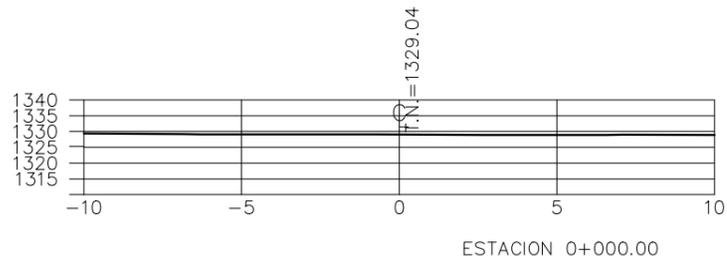
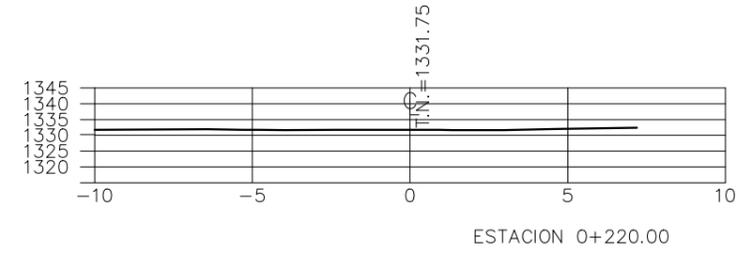
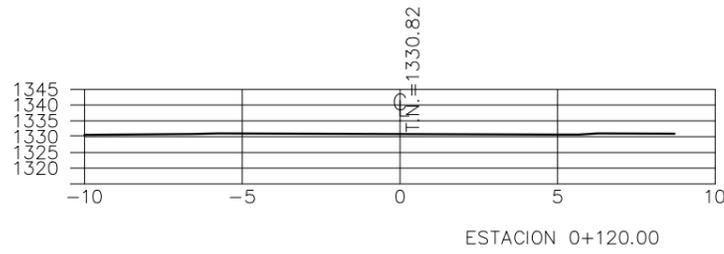
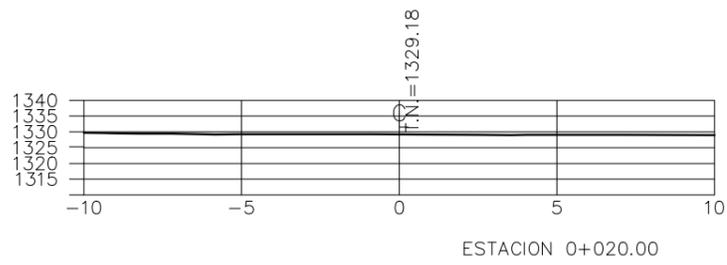
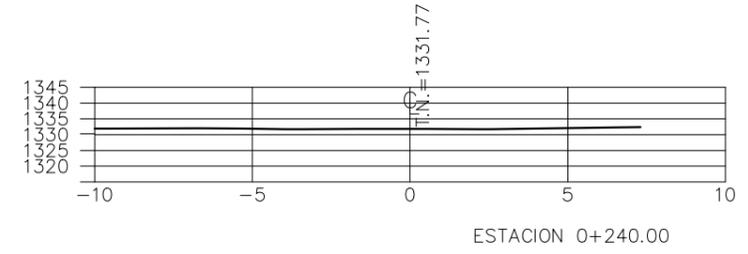
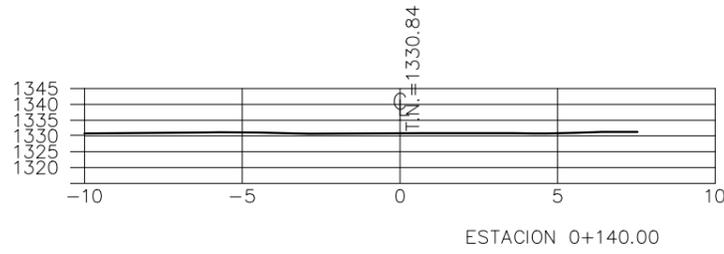
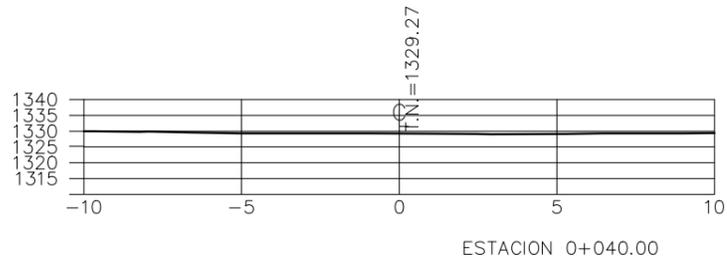
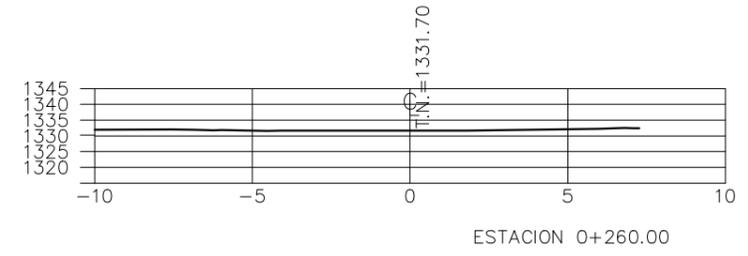
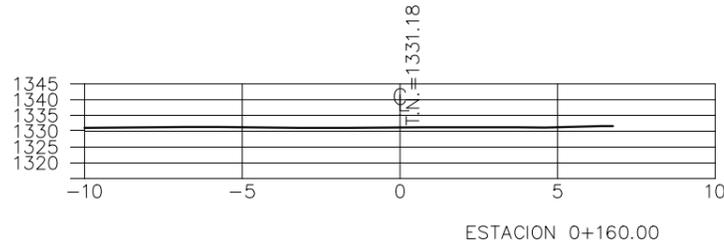
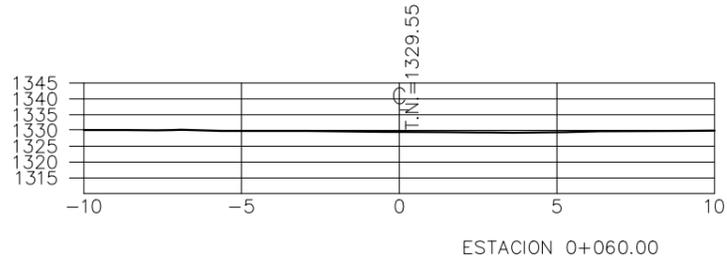
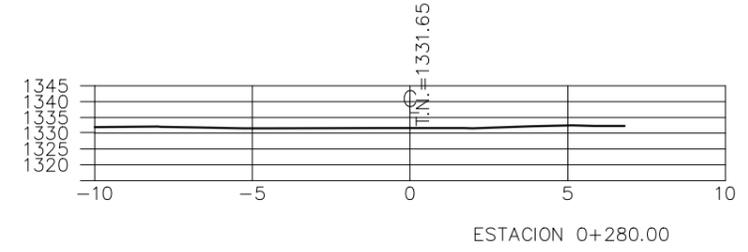
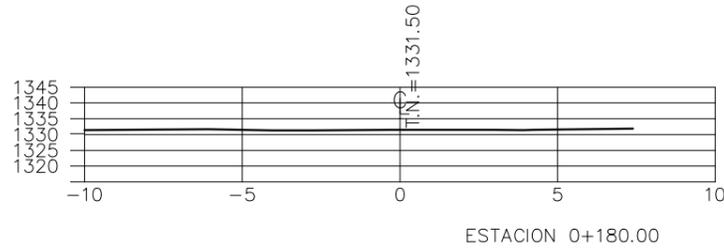
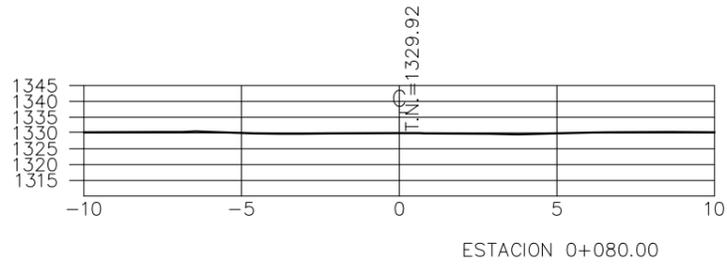
ESCALA: HORIZONTAL 1 : 1000
VERTICAL 1 : 100
FECHA:
NOVIEMBRE 2020

REVISÓ : ING. KEYLING NINOSKA PÉREZ BLANDÓN
DISEÑO : Br. KEYLIN MARYURI TÉLLEZ VELÁSQUEZ
Br. CANDELARIO ZELEDÓN CENTENO
APOYÓ: ING. JOSÉ ALFREDO REYES MARTINEZ

LEVANTAMIENTO :
Br. KEYLIN MARYURI TÉLLEZ
VELÁSQUEZ
Br. CANDELARIO ZELEDÓN CENTENO
APOYÓ: ING. JOSÉ ALFREDO REYES

LÁMINA N°

4
9



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

Líder en Ciencia y Tecnología

PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE ESTRUCTURA DE
PAVIMENTO SEMI RÍGIDO
SUB-TRAMO: RANCHO DE DON LUIS-HOTEL MARDUK GARDENS
MUNICIPIO: SAN NICOLÁS-ESTELÍ

CONTENIDO: CORTES TRANSVERSALES

ESCALA: HORIZONTAL 1:1000
VERTICAL 1:100

FECHA:
NOVIEMBRE 2020

REVISÓ: ING. KEYLING NINOSKA PÉREZ BLANDÓN

DISEÑÓ: Br. KEYLIN MARYURI TÉLLEZ VELÁSQUEZ
Br. CANDELARIO ZELEDÓN CENTENO

APOYÓ: ING. JOSÉ ALFREDO REYES MARTÍNEZ

LEVANTAMIENTO:

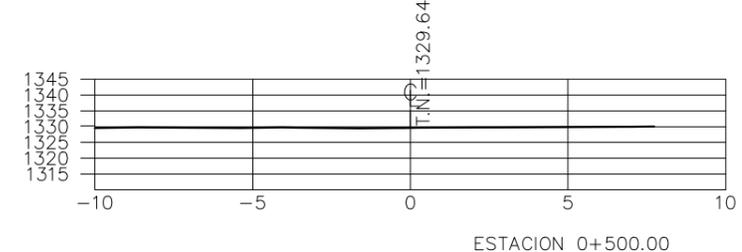
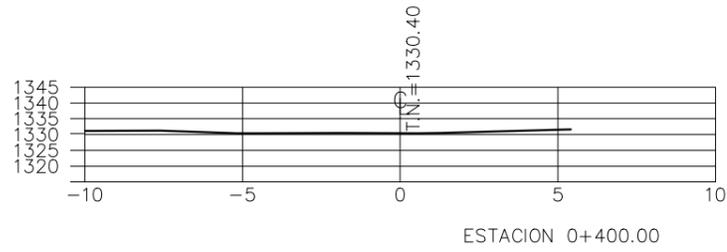
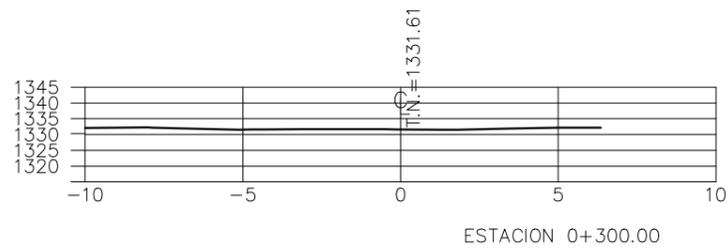
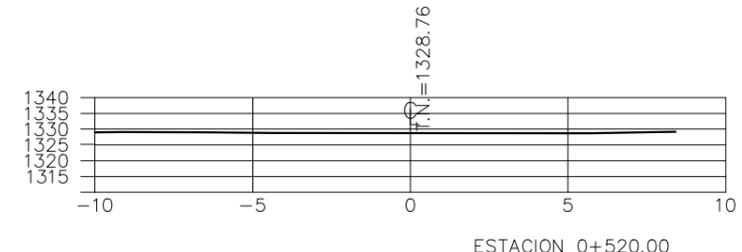
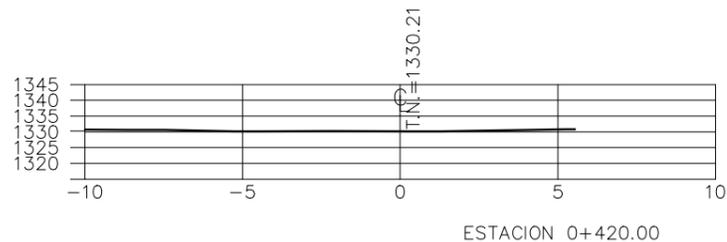
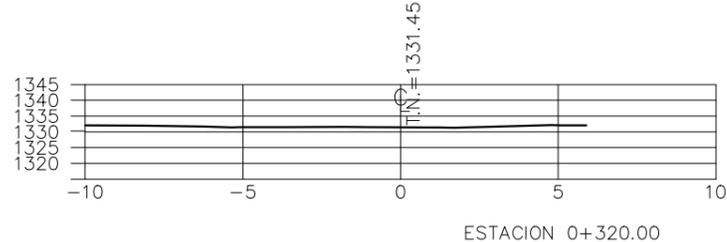
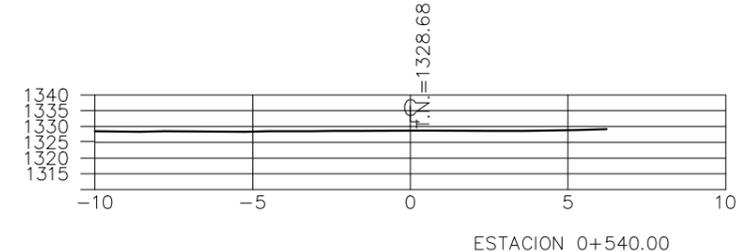
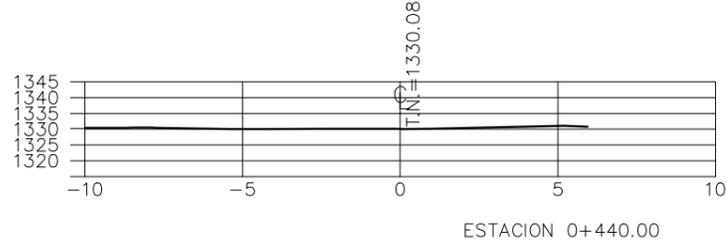
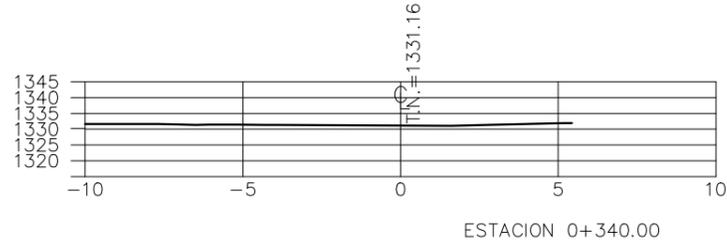
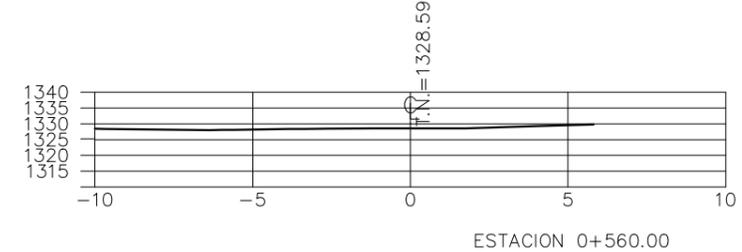
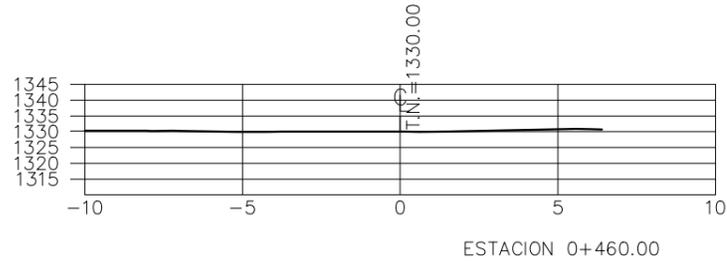
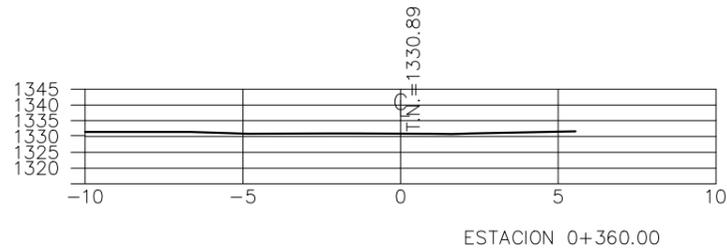
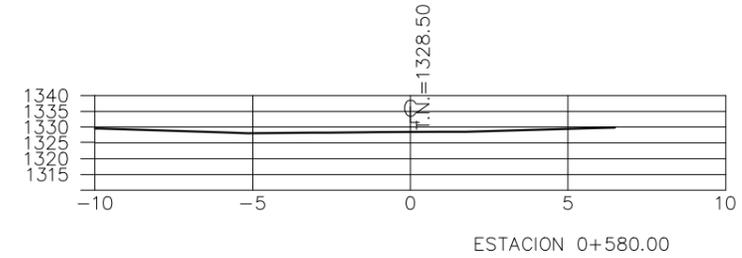
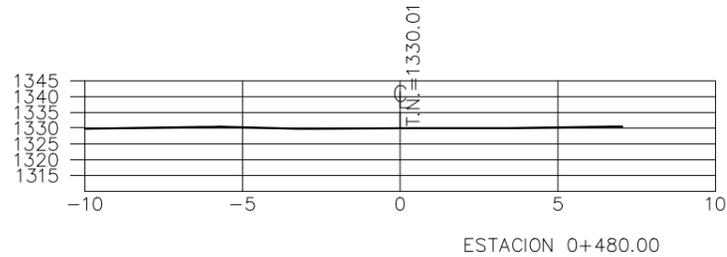
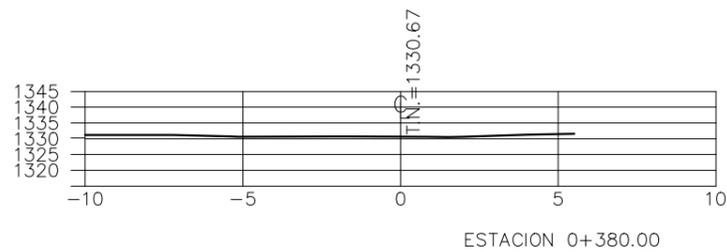
Br. KEYLIN MARYURI TÉLLEZ VELÁSQUEZ
Br. CANDELARIO ZELEDÓN CENTENO

APOYÓ: ING. JOSÉ ALFREDO REYES MARTÍNEZ

LÁMINA N°

5

9



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE ESTRUCTURA DE
PAVIMENTO SEMI RÍGIDO
SUB-TRAMO: RANCHO DE DON LUIS-HOTEL MARDUK GARDENS
MUNICIPIO: SAN NICOLÁS-ESTELÍ

CONTENIDO: CORTES TRANSVERSALES

ESCALA: HORIZONTAL 1: 1000
VERTICAL 1:100

FECHA:
NOVIEMBRE 2020

REVISÓ: ING. KEYLING NINOSKA PÉREZ BLANDÓN

DISEÑÓ: Br. KEYLIN MARYURI TÉLÉZ VELÁSQUEZ
Br. CANDELARIO ZELEDÓN CENTENO

APOYÓ ING JOSÉ ALFREDO REYES MARTÍNEZ

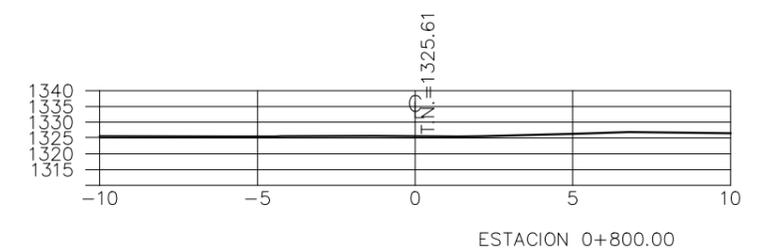
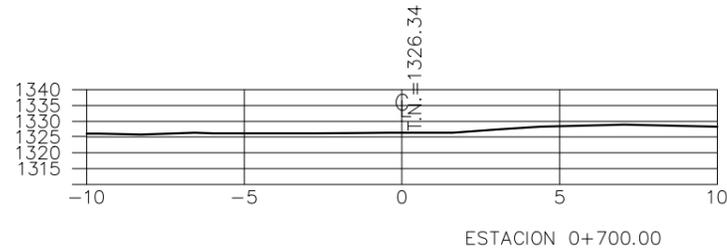
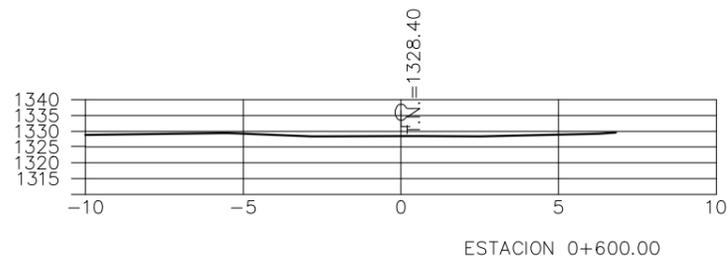
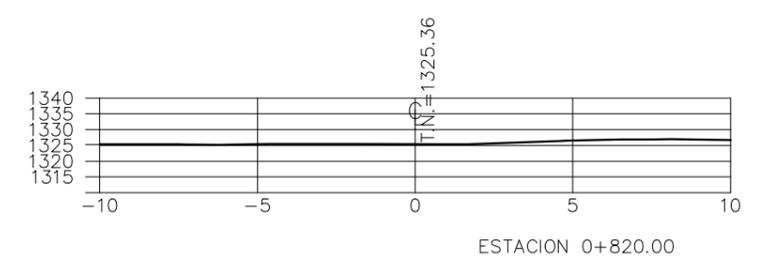
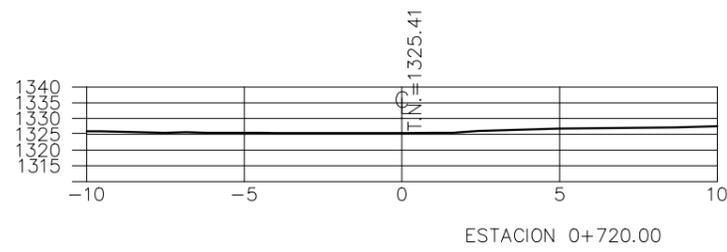
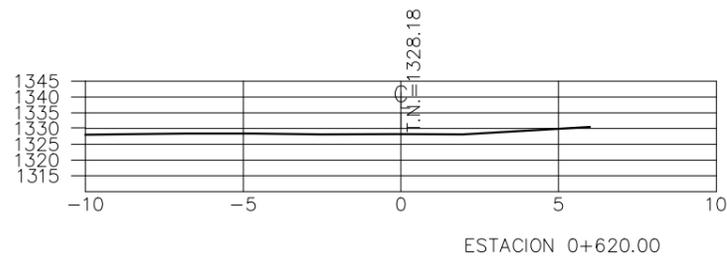
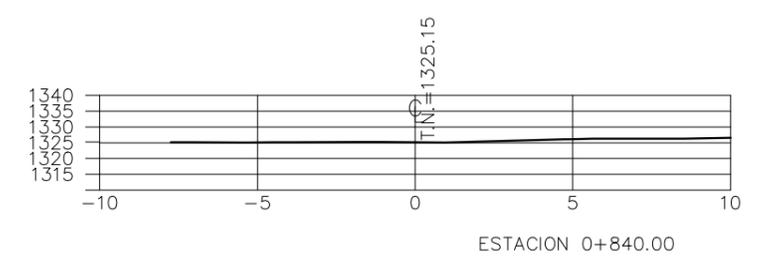
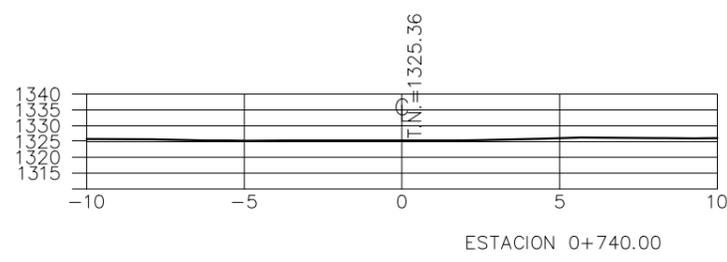
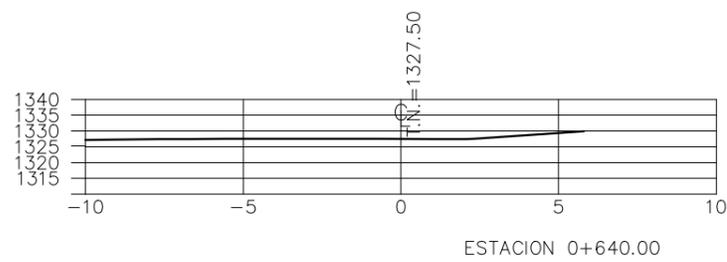
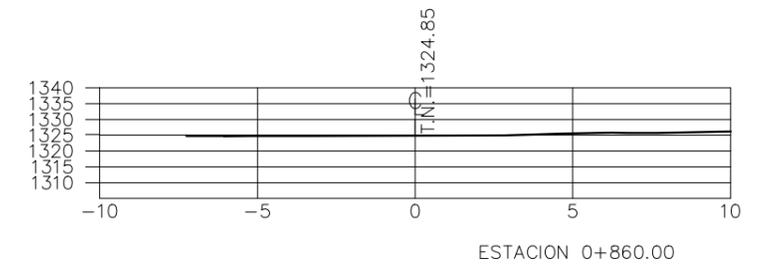
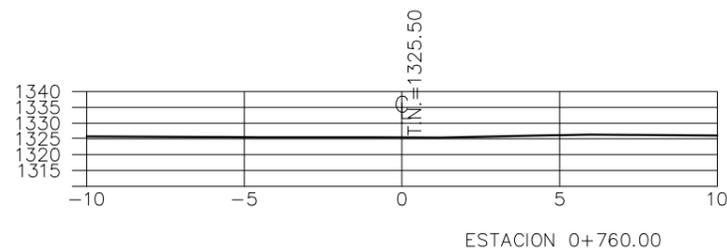
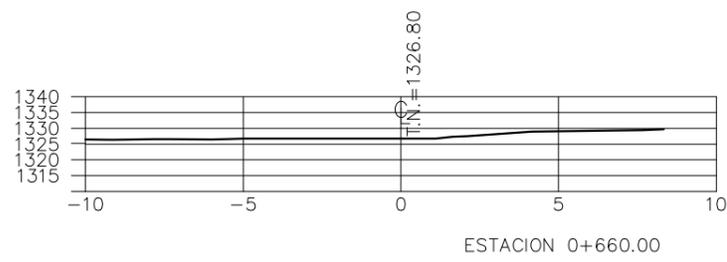
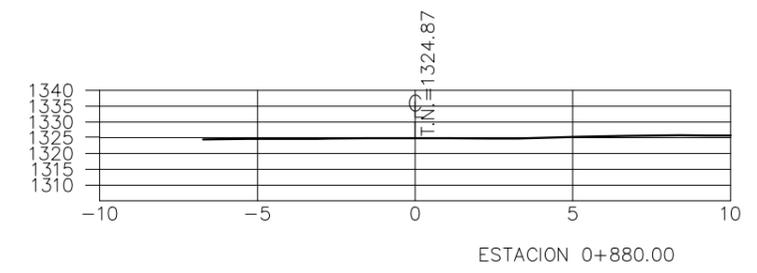
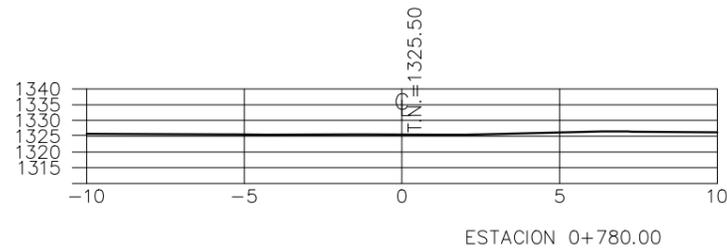
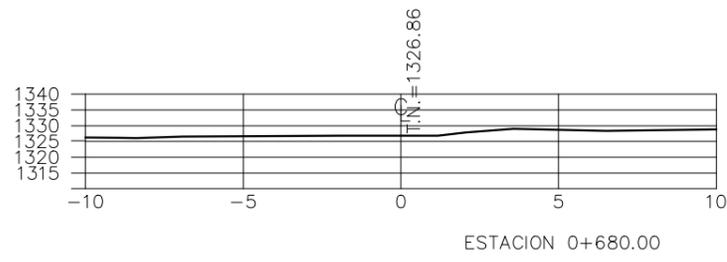
LEVANTAMIENTO:

Br. KEYLIN MARYURI TÉLÉZ VELÁSQUEZ
Br. CANDELARIO ZELEDÓN CENTENO

APOYÓ ING. JOSÉ ALFREDO REYES MARTÍNEZ

LÁMINA Nº

6
9



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE ESTRUCTURA DE
PAVIMENTO SEMI RÍGIDO
SUB-TRAMO: RANCHO DE DON LUIS-HOTEL MARDUK GARDENS
MUNICIPIO: SAN NICOLÁS-ESTELÍ

CONTENIDO: CORTES TRANSVERSALES

ESCALA: HORIZONTAL 1:1000
VERTICAL 1:100

FECHA:
NOVIEMBRE 2020

REVISÓ: ING. KEYLING NINOSKA PÉREZ BLANDÓN

DISEÑO: Br. KEYLIN MARYURI TÉLLEZ VELÁSQUEZ
Br. CANDELARIO ZELEDÓN CENTENO

APOYÓ: ING. JOSÉ ALFREDO REYES MARTÍNEZ

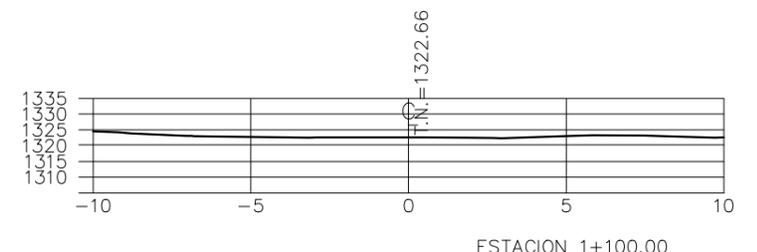
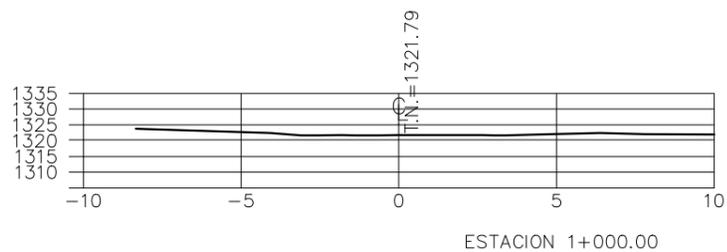
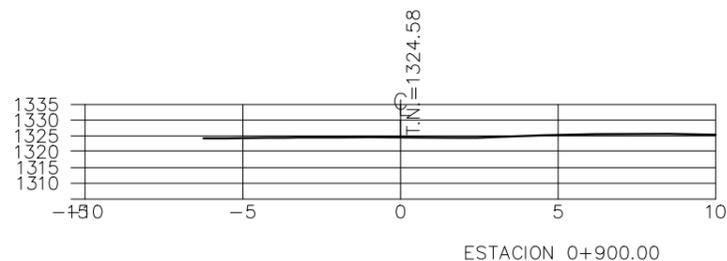
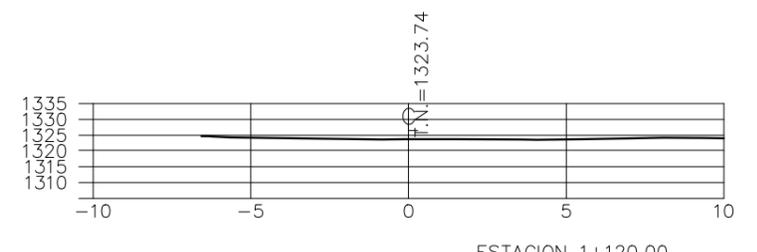
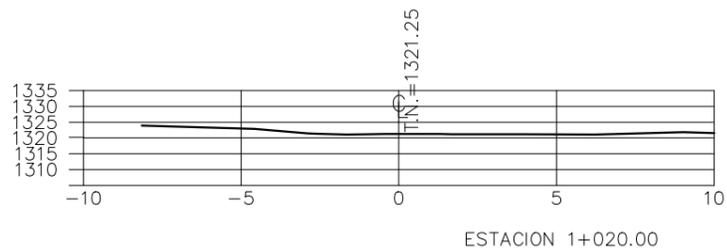
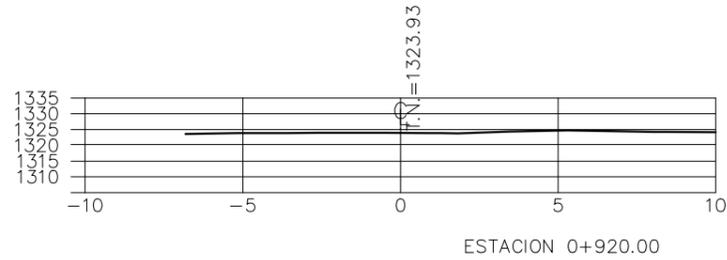
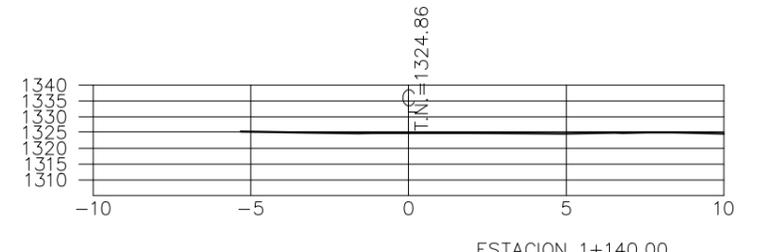
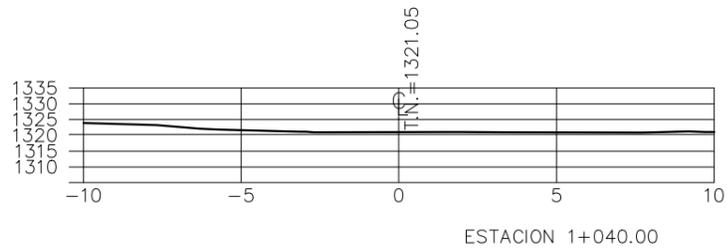
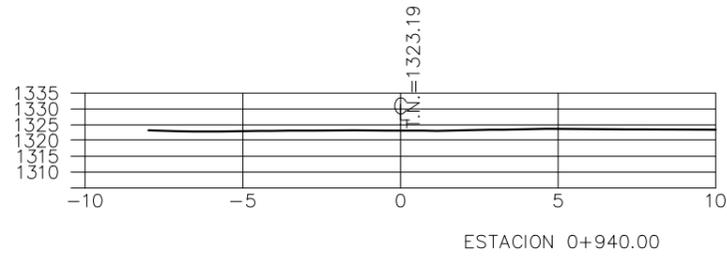
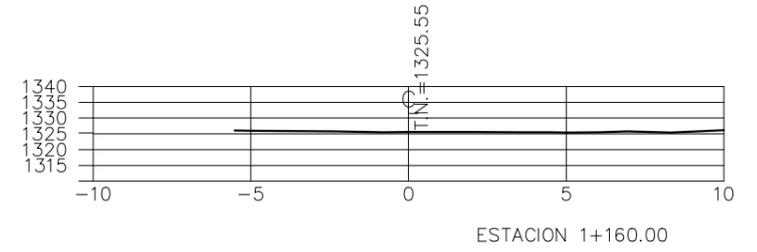
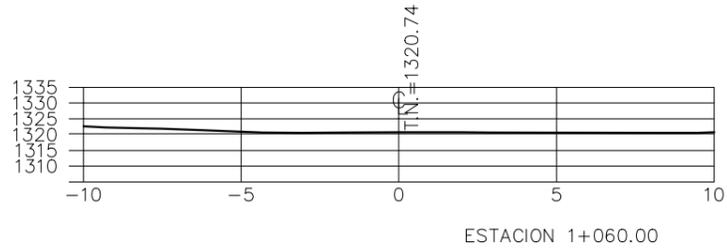
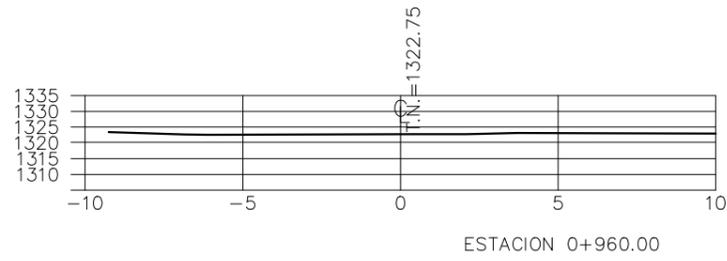
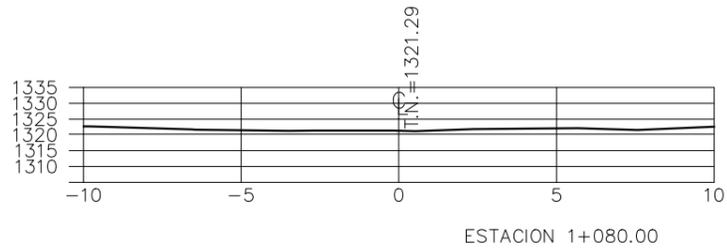
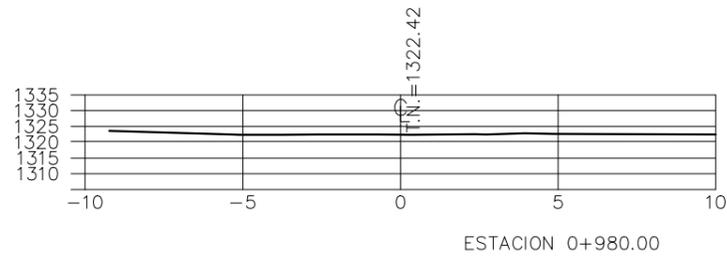
LEVANTAMIENTO:

Br. KEYLIN MARYURI TÉLLEZ VELÁSQUEZ
Br. CANDELARIO ZELEDÓN CENTENO

APOYÓ: ING. JOSÉ ALFREDO REYES MARTÍNEZ

LÁMINA N°

7
9



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE ESTRUCTURA DE
PAVIMENTO SEMI RÍGIDO
SUB-TRAMO: RANCHO DE DON LUIS-HOTEL MARDUK GARDENS
MUNICIPIO: SAN NICOLÁS-ESTELÍ

CONTENIDO: CORTES TRANSVERSALES

ESCALA: HORIZONTAL 1: 1000
VERTICAL 1:100

FECHA:
NOVIEMBRE 2020

REVISÓ: ING. KEYLING NINOSKA PÉREZ BLANDÓN

DISEÑÓ: Br. KEYLIN MARYURI TÉLLEZ VELÁSQUEZ
Br. CANDELARIO ZELEDÓN CENTENO

APOYÓ: ING. JOSÉ ALFREDO REYES MARTÍNEZ

LEVANTAMIENTO:

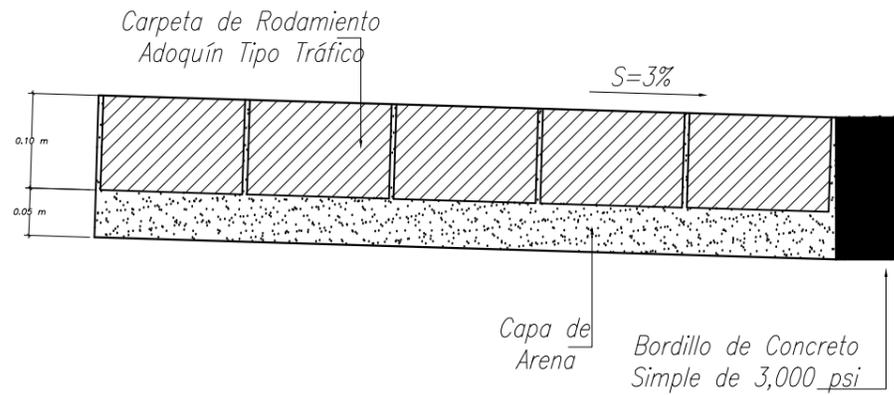
Br. KEYLIN MARYURI TÉLLEZ VELÁSQUEZ
Br. CANDELARIO ZELEDÓN CENTENO

APOYÓ: ING. JOSÉ ALFREDO REYES MARTÍNEZ

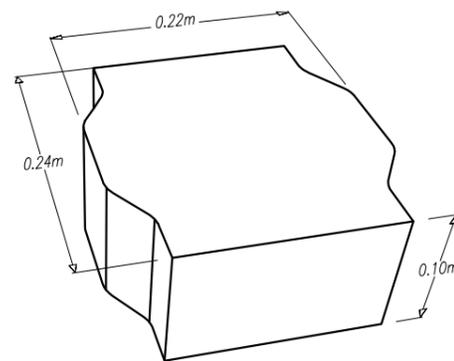
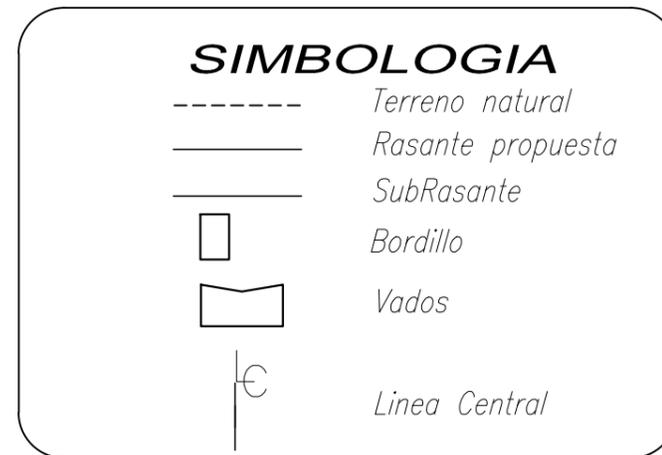
LÁMINA N°

8

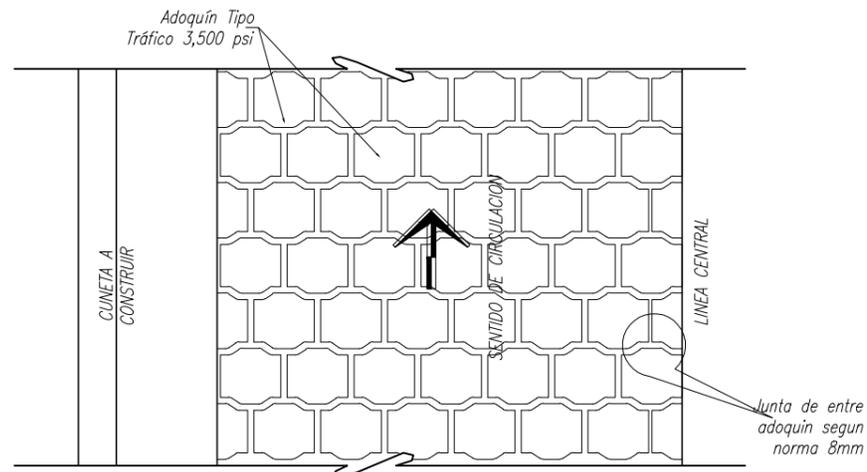
9



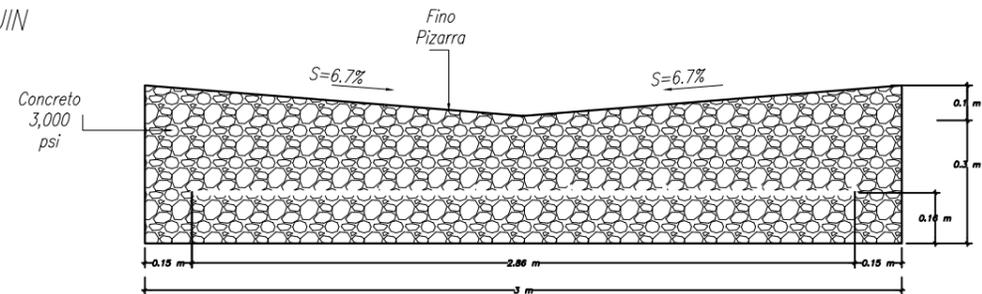
DETALLE TIPICO DEBORDILLO



DETALLE ISOMETRICO DE ADOQUIN



DETALLE EN PLANTA DE ADOQUINADO



DETALLE TIPICO DE VADO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:
DISEÑO GEOMÉTRICO Y DE ESTRUCTURA DE
PAVIMENTO SEMI RÍGIDO
SUB-TRAMO: RANCHO DE DON LUIS-HOTEL MARDUK GARDENS
MUNICIPIO: SAN NICOLÁS-ESTELÍ

CONTENIDO: CORTES TRANSVERSALES

ESCALA: HORIZONTAL 1: 1000
VERTICAL 1:100

FECHA:
NOVIEMBRE 2020

REVISÓ: ING. KEYLING NINOSKA PÉREZ BLANDÓN

DISEÑÓ: Br. KEYLIN MARYURI TÉLLEZ VELÁSQUEZ
Br. CANDELARIO ZELEDÓN CENTENO

APOYÓ: ING. JOSÉ ALFREDO REYES MARTÍNEZ

LEVANTAMIENTO:

Br. KEYLIN MARYURI TÉLLEZ VELÁSQUEZ
Br. CANDELARIO ZELEDÓN CENTENO

APOYÓ: ING. JOSÉ ALFREDO REYES MARTÍNEZ

LÁMINA N°

9

9

Líder en Ciencia y Tecnología