



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**DISEÑO DE 1,500.00 METROS DE PAVIMENTO ARTICULADO POR
MÉTODO AASHTO 93 Y DRENAJE MENOR EN EL BARRIO SAN JOSÉ,
SANTO TOMAS, CHONTALES.**

Para optar al título de Ingeniero civil

Elaborado por

Br. Daniela Daleska Duarte Hurtado

Br. Edward Iván Cabrera Miranda

Tutor

Msc.Ing. José Fernando Bustamante Arteaga

Managua, Marzo de 2022

DEDICATORIA

Dedico este trabajo monográfico a Dios padre Celestial por regalarme el don de la vida, darme la sabiduría y el entendimiento para lograr cada uno de los objetivos, metas y sueños, de igual manera por su infinita bondad, amor y misericordia. Por darme fuerzas para seguir adelante y nunca rendirme frente a los obstáculos que se me presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca las esperanzas ni desfallecer en el intento.

A mis padres: **Danilo Antonio Duarte Manzanares** y **Asunción del Carmen Hurtado**, que gracias a ellos soy lo que soy, por su apoyo incondicional, sus consejos, amor, ayuda en momentos difíciles. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi perseverancia para alcanzar mis metas.

A mi hermano: **Danier Danilo Duarte Hurtado** por brindarme su cariño, por estar ahí siempre cuando lo necesito, por apoyarme incondicionalmente en mis dudas, en mis problemas, por ser esa persona que te motiva hacer mejor.

A mis **docentes universitarios**, que me ayudaron a formarme como profesional, por brindarme sus conocimientos, por promover el desarrollo de nuestra formación personal, en especial a nuestro tutor **Msc. José Fernando Bustamante Arteaga** por formar parte de este trabajo, exigirnos y guiarnos a ser mejores profesionales.

Br. Daniela Daleska Duarte Hurtado

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Nuestro Padre Celestial Dios, por haberme dado la vida, paz, salud, las ganas de seguir luchando día a día y vencer todos los obstáculos que se me han presentado para alcanzar mis sueños, además de regalarme el don de saber expresarme y pensar como corresponde, pues el guía mi sabiduría y marca el camino a seguir en los senderos de la vida permitiéndome culminar mi carrera profesional.

A mis Padres: **Eduardo Cabrera Arguello** y **Miriam Miranda Dávila**; por ser mis pilares fundamentales, ofrecerme ese apoyo incondicional en cada paso y etapa de mi vida. Por el amor infinito que día a día me han demostrado, así como también se esforzaron para darme una educación y formarme como un profesional y me inspiraron para seguir adelante sin temor a los retos. Por a ver estado presente siempre apoyándome en cada uno de mis sueños y anhelos, porque a esas dos maravillosas personas le debo todo lo que soy hoy en día.

“Lo logramos Compadre”

Br. Edward Iván Cabrera Miranda

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por regalarme la satisfacción de culminar una más de mis metas, por haberme regalado la sabiduría, fortaleza y entendimiento para seguir siempre adelante. Sobre todas las cosas por estar presente en cada momento de mi vida, por guiarme y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que fueron mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Agradezco a mis padres: **Danilo Duarte Manzanares** y **Asunción Hurtado** quienes con sus consejos supieron guiarme para culminar mi carrera profesional, sabiendo que jamás existirá una forma de agradecer una vida de lucha, sacrificio y esfuerzos constantes, siendo mi mayor deseo que sepan que mi logro, es el logro de ellos también, gracias por el apoyo recibido durante la formación profesional por que han sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme.

Sin olvidar a una persona muy especial Doña **Yoconda Espinoza Castilla**, por brindarme su apoyo incondicional, abrirme las puertas de su casa y acogerme como un miembro más de su familia.

Agradezco a mi tutor **Msc. José Fernando Bustamante Arteaga** que fue mi guía para culminar este trabajo, el cual nos ayudó con muchas dudas e incertidumbres en el camino de este proceso.

A mis compañeros de clases y amigos, con los cuales compartí el mismo camino, esos que fueron parte de este viaje, con los que lloré y reí, los cuales me brindaron su apoyo incondicional y desinteresado. También a mis compañeros de trabajo en ellos encontré personas leales, que de una u otra forma me hicieron creer en mi potencial, me demostraron sinceridad, brindándome parte de sus conocimientos.

Br. Daniela Daleska Duarte Hurtado

AGRADECIMIENTOS

Al culminar esta etapa de mi formación profesional quiero agradecer en primer lugar a Dios, porqué el da sabiduría y de su boca viene el conocimiento y la inteligencia, quien me dio la esperanza y fuerza para culminar este documento en su tiempo, la piedra angular de mi vida. Por la fuerza y coraje que me brindo para hacer mi sueño una realidad.

A mis padres: **Eduardo Cabrera Arguello** y **Miriam Miranda Dávila** a quienes les tengo que agradecer infinitamente por todos los valores inculcados a lo largo de mi vida, porque a ellos les debo todo lo que soy, por ser mis pilares, por ser mi todo, estoy muy agradecido porque me enseñaron las bases fundamentales de la persona que hoy en día soy; Esos dos seres más preciados los cuales son mis guías, mi fuerza, mi ilusión, mi razón de existir y mi mayor tesoro. Gracias por esto y todo lo demás que me han dado, mi triunfo es su triunfo.

“Lo logramos Compadre”

Br. Edward Iván Cabrera Miranda

RESUMEN

El presente trabajo monográfico titulado “**Diseño de 1,500.00 metros de pavimento articulado por método AASHTO 93 y drenaje menor en el barrio San José, Santo Tomás, Chontales**” comprende los criterios y estudios técnicos necesarios para el diseño de la estructura de pavimento con adoquín aplicando el método AASHTO 93.

Éste estudio está estructurado con 6 capítulos los cuales se organizan de la siguiente manera:

CAPITULO I: GENERALIDADES

Este capítulo contiene los aspectos generales, iniciando con una breve descripción de la ubicación del sitio en estudio, los antecedentes del lugar teniendo en cuenta las condiciones existentes de las calles, así como también los mantenimientos que se les han realizado, la justificación del porque se ha llevado a cabo este estudio, y los principales objetivos planteados que tiene por finalidad esta monografía, así como los conceptos técnicos que estarán presente en el desarrollo de ésta.

CAPITULO II: ESTUDIO DE TRÁNSITO

Se abordará todo lo relacionado a la metodología: recopilación de datos, procesamiento de información y análisis de la información obtenida, necesaria para determinar el número ESAL's de diseño. Describe la recolección de los datos mediante un conteo volumétrico el cual se realizó en 3 días de la semana (martes, miércoles y jueves) escogiendo los puntos de intersección de las calles principales que a simple vista se observa el mayor flujo vehicular, clasificando los tipos de vehículos de acuerdo con la disposición de sus ejes, así como también tasas de crecimiento, Periodo de diseño, proyección del tránsito, transito inicial del año 0, factor de crecimiento, factor de distribución por carril, factor de distribución por dirección, transito en el año n, índice de serviciabilidad.

CAPITULO III: ESTUDIO TOPOGRAFICO

Comprende el levantamiento de perfiles longitudinales, eje central con estacionamiento a cada 20 metros, estableciendo 3 mojones para posteriormente determinar curvas de nivel, secciones transversales, definición de la rasante, elaboración de planos planta, perfil, además de las principales características altimétricas y planimétricas del área de estudio.

CAPITULO IV: ESTUDIO DE SUELO

En este capítulo se presenta el análisis del estudio de suelo proporcionado por la Alcaldía del municipio de Santo Tomás, Chontales, en dicha información se analizarán las principales características físico-mecánicas del suelo a lo largo de la vía y del banco de material existente. Que soportará las cargas a las que será sometida e inducida por la cantidad de ejes equivalentes de diseño, así como también su contenido de humedad, gravedad específica, límites de consistencia, grado de compactación del suelo y el CBR del banco de material en existencia.

CAPITULO V: DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO

Correspondiente al diseño de la estructura de pavimento articulado por el método AASHTO-93. Se analizan las diferentes variables independientes que son consideradas en la metodología empleada para el diseño estructural de los componentes del pavimento, así como la determinación de los espesores de capas más ajustadas a las condiciones del diseño, tomando en cuenta los parámetros tales como: Ejes equivalentes de diseño, confiabilidad, serviciabilidad, desviación estándar y el CBR de diseño de sub-rasante; el cual sirvió como base para determinar el módulo de resiliente y el valor de los coeficientes estructurales.

CAPITULO VI: ESTUDIO HIDROLÓGICO

Se realiza el cálculo de los caudales de diseño para el drenaje menor a través del método racional y el análisis hidráulico de las secciones típicas, para ello se utilizará el software HCANALES, para el diseño de las dimensiones de los drenajes menores como vados y cunetas.

ÍNDICE

I. GENERALIDADES	1
1.1. Introducción	1
1.2. Antecedentes	2
1.3. Justificación	3
1.4. Ubicación del sitio en estudio	4
1.5. Objetivos	5
1.5.1. Objetivo General:	5
1.5.2. Objetivos Específicos:	5
II. ESTUDIO DE TRÁNSITO	6
2.1. Compilación de datos	6
2.2. Clasificación de vehículos	6
2.3. Clasificación del tipo de vehículo por la disposición de sus ejes	7
2.4. Procesamiento de la información	7
2.5. Proyección del tránsito	7
2.6. Análisis de la información	8
2.7. Producto Interno Bruto	10
2.8. Tasa de Crecimiento Poblacional	11
2.9. Clasificación de la vía	13
2.10. Período de Diseño	14
2.11. Tránsito de diseño	15
2.11.1. Tránsito Inicial en el año 0	16
2.11.2. Factor de crecimiento	16
2.11.3. Factor de Distribución Direccional	17
2.11.4. Tránsito en el año n	18
2.12. Cálculo del ESAL'S	19
III. ESTUDIO TOPOGRAFICO	21
3.1. Levantamiento topográfico	21
3.2. Metodología empleada para procesar los datos	22
IV. ESTUDIO DE SUELO	29
4.1. Trabajo de campo	30
4.2. Estudio de laboratorio	31

4.2.1. Sondeos manuales_____	32
4.2.2. Estratigrafía del suelo_____	34
4.3. Resumen de valores de CBR_____	35
4.4. Investigación de fuente de materiales_____	35
4.5. Especificaciones técnicas de las diferentes capas que constituyen la estructura de pavimento_____	36
4.5.1. Superficie de rodamiento_____	36
4.5.2. Base_____	37
4.5.3. Sub – rasante_____	37
4.5.4. CBR de diseño_____	38
V. DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO_____	41
5.1. Diseño de espesores por el método AASHTO 93_____	41
5.1.1. Carga de Ejes Simples Equivalentes (ESAL'S)_____	41
5.2. Variables para el diseño_____	42
5.3. Confiabilidad (R)_____	42
5.4. Desviación estándar_____	43
5.4.1. Desviación estándar (So)_____	43
5.4.2. Serviciabilidad (Po, Pt)_____	44
5.5. Coeficiente de drenaje_____	45
5.6. Módulo de Resiliente_____	45
5.7. Coeficientes estructurales de capas_____	46
5.7.1. Coeficientes de Capa (a_n)_____	47
5.7.2. Carpeta de rodamiento de adoquín (a_1)_____	47
5.7.3. Bases granulares (a_2)_____	47
5.8. Cálculo de los espesores de la estructura de pavimento de adoquín_____	48
5.9. Número Estructural_____	49
5.11. Resultados_____	52
VI. ESTUDIO HIDROLOGICO_____	53
6.1. Métodos seleccionados para apoyar en análisis del sitio hidrológico:_____	54
6.2. Trabajo de campo_____	55
6.2.1. Procesamiento de datos y obtención de resultados_____	55
6.2.2. Caudal de diseño para cunetas_____	55
6.2.3. Coeficiente de escorrentía_____	56

6.2.4. Área de drenaje de la superficie	56
6.2.5. Intensidad de precipitación	56
6.2.6. Tiempo de concentración	57
6.3. Diseño Hidráulico	60
6.3.1. Dimensionamiento de cunetas	61
6.3.2. Dimensionamiento de vado con HCANALES	64
6.3.3. Resultados de análisis de vados en HCANALES	65
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFÍA	70
ANEXOS	I

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Aforo Vehicular y cálculo del Transito Promedio Diurno</i>	8
<i>Tabla 2. Factores de Ajustes de la Estación N°1802 San Marcos – Masatepe</i>	9
<i>Tabla 3. Cálculo de Tránsito Promedio Diario Anual</i>	10
<i>Tabla 4. PIB Nicaragua 2008 – 2018</i>	10
<i>Tabla 5. Proyecciones de población, según, año calendario y tasa de crecimiento. Periodo (2005- 2020)</i>	11
<i>Tabla 6. Historial del Tránsito. Estación de Control N° 2301</i>	12
<i>Tabla 7. Clasificación funcional de las carreteras regionales, volúmenes de tránsito y número de carriles.</i>	13
<i>Tabla 8. Periodos de diseño para distintos tipos de carreteras</i>	14
<i>Tabla 9. Cálculo del tránsito normal a proyección</i>	15
<i>Tabla 10. Factor de distribución por dirección</i>	17
<i>Tabla 11. Factor carril</i>	17
<i>Tabla 12. Cálculo de Tránsito de Diseño</i>	18
<i>Tabla 13. Carga de Vehículo por tipo de eje</i>	19
<i>Tabla 14. Cálculo del ESAL'S del carril de Diseño</i>	20
<i>Tabla 15. Resumen de datos topográficos</i>	25
<i>Tabla 16. Resumen de datos topográficos</i>	26
<i>Tabla 17. Resumen de datos topográficos</i>	27
<i>Tabla 18. Resumen de datos topográficos</i>	28
<i>Tabla 19. Sondeos efectuados</i>	31
<i>Tabla 20. Ensayos de laboratorios</i>	31
<i>Tabla 21. Resultados de ensayos de suelo</i>	34
<i>Tabla 22. Columnas estratigráficas del suelo</i>	34
<i>Tabla 23. Valores de CBR</i>	35
<i>Tabla 24. Resultados de ensayos de laboratorio del banco de material</i>	36
<i>Tabla 25. Especificaciones de materiales para base granular</i>	37
<i>Tabla 26. Especificaciones para los materiales de terraplenes y capa de Sub-rasante</i>	38
<i>Tabla 27. Criterio del Instituto de Asfalto para Determinar CBR de Diseño</i>	38

<i>Tabla 28. Selección de CBR de Diseño para la Sub-Rasante</i>	<u>39</u>
<i>Tabla 29. Comparación de datos del banco con la NIC 2000 para Base</i>	<u>40</u>
<i>Tabla 30. Niveles de Confiabilidad R en Función del Tipo de Carretera</i>	<u>42</u>
<i>Tabla 31. Valores de Zr en función de la Confiabilidad R</i>	<u>43</u>
<i>Tabla 32. Valores de desviación estándar</i>	<u>44</u>
<i>Tabla 33. Correlación entre el CBR Y Módulo Resiliente para Sub-rasante</i>	<u>46</u>
<i>Tabla 34. Resumen de datos calculados</i>	<u>51</u>
<i>Tabla 35. Espesores mínimos sugeridos por capa</i>	<u>52</u>
<i>Tabla 36. Intensidades de lluvia estación meteorológica Juigalpa, chontales</i>	<u>57</u>
<i>Tabla 37. Cálculo de tiempo de concentración</i>	<u>58</u>
<i>Tabla 38. Intensidad media de precipitación</i>	<u>59</u>
<i>Tabla 39. Caudal de diseño para cunetas</i>	<u>59</u>
<i>Tabla 40. Dimensiones de cunetas</i>	<u>62</u>
<i>Tabla 41. Diseño hidráulico de cunetas</i>	<u>64</u>
<i>Tabla 42. Dependencia de estaciones</i>	<u>II</u>
<i>Tabla 43. Factores de ajuste de la estación 1802 del tramo San Marcos – Masatepe</i>	<u>II</u>
<i>Tabla 44. Tráfico promedio diario anual histórico por tipo de vehículo</i>	<u>III</u>
<i>Tabla 45. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, Pt = 2. Ejes simples</i>	<u>IV</u>
<i>Tabla 46. Factores equivalentes para vehículos de carga</i>	<u>V</u>
<i>Tabla 47. Conteo Vehicular doce horas del día Martes 13 de septiembre</i>	<u>VI</u>
<i>Tabla 48. Conteo Vehicular doce horas del día miércoles 14 de septiembre</i>	<u>VII</u>
<i>Tabla 49. Conteo Vehicular doce horas del día jueves 15 de septiembre</i>	<u>VIII</u>
<i>Tabla 50. Datos de Levantamiento Topográfico</i>	<u>IX</u>
<i>Tabla 51. Datos de Levantamiento Topográfico</i>	<u>X</u>
<i>Tabla 52. Datos de Levantamiento Topográfico</i>	<u>XI</u>
<i>Tabla 53. Datos de Levantamiento Topográfico</i>	<u>XII</u>
<i>Tabla 54. Datos de Levantamiento Topográfico</i>	<u>XIII</u>
<i>Tabla 55. Datos de Levantamiento Topográfico</i>	<u>XIV</u>
<i>Tabla 56. Datos de Levantamiento Topográfico</i>	<u>XV</u>

<i>Tabla 57. Datos de Levantamiento Topográfico</i>	<i>XVI</i>
<i>Tabla 58. Datos de Levantamiento Topográfico</i>	<i>XVII</i>
<i>Tabla 59. Datos de Levantamiento Topográfico</i>	<i>XVIII</i>
<i>Tabla 60. Datos de Levantamiento Topográfico</i>	<i>XIX</i>
<i>Tabla 61. Datos de Levantamiento Topográfico</i>	<i>XX</i>
<i>Tabla 62. Datos de Levantamiento Topográfico</i>	<i>XXI</i>
<i>Tabla 63. Datos de Levantamiento Topográfico</i>	<i>XXII</i>
<i>Tabla 64. Datos de Levantamiento Topográfico</i>	<i>XXIII</i>
<i>Tabla 65. Datos de Levantamiento Topográfico</i>	<i>XXIV</i>
<i>Tabla 66. Datos de Levantamiento Topográfico</i>	<i>XXV</i>
<i>Tabla 67. Datos de Levantamiento Topográfico</i>	<i>XXVI</i>
<i>Tabla 68. Datos de Levantamiento Topográfico</i>	<i>XXVII</i>
<i>Tabla 69. Clasificación de valor de soporte relativo en estructura de pavimento</i>	<i>XXVIII</i>
<i>Tabla 70. Especificaciones de los materiales empleados en capas de sub-rasante</i>	<i>XXVIII</i>
<i>Tabla 71. Especificaciones de los materiales utilizados en la Base</i>	<i>XXIX</i>
<i>Tabla 72. Espesores mínimos de concreto asfáltico y base granular</i>	<i>XXIX</i>
<i>Tabla 73. Granulometría para Base</i>	<i>XXX</i>
<i>Tabla 74. Coeficientes de escorrentía usados en el método racional</i>	<i>XXX</i>

ÍNDICE DE IMÁGENES Y GRÁFICOS

<i>Imagen 1. Macrolocalización</i>	4
<i>Imagen 2. Microlocalización</i>	4
<i>Imagen 3. Restricciones en el uso de los Métodos Hidrológicos</i>	53
<i>Imagen 4. Fórmulas para el dimensionamiento de canales para carreteras inter urbanas</i>	61
<i>Imagen 5. Resultado de Diseño de Vado en software Hcanales</i>	66
<i>Imagen 6. Tipología y descripción vehicular de los conteos de tráfico MTI</i>	1
<i>Gráfico 1. Cálculo del CBR de Diseño</i>	39
<i>Gráfico 2. Nomograma para coeficientes de capas de bases granulares</i>	48
<i>Gráfico 3. Determinación de SN</i>	50

I. GENERALIDADES

1.1. Introducción

El desarrollo económico y social del país cada día va en aumento, es por ello que en la actualidad surge la necesidad de realizar nuevos proyectos en los cuales se incluye mejoramientos en el sector vial de algunos sectores. Al establecerse calles y caminos como vías de comunicación y acceso se ha garantizado progresivamente un ordenamiento del territorio y sus ciudades, con esto se han facilitado el crecimiento demográfico y económico.

El acelerado avance tecnológico que ha caracterizado a este siglo ha sido un factor determinante, siendo el transporte una fase importante en la economía de nuestro país, garantizando de esta manera la accesibilidad en algunos sectores que no cuentan con vías de transporte.

El tramo en estudio es de aproximadamente 1,500.00 metros está ubicado en el barrio San José en el Municipio de Santo Tomás, esta vía es el principal acceso a la casa materna, CDI, convento y al centro turístico ecológico San José. (Ver ubicación del sitio de estudio, pág. 4)

Está actualmente revestido de macadán, presentando en época seca condiciones aceptables para sus usuarios, mientras que, en época lluviosa condiciones no muy favorables y de difícil acceso en varios segmentos de la vía.

La propuesta de diseño de estructura de pavimento con alternativa de adoquín y drenaje menor en el barrio San José, Santo Tomás por medio del método AASHTO 93 surge como una necesidad para mejorar las condiciones de la red vial y propiciar el desarrollo económico en la zona urbana, Proveyéndoles a los habitantes de una infraestructura vial para poder tener mayores facilidades de acceso.

Esta propuesta consiste en determinar las propiedades mecánicas del suelo, diseñar las diferentes capas que componen la estructura del pavimento y su respectivo drenaje menor.

1.2. Antecedentes

Los caminos de baja intensidad de tránsito, son parte necesarias de cualquier sistema de transporte que brinda servicios a la población en zonas rurales; para mejorar el flujo de bienes y servicios. Al mismo tiempo, que define drásticamente el trazo de futuros proyectos de electrificación, distribución de agua potable. Una carretera bien diseñada toma en consideración la movilidad que necesitan los usuarios de la carretera, así como la seguridad y el confort de los mismos, balanceando esto con las restricciones físicas y naturales del entorno en el cuál, el proyecto se realiza; formando así un sistema de transporte seguro y eficiente. (Alemán Vásquez, Nerio Aguilar, & Juárez Reyes, 2015)

Mediante los estudios a realizarse en el tramo de calle que inicia en la Bodega de la Alcaldía de Juigalpa y termina en la Entrada a al barrio Rey Jesús, obtendremos el diseño de los espesores de pavimento a proponer, con el fin de que la alcaldía de Juigalpa en un futuro incluya en su plan de inversiones, la construcción de este tramo, con el fin de realizar una restitución de derechos de la población que habita en el Municipio de Juigalpa, Chontales. (Lazo González, 2015)

El barrio San José antes llamado Perro Moncho se fundó en 1989. En el año 1992 se cambió al nombre que hoy en día posee, se han inaugurado varios proyectos en los cuales se han beneficiado los habitantes con un CDI, Cancha Multiuso, Centro turístico entre otros. Dentro de las obras con las cuales han sido favorecidos los habitantes de este barrio no se incluye lo que es un adoquinado con su respectivo drenaje menor, actualmente las calles cuentan con condiciones mínimas de una vía de transporte la cual tiene una carpeta de rodamiento de macadán como muestra la foto 1 (Anexos pág. XXXI), desde que se llevó a cabo esta vía de accesibilidad, los mantenimientos de nivelación de calle que se han llevado a cabo por parte de la alcaldía no son duraderos ya que el material selecto que se utiliza no presenta las propiedades necesarias. es por ello que la iniciativa de este proyecto aportará a mejorar la calidad de vida a las personas que habitan en este sector, dinamizar el desarrollo sociocultural, potencializar la economía y movilización de los pobladores que a diario transitan.

1.3. Justificación

El presente estudio se realizará con la intención de mejorar el acceso a pobladores del barrio. Las vías de transporte son una necesidad propia en diferentes zonas del país es por ello que se implementa los mejoramientos y mantenimientos en carreteras, caminos y calles de forma continua.

En tiempos de invierno se acelera el deterioro de la calle, teniendo presente el desborde de los cauces siendo estos criaderos de mosquitos debido a las aguas estancadas junto con la basura que son causantes de muchas enfermedades afectando a la población.

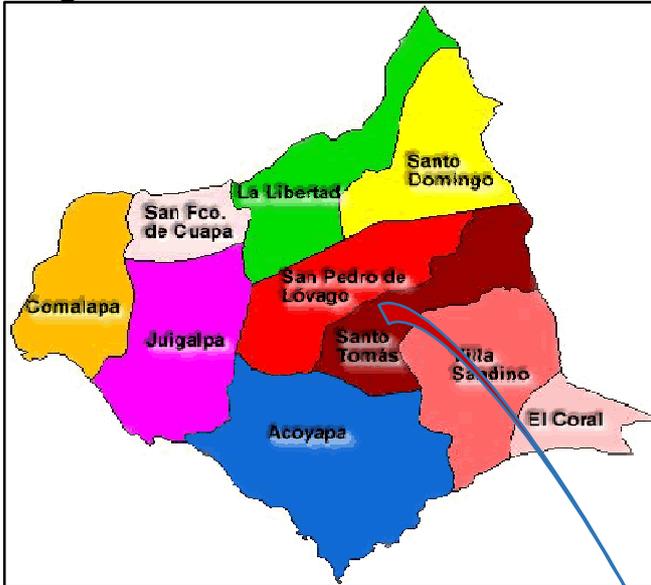
La propuesta del pavimento articulado de 1500 metros de calle con su respectivo drenaje menor será con el fin de dar solución a una necesidad que está afectando a los habitantes de este barrio con la que se mejorará la calidad de vida de los pobladores y al sector transporte de la municipalidad.

Además, al desarrollar esta propuesta, generará fuentes de trabajo temporales, lo que ayudara a mejorar el nivel de ingresos económicos en los hogares de los habitantes que serán involucrados en el proceso de construcción.

1.4. Ubicación del sitio en estudio

El municipio de Santo Tomás se encuentra ubicado entre las coordenadas 12°04' Latitud Norte y 85°05' de Longitud Oeste.

Imagen 1. Macrolocalización



Fuente: Inide.gov.ni

Imagen 2. Microlocalización



Fuente: Google Earth

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General:

- Diseñar estructura de pavimento articulado y drenaje menor de 1,500.00 metros de calle a través del método AASHTO 93.

1.5.2. Objetivos Específicos:

- Realizar estudio de tránsito en el tramo de calle mediante un aforo vehicular, determinando las cargas que soportará la estructura de pavimento.
- Efectuar levantamiento topográfico definiendo la rasante que más se ajuste al terreno existente.
- 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.
- Determinar los espesores de las distintas capas de la estructura de pavimento articulado mediante del método AASHTO 93.
- Diseñar el drenaje menor en el tramo de calle por medio de estudio hidrológico, identificando las zonas más críticas que serán afectadas en tiempo de invierno.

II. ESTUDIO DE TRÁNSITO

El tránsito probablemente es la variable más significativa para el diseño de una vía, así como también el volumen, las dimensiones de los vehículos influyen en su diseño geométrico, teniendo en cuenta el número y el peso de los ejes de estos ya que son factores determinantes en el diseño de la estructura de pavimento articulado.

En el estudio de tránsito se realizaron tres etapas para su correcta elaboración:

- ✓ Compilación de datos.
- ✓ Procesamiento de información.
- ✓ Análisis de la información obtenida.

2.1. Compilación de datos

En esta etapa se recolectaron los datos por medio de conteos vehiculares, eligiendo tres puntos de intersección en las calles más transitadas. La recolección se realizó en un periodo de 3 días durante doce horas, iniciando a las 6:00 am y concluyendo a las 6:00 pm, en los cuales se determinaron el tránsito promedio diario semanal, tránsito promedio diario anual, tipo de vehículos etc,

El periodo para el conteo vehicular inició el día 13 hasta el día 15 de septiembre del año 2020 (los días de la semana fueron martes, miércoles y jueves). Este aforo vehicular fue una elaboración personal.

2.2. Clasificación de vehículos

Para la clasificación de los vehículos, el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) ha designado la siguiente terminología para los vehículos que circulan a través de la infraestructura vial en el país (Ver Anexos, pág. I)

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

Vehículos de carga. Son aquellos vehículos que se utilizan para transporte de mercancías sea esta carga seca o líquida.

Equipo pesado. Son los vehículos de construcción y los agrícolas.

Otros. Son remolques o tráiler pequeño jalado por cualquier automotor o por tracción animal.

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

La diversidad en las características de los vehículos que circulan sobre un pavimento durante su vida de diseño, trae como consecuencia un amplio espectro de ejes de cargas, con diferentes espacios entre llantas y distintas presiones de inflado, lo que origina una amplia gama de esfuerzos y deformaciones aplicados a un determinado punto de la estructura. (Montejo Fonseca, 2002).

2.4. Procesamiento de la información

Se procesaron los datos recolectados del aforo vehicular, actividad que corresponde a los trabajos de gabinete, los cuales se ingresaron en hojas del programa Microsoft Excel. El conocimiento más exacto que se pueda obtener de este estudio es indispensable para la correcta elaboración de cálculos de espesores de pavimento de este tramo de vía.

2.5. Proyección del tránsito

La práctica normal de las proyecciones del tránsito indica que, para un proyecto de rehabilitación y mejoramiento, estas deben ser desarrolladas en base a estimaciones de viajes basadas en el uso futuro del suelo, así como de factores socioeconómico tales como PIB (Producto Interno Bruto), el consumo de productos derivados del petróleo y el crecimiento poblacional. Los conteos de campo levantados en el sitio son los factores de ajuste de la información obtenida para la

posible estimación del tráfico para el cual se pretende diseñar y poder estimar las proyecciones del tránsito futuro, tomando en cuenta el historial del tráfico de la zona. Para calcular el *TPDi* se utiliza la siguiente fórmula:

$$TPDi = \frac{N}{T} \quad \text{(Ecuación. 1)}$$

Dónde:

TPDi=Transito promedio diario

N = Sumatoria de todos los vehiculos aforados

T = Tiempo de duracion del aforo

Tabla 1. Aforo Vehicular y cálculo del Transito Promedio Diario

Estación: 0+000		Barrio San José - Santo Tomás					Mes: Septiembre					Días: 3 días	Año: 2021
Tipo de Vehículo	Motos	Vehiculos de Pasajeros					Pesados de carga				Equipo pesado	TOTAL	
Día		Autos	Camionetas	Mic. Bus < 15	Mic. Bus 15-30	Bus	Livianos 2-5 ton	C2 5+ Ton	C3	T3 - S1 <=4 E	VA		
Martes	3028	980	601	36	11	33	81	9	10	9	0	4798	
Miercoles	2372	826	531	29	5	31	102	8	6	5	0	3915	
Jueves	2681	1018	671	42	9	25	134	29	5	7	8	4629	
TOTAL	8081	2824	1803	107	25	89	317	46	21	21	8	13342	
TPDi	2694	942	601	36	9	30	106	16	7	7	3	4447	
%	60.58%	21.18%	13.51%	0.80%	0.20%	0.67%	2.38%	0.35%	0.16%	0.16%	0.06%	100%	
Vehiculos		96.27%					3.72%					0.06%	100%

Fuente: Elaboración propia

2.6. Análisis de la información

En vista que los datos recolectados son una muestra representativa de un periodo de tres días, se hace necesario estimar el TPDA. Para este propósito se utilizaron factores de ajustes diario, semanal y de temporada. Los valores se tomarán del Anuario de Aforo del Trafico del año 2020 del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), considerando la estación de corta duración N° 2301 Santo Tomas – Empalme de San Pedro de Lóvago (debido a que es la más cercana a la red de calle estudiadas), de la cual depende la estación de mayor cobertura N°1802 San Marcos - Masatepe (Ver anexo, Tabla 42,43 pág. II). Tomando en cuenta la comparación de los porcentajes de la composición vehicular del estudio de tránsito realizado en la red de calles estudiadas se procedió a elegir la tabla correspondiente

de factores del tercer cuatrimestre de la estación de mayor cobertura que permiten expandir el volumen del tránsito de la muestra del tramo de vía en estudio. Los valores son los siguientes:

Tabla 2. Factores de Ajustes de la Estación N°1802 San Marcos – Masatepe



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



ESTACION DE MAYOR COBERTURA 1802
SAN MARCOS - MASATEPE
FACTORES - 2020

Factores del primer cuatrimestre del año Enero - Abril

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx=>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx=>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1,34	1,29	1,18	1,25	1,23	1,14	1,38	1,15	1,20	1,21	1,00	1,32	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Factor Semana	0,95	0,96	1,00	0,97	0,92	0,93	0,89	0,91	0,83	0,86	1,00	0,86	1,00	1,00	1,00	1,00	0,89
Factor Fin de Semana	1,15	1,11	0,99	1,08	1,30	1,22	1,44	1,33	2,07	1,68	1,00	1,69	1,00	1,00	1,00	1,00	1,48
Factor Expansión a TPDA	1,15	1,15	1,35	1,13	1,20	1,23	1,16	1,15	1,04	1,27	1,00	1,54	1,00	1,00	1,00	1,00	1,88

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	1,37	1,33	1,19	1,24	1,28	1,25	1,36	1,20	1,26	1,20	1,00	1,38	1,00	1,00	1,00	1,00	1,09
Factor Semana	0,98	1,06	1,10	1,03	0,94	0,91	0,89	0,92	0,85	0,88	1,00	0,84	1,00	1,00	1,00	1,00	0,85
Factor Fin de Semana	1,05	0,87	0,81	0,93	1,19	1,33	1,43	1,30	1,78	1,51	1,00	1,90	1,00	1,00	1,00	1,00	1,82
Factor Expansión a TPDA	1,02	0,99	0,95	1,00	1,02	0,89	1,01	0,97	1,01	1,01	1,00	0,97	1,00	1,00	1,00	1,00	0,66

Factores del tercer cuatrimestre del año septiembre - Diciembre ←

Descripción	Moto	Carro	Jeep	Camioneta	Micro Bus	Mini Bus	Bus	Liv. 2-5 t.	C2	C3	Tx-Sx<=4	Tx-Sx=>5	Cx-Rx<4	Cx-Rx=>5	V.A	V.C	Otros
Factor Día	1,37	1,34	1,24	1,29	1,38	1,24	1,43	1,23	1,31	1,18	1,00	1,26	1,00	1,00	1,00	1,00	1,17
Factor Semana	0,94	1,03	1,08	1,01	0,95	0,92	0,90	0,90	0,86	0,89	1,00	0,85	1,00	1,00	1,00	1,00	1,12
Factor Fin de Semana	1,19	0,93	0,84	0,97	1,17	1,27	1,37	1,36	1,74	1,46	1,00	1,77	1,00	1,00	1,00	1,00	0,79
Factor Expansión a TPDA	0,87	0,89	0,83	0,90	0,84	0,94	0,87	0,91	0,95	0,82	1,00	0,76	1,00	1,00	1,00	1,00	1,06

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico. MTI. Año 2020. Página 383

Tabla 3. Cálculo de Tránsito Promedio Diario Anual

Grupo	Moto	Autos	Camionetas	Micro Bus < 15 pasajeros	Micro Bus 15 - 30 pasajeros	Bus	Livianos 2- 5 Ton	C2 5+ Ton	C3	TX - SX <= 4 E	VA	VC	TOTAL
TPD	2694	942	601	36	9	30	106	16	7	7	3	0	4451
Factor Diario	1.37	1.34	1.29	1.38	1.24	1.43	1.23	1.31	1.18	1.00	1.00	1.00	
Factor Semanal	0.94	1.03	1.01	0.95	0.92	0.90	0.90	0.86	0.89	1.00	1.00	1.00	
Factor Ajuste	0.87	0.89	0.9	0.84	0.94	0.87	0.91	0.95	0.82	1.00	1.00	1.00	
TPDA Sep-Dic	3019	1158	705	40	10	34	107	18	7	7	3	0	5108
% TPDA	59.10	22.67	13.80	0.78	0.20	0.67	2.09	0.35	0.14	0.14	0.06	0.00	100.00
% VEHICULOS LIVIANOS			96.55 %			% VEHICULOS PESADOS			3.45 %			100.00 %	

Fuente: Elaboración propia

Para estimar la tasa de crecimiento y realizar las proyecciones de tránsito de la vía en estudio se analizaron las siguientes variables: PIB (Producto Interno Bruto), tasa de crecimiento poblacional y el historial del tránsito en la zona según datos del MTI.

2.7. Producto Interno Bruto

Es una medida agregada que expresa el valor monetario de la producción de bienes y servicios finales de un país durante un período que normalmente es de un año. Se realizó un análisis del comportamiento del producto interno bruto entre los años 2008 -2018 reflejando una tasa del 4,68 % la cual es muy alta para utilizarla en las proyecciones del tránsito.

Tabla 4. PIB Nicaragua 2008 – 2018

AÑO	PIB	% CRECIMIENTO PIB
2008	129,160.50	3.4
2009	124,907.70	3.3
2010	130,416.30	4.4
2011	138,654.20	6.3
2012	147,661.40	6.5
2013	154,936.80	4.9
2014	162,351.30	4.8
2015	170,131.60	4.8
2016	177,894.90	4.6
2017	186,212.40	4.7
2018	179,107.00	3.8
Promedio		4.68

Fuente: Anuario de estadísticas macroeconómicas. BCN – Nicaragua

La fórmula que se usó para determinar el crecimiento del PIB por cada año es la siguiente:

$$\% \text{ Crecimiento del PIB del año } 2018 = \frac{PIB_x - PIB_{x-1}}{PIB_{x-1}}$$

$$\% \text{ Crecimiento del PIB del año 2018} = \frac{179107 - 186212.40}{186212.40}$$

% Crecimiento del PIB del año 2018 = 3.8 %

2.8. Tasa de Crecimiento Poblacional

Es el cambio en la población en un cierto plazo y puede ser cuantificado como el cambio en el número de individuos en una población usando tiempo por unidad para su medición.

Tabla 5. Proyecciones de población, según, año calendario y tasa de crecimiento. Periodo (2005- 2020)

Municipio, Año y Tasa de Crecimiento	Ambos Sexos	Hombres	Muje
Santo tomás			
2005	17383	8499	
2006	17584	859	
2007	17783	8	
2008	17978		
2009	18220		
2010	18407		
2011	1858		
2012	18		
2013			
2014			
2015			
2016			
2017			
2018			
201			
2			
Tasa de			

Fuente: Instituto Nacional de Información de Desarrollo. INIDE – Nicaragua

Para obtener las tasas de crecimiento se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Tasa de crecimiento} = \frac{TC_x - TC_{x-1}}{TC_{x-1}}$$

$$TC_1 = \frac{17584 - 17383}{17383} = 1.15$$

Sucesivamente se calculan las demás tasas de crecimiento del periodo 2005 - 2010

$$TC_2 = 1.13, TC_3 = 1.09, TC_4 = 1.34, TC_5 = 1.02$$

$$\% \text{ Tasa de crecimiento } 2005 - 2010 = \frac{TC_1 + TC_2 + TC_3 + TC_4 + TC_5}{n}$$

$$\% \text{ Tasa de crecimiento } 2005 - 2010 = \frac{1.15 + 1.13 + 1.09 + 1.34 + 1.02}{5}$$

$$\% \text{ Tasa de crecimiento } 2005 - 2010 = \mathbf{1.1 \%}$$

- Historial de Tránsito de la Zona

La tasa de crecimiento vehicular varía dependiendo del tipo de vehículo, la determinación de las mismas se realiza a partir de series históricas de tránsito, en base a estudios anteriores del tramo en estudio u otras vías de naturaleza similar. Para el presente tramo se ha encontrado información histórica o estadística de tránsito en el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) que pueda ser de utilidad. El proyecto en estudio presenta los siguientes registros históricos en el período (2009 – 2014), durante este ha presentado un comportamiento variable que va de 325 vpd en el año 2009, a 992 vpd en el año 2014.

Este comportamiento irregular del flujo vehicular se debe o se considera que ha sido principalmente, producto de las diferentes condiciones físicas que ha presentado en este periodo, la superficie de rodamiento a lo largo del tramo.

Tabla 6. Historial del Tránsito. Estación de Control N° 2301

AÑO	VPD
2009	325
2011	722
2013	791
2014	992

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico. MTI. Año 2020. Página 168

En los datos históricos de TPDA de la estación de conteo permanente N° 2301 Santo Tomas – Empalme de San Pedro de Lóvago se refleja una tasa de crecimiento de 6.74 % la cual es muy alta en comparación con las demás tasas. (Ver Anexo pág. III).

Es por ello que se realizó un promedio entre las tasas de crecimiento del histórico de la zona por tipo de vehículo, el PIB y la proyección del año actual, obteniendo una tasa del 3.9 %.

Historico de la zona	6	Promedio: $\frac{6.74+4.68+0.5}{3}$
PIB		
Proye		

Promedio: **3.9%**

Se considera que es una tasa moderada y acorde a la realidad del proyecto, razón por la cual se utilizará para las predicciones del tránsito.

2.9. Clasificación de la vía

La clasificación de la vía es el proceso por medio del cual las calles y carreteras son organizadas dentro de un sistema funcional, de acuerdo con el carácter de servicio que prestan y que ayude a seleccionar los factores apropiados de tránsito y otras variables que sean necesarias, según se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 7. Clasificación funcional de las carreteras regionales, volúmenes de tránsito y número de carriles.

FUNCIÓN	CLASE DE CARRETERA(1)	NOMECLATURA	TPD(2) (AÑO FINAL DE DISEÑO)	Número de Carriles
ARTERIAL PRINCIPAL	AUTOPISTA	AA	>20,000	6-8
	ARTERIAL RURAL	AR	10,000-20,000	4-6
	ARTERIAL URBANA	AU	10,000-20,000	4-6
ARTERIAL MENOR	ARTERIAL MENOR RURAL	AMR	3,000-10,000	2
	ARTERIAL MENOR URBANA	AMU	3,000-10,000	2
COLECTOR MAYOR	COLECTOR MAYOR RURAL	CMR	10,000-20,000	4-6
	COLECTOR MAYOR URBANA	CMU	10,000-20,000	4-6
COLECTOR MENOR	COLECTOR MENOR RURAL	CR	500-3,000	2
	COLECTOR MENOR URBANA	CU	500-3,000	2
LOCAL	LOCAL RURAL	LR	100-500	2
	LOCAL URBANO	LU	100-500	2
	RURAL	R	<100	1-2

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras. Año 2011.

Con excepción de la clase RURAL que será de terracería, todas las demás clases deberán de ser pavimentadas. Las clases CR, CU y LR también podrán ser pavimentadas o de terracería. Por lo tanto, la vía en estudio se clasifica funcionalmente como arterial menor – AMU, basándonos en su TPDA que fue de 5108 vehículos por día el cual cabe en el rango TPDA 3,000 – 10,000 establecido por la SIECA 2011 y su manual.

2.10. Período de Diseño

Es el tiempo durante el cual la estructura que se diseña deberá operar con un nivel de serviciabilidad superior al mínimo sin requerir de acciones de conservación diferente a la del mantenimiento rutinario. Basándonos en el Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales, el período de diseño recomendado para esta vía en estudio, clasificado como arterial menor, es de 10 a 20 años.

Tabla 8. Periodos de diseño para distintos tipos de carreteras

Tipo de carretera	Periodo de diseño
Autopista regional	20 - 40 (Años)
Troncales Sub - Urbanas	15 - 30 (Años)
Troncales Rurales	
Colectoras Sub - Urbanas	10 - 20 (Años)
Colectoras Rurales	

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el diseño geométrico de Carreteras (SIECA), cap.7, p.3.

El periodo de diseño a considerar para el presente proyecto, ya que este se clasifica como una colectoras Sub – urbana (éste funcionaria para velocidades menores en distancias cortas para calles o caminos locales) es de 15 años, siendo la media del intervalo de “10 a 20 años”.

2.11. Tránsito de diseño

En vista que el diseño del pavimento de la vía, se basa tanto en el tránsito actual, así como en los incrementos de tránsito que se espera utilicen la carretera, durante su vida útil, resulta necesario realizar las proyecciones de tránsito futuro, para ello se calculara con la siguiente ecuación:

$$T_n = T_0 (1+i)^n$$

Donde:

T_n : Tránsito normal

T_0 = Transito inicial en el año

n = número de año en el periodo de diseño.

$$TPDA_{2021} = 3019 * (1+0.039)^{15} \approx 5359 \text{ motos/días.}$$

Tabla 9. Cálculo del tránsito normal a proyección

Tipo de Vehículo	2021 <i>TPDA₀</i>	Tasa de crecimiento	TPDA Proyectado 2036
Motos	3,019	3.9%	5,359
Autos	1,158	3.9%	2,056
Camionetas	705	3.9%	1,251
Mic. Bus < 15 pas	40	3.9%	71
Mic. Bus 15 - 30 pas	10	3.9%	18
Bus	34	3.9%	60
Livianos 2 - 5 ton	107	3.9%	189
C2 + 5 ton	18	3.9%	32
C3	7	3.9%	12
V.A	3	3.9%	5
Total	5,101		9,053

Fuente: Elaboración propia

Es necesario determinar el periodo de proyección del tráfico, el cual está en función de la vida útil del pavimento, así como las tasas de crecimiento que se han determinado con anterioridad.

El tránsito de Diseño se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$TD = T_0 * FC * FD * fc \quad \text{(Ecuación N° 2)}$$

TD = Tránsito de diseño

T_0 = Tránsito Inicial en el año 0

FC = Factor de Crecimiento

FD = Factor de Distribución Direccional

fc = Factor Carril

2.11.1. Tránsito Inicial en el año 0 (T_0)

Es el TPD inicial determinado a partir del conteo vehicular que se realiza en el tramo a diseñar.

2.11.2. Factor de crecimiento

Este dado en función por el periodo de diseño y la tasa de crecimiento vehicular, el cual puede variar en dependencia del tipo de vehículo. Su fórmula es:

$$FC = 365 \times \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right] \quad \text{(Ecuación N° 3)}$$

FC = Factor de Crecimiento

i = Tasa de Crecimiento

n = Período de Diseño

De acuerdo a la fórmula N° 3 se obtiene un Factor de Crecimiento:

$i = 3.9\%$ $n = 15$ años (este valor se toma basado en el SIECA, ver tabla 8, pág.14)

$$FC = 365 \times \left[\frac{(1+0.039)^{15}-1}{0.035} \right] = 8084$$

2.11.3. Factor de Distribución Direccional (*FD*)

Se expresa con la relación que existe entre el tráfico y el sentido de circulación, su valor es generalmente es 0.5 para el flujo vehicular en ambas direcciones y 1 si poseen un solo sentido. La característica más general es que el tránsito se divida 50% en un sentido y 50% en el otro.

Tabla 10. Factor de distribución por dirección

Número de carriles en ambas direcciones	Porcentaje de distribución
2	50
4	45
6 a más	40

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el diseño geométrico de Carreteras (SIECA), cap.2, p.29.

- Factor carril (*fc*)

Este factor está basado en el carril de diseño, que se define como el carril que recibe más número de ESAL's. En la siguiente tabla se detallan los factores de distribución por carril para diferentes números de carriles en una dirección que

Tabla 11. Factor carril

Número de carriles en cada dirección	LD
1 	1.00
2	0.80 - 1.00
3	0.60 - 0.80
4	0.50 - 0.75

Fuente: Libro de diseño pavimentos AASHTO 93. Tercera edición. Año 2006. Página 58

2.11.4. Tránsito en el año n (T_n)

Es el TPD promedio diario proyectado hacia el año n. Para calcularlo es necesario conocer el tránsito inicial, la tasa de crecimiento anual y el periodo de diseño.

$$T_n = T_0(1 + i)^n \quad \text{(Ecuación N° 4)}$$

T_n = Tránsito en el año n

i = Tasa de Crecimiento

n = Período de Diseño

- Número de año en el periodo de diseño (n)

El número de años que se empleen en el diseño, está en dependencia de la importancia que la vía representa para la red vial regional o nacional y está definido como el tiempo total para el cual se diseña un pavimento.

Tabla 12. Cálculo de Tránsito de Diseño

Vehículo	T0	F. Crec.	F. Carril	F. Direccional	T. Diseño
Motos	3019	8084	1	0.5	12,202,798
Autos	1158	8084	1	0.5	4,680,636
Camioneta	705	8084	1	0.5	2,849,610
Livianos 2-5 Ton	107	8084	1	0.5	432,494
Mic. Bus <15 pas	40	8084	1	0.5	161,680
Mic. Bus 15-30 pas	10	8084	1	0.5	40,420
Bus	34	8084	1	0.5	137,428
C2 5+ Ton	18	8084	1	0.5	72,756
C3	7	8084	1	0.5	28,294
VA	3	8084	1	0.5	12,126
Total	5,101				20,618,242

Fuente: Elaboración propia

Realizando los cálculos correspondientes por medio de la fórmula N° 2, utilizando una hoja del programa Microsoft Excel, se obtuvo un tránsito de diseño de 20,618,242 vehículos por día.

Ejemplo de cálculo de tránsito de diseño para autos:

$$TD = 1,158 * 8084 * 1 * 0.5 = 4,680,636 \text{ veh por día}$$

2.12. Cálculo del ESAL'S

Una vez conocido el tránsito de Diseño, se procede a realizar el cálculo **ESAL'S** del Carril de Diseño, como en algunos casos el peso por eje Kips no está dado en la tabla factores Equivalentes de Cargas Ejes Simples. Se deberá interpolar el valor exacto.

Tabla 13. Carga de Vehículo por tipo de eje

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: Departamento de peso y dimensiones, dirección de vialidad, MTI

- Cálculo para camioneta

Eje delantero

$$\frac{x - 0.0002}{2200 - 2000} = \frac{0.002 - 0.0002}{4000 - 2000}$$

$$x - 0.0002 = \left(\frac{0.002 - 0.0002}{4000 - 2000} \right) * (2200 - 2000)$$

$$x = \left(\frac{0.002 - 0.0002}{4000 - 2000} \right) * (2200 - 2000) + 0.0002 \Rightarrow x = 0.00038$$

Eje trasero

$$\frac{x - 0.002}{4400 - 4000} = \frac{0.01 - 0.002}{6000 - 4000}$$

$$x - 0.002 = \left(\frac{0.01 - 0.002}{6000 - 4000} \right) * (4400 - 4000)$$

$$x = \left(\frac{0.01 - 0.002}{6000 - 4000} \right) * (4400 - 4000) + 0.002 \Rightarrow x = 0.0036$$

El cálculo de los ejes equivalentes a 18 KIPS para cada vehículo se estimó en base al tránsito de diseño y los factores **ESAL** para cada eje, este último se determinó utilizando la tabla 45 y 46 (Ver Anexo pág. IV, V) de factores equivalentes de carga, considerando una serviciabilidad final de $pt = 2.0$ y un $SN = 4$, (según el manual SIECA capítulo 3 Pág. 4. En este caso se decidió tomar el valor de $Pt = 2.0$ ya que nuestro tramo corresponde a una arterial menor urbana) para lo cual se debió conocer los pesos de cada eje en toneladas.

Tabla 14. Cálculo del ESAL'S del carril de Diseño

Tipo de Vehículo	Peso por eje (lbs)	Tránsito de diseño	Factor ESAL'S	ESAL'S de diseño
Autos	2200	4,680,636	0.00038	1778.64
	2200		0.00038	1778.64
Camionetas	2200	2,849,610	0.00038	1082.85
	4400		0.0036	10258.60
Mic. Bus < 15 pas	4400	161,680	0.0036	582.05
	8800		0.0538	8698.38
Mic. Bus 15 - 30 pas	8800	40,420	0.0538	2174.60
	17600		0.9224	37283.41
Bus	11000	137,428	0.134	18415.35
	22000		2.31	317458.68
Livianos 2 - 5 ton	8800	432,494	0.0538	23268.18
	17600		0.9224	398932.47
C2 + 5 ton	11000	72,756	0.134	9749.30
	22000		2.31	168066.36
C3	11000	28,294	0.134	3791.40
	36300		1.43	40460.42
V.A	9900	12,126	0.0824	999.18
	14300		0.389	4717.01
Total				1049495.52

Fuente: Elaboración Propia

El ESAL'S del carril de Diseño es de 1,049495.52 ejes equivalentes de 18,000 lbs.

- Ejemplo de cálculo de ESAL'S de Diseño para Autos:

$$ESAL'S_{Autos} = TD * F_{ESAL'S} \quad \text{(Ecuación N° 5)}$$

$$ESAL'S_{Autos} = 4,680,636 * 0.00038$$

$$ESAL'S_{Autos} = 1,778.64$$

III. ESTUDIO TOPOGRAFICO

Esta etapa tuvo una duración de 21 días, en los cuales se desarrolló un plan ordenado para el levantamiento de cada uno de los ejes de la red de calles estudiadas, A través de la utilización del instrumento estación total, se realizó el escrutinio de la superficie del terreno y procedió a la toma de datos dicha actividad con duración de 3 días, por consiguiente con los datos obtenidos en el levantamiento topográfico se realizaron tres planos fundamentales: un plano del eje de la carretera (alineamiento horizontal), un plano de perfil longitudinal y un plano de secciones transversales, describiendo particularmente las características del terreno comprobando mediante las curvas de nivel y las pendientes de las diferentes calles en estudio que el terreno es ondulado.

3.1. Levantamiento topográfico

Se dividió la red de calles estudiadas, en 4 calles a los cuales se les asignó un número, luego se procedió a realizar el levantamiento de los puntos, comenzando por la calle 1 la cual se extiende desde la cuesta del instituto 21 de junio hasta la esquina oeste de la pulpería de Doña Isidora Báez, la calle 2 se extiende desde la cafetería Jeryn hasta la casa del ingeniero Mendoza, la calle 3 se extiende desde la casa de doña Maribel Gonzales hasta la casa materna municipal, la calle 4 se extiende desde la casa del ingeniero Marlon Mendoza hasta el centro turístico San José.

Para el desarrollo del levantamiento se tomaron secciones a cada 20 metros considerando línea central, las bandas, y los linderos a cada lado, también, se incluyen los postes de alumbrado público y cable (tv); además, se establecieron 10 BM, (uno de entrada y uno de salida de cada una de las calles) los cuales se reflejan en los planos con sus respectivas sus coordenadas. Los datos obtenidos por el equipo estación total se encuentran en **(Anexos, ver pág. IX - XXVII)**

3.2. Metodología empleada para procesar los datos

Los datos recopilados con ayuda del programa “AUTODESK AUTOCAD CIVIL 3D” en su versión del año 2021, se importaron todos los puntos para luego ser procesados y determinar los alineamientos horizontales y verticales. Cada uno de los planos, se detallan en la sección de anexos (**Ver láminas 1 – 12, Anexos**)

A continuación, se presenta un ejemplo de la metodología usada en cada calle, para la determinación de distancias entre estaciones:

- Cálculo de distancia entre estaciones

La distancia entre dos puntos es igual a la longitud del segmento que los une. Por lo tanto, en matemáticas, para determinar la distancia entre dos puntos diferentes se deben calcular los cuadrados de las diferencias entre sus coordenadas y luego hallar la raíz de la suma de dichos cuadrados.

Es decir, la fórmula que sirve para calcular qué distancia hay entre dos puntos diferentes en el plano cartesiano es la siguiente:

$$d = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$

Ejemplo de cálculo entre la estación 0+000 – 0+020 de la calle 1

Coordenadas Estación 0+000	Coordenadas Estación 0+020
X: 709283.276	X: 709274.889
Y: 1335144.300	Y: 1335162.511

$$d = \sqrt{(709274.889 - 709283.276)^2 + (1335162.511 - 1335144.300)^2}$$

$$d = \sqrt{(-8.387)^2 + (18.211)^2}$$

$$d = \sqrt{70.341 + 331.640}$$

$$d = \sqrt{401.981}$$

$$d = 20.04 \text{ mts}$$

- Cálculo de los rumbos entre estaciones

El rumbo es la dirección considerada en el plano del horizonte y, principalmente, cualquiera de las comprendidas en el meridiano. Precisamente la palabra procede del latín rhombus ('rombo'), que son las formas geométricas que unidas señalan las diferentes direcciones posibles en la rosa de los vientos.

La fórmula que sirve para calcular el rumbo es la siguiente:

$$R = \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1} \right)$$

Ejemplo de cálculo entre la estación 0+000 – 0+020 de la calle 1

Coordenadas Estación 0+000	Coordenadas Estación 0+020
X: 709283.276	X: 709274.889
Y: 1335144.300	Y: 1335162.511

$$R = \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{709283.276 - 709274.889}{1335144.300 - 1335162.511} \right)$$

$$R = \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{8.39}{-18.21} \right)$$

$$R = \operatorname{tg}^{-1}(-0.46)$$

$$\mathbf{R = N24^{\circ}43'41''W}$$

- Descripción de las calles en estudio

Calle 1

El levantamiento se comenzó a partir de la cuesta del instituto 21 de junio tomando ahí nuestra estación 0+000, continuamos el estudio hasta llegar a la pulpería de Isidora Báez donde finalizamos con la estación 0+291.88, teniendo una longitud de 291.88 mts y siendo compuesta por 3 cuadras; dejando 2 BM uno en la entrada y uno a la salida de la calle; el terreno de acuerdo a su topografía se estableció que es un terreno ondulado.



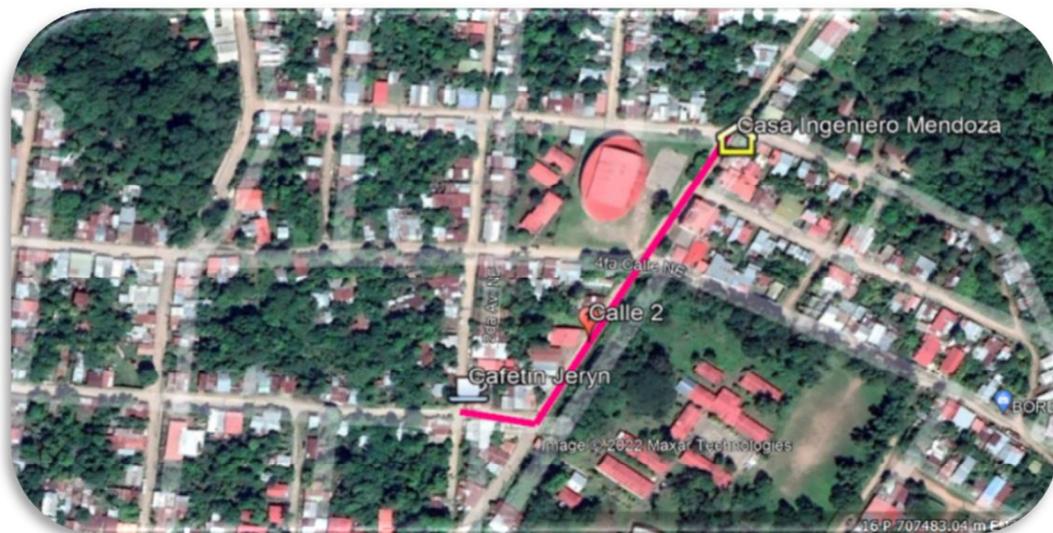
Fuente: Google Earth

Tabla 25. Resumen de datos topográficos

Fuente: Elaboración Propia

- Calle 2

El levantamiento se comenzó a partir del cafetín Jeryn iniciando con nuestra estación 0+000, continuamos el estudio hasta llegar a la casa del ingeniero Mendoza donde finalizamos con la estación 0+292.39, teniendo una longitud de 292.39 mts y siendo compuesta por 4 cuadras; dejando 2 BM uno en la entrada y uno a la salida de la calle; el terreno de acuerdo a su topografía se determinó que es un terreno ondulado.



Fuente: Google Earth

Tabla 26. Resumen de datos topográficos

Fuente: Elaboración Propia

- Calle 3

El levantamiento se comenzó a partir casa de doña Maribel Gonzales iniciando con nuestra estación 0+000, continuamos el estudio hasta llegar a casa materna municipal donde finalizamos con la estación 0+386.46, teniendo una longitud de 386.46 mts y siendo compuesta por 4 cuadras; dejando 2 BM uno en la entrada y uno a la salida de la calle; el terreno de acuerdo a su topografía se determinó que es un terreno ondulado.



Fuente: Google Earth

Tabla 27. Resumen de datos topográficos

Fuente: Elaboración Propia

- Calle 4

El levantamiento se comenzó a partir casa del ingeniero Mendoza iniciando con nuestra estación 0+000, continuamos el estudio hasta llegar al Centro Turístico San José donde finalizamos con la estación 0+526.40, teniendo una longitud de 526.40 mts y siendo compuesta por 8 cuadras; dejando 2 BM uno en la entrada y uno a la salida de la calle; el terreno de acuerdo a su topografía se determinó que es un terreno ondulado.



Fuente: Google Earth

Tabla 28. Resumen de datos topográficos

Calle	Nº de Cuadras	Estación	X	Y	Z	Distancia	Rumbo				
							GRA.	MIN.	SEG.		
Barrio San José Calle 4 (526.40ml)	8	0+000	709293.607	1335454.865	397.95						
		0+020	709275.049	1335447.395	397.90	20.01	S	68	4	26	W
		0+040	709257.018	1335438.751	398.43	20.00	S	64	23	13	W
		0+060	709238.74	1335430.634	398.41	20.00	S	66	3	16	W
		0+080	709220.535	1335422.306	398.04	20.02	S	65	25	4	W
		0+0100	709202.361	1335413.878	397.43	20.03	S	65	7	15	W
		0+0120	709184.083	1335405.641	396.87	20.05	S	65	44	28	W
		0+0140	709165.805	1335397.405	396.31	20.05	S	65	44	37	W
		0+0160	709147.851	1335388.229	396.03	20.16	S	62	55	44	W
		0+0180	709130.053	1335379.128	395.39	19.99	S	62	55	1	W
		0+0200	709112.196	1335370.120	395.44	20.00	S	63	13	52	W
		0+0220	709094.244	1335361.354	396.25	19.98	S	63	58	25	W
		0+0240	709076.458	1335352.191	396.29	20.01	S	62	44	36	W
		0+0260	709058.459	1335343.558	395.39	19.96	S	64	22	33	W
		0+0280	709040.822	1335334.221	394.35	19.96	S	62	6	12	W
		0+0300	709026.655	1335349.141	393.86	20.57	N	43	31	1	W
		0+0320	709014.719	1335365.166	392.92	19.98	N	36	40	48	W
		0+0340	709002.519	1335381.000	392.31	19.99	N	37	36	50	W
		0+0360	708990.487	1335396.967	391.78	19.99	N	37	0	0	W
		0+0380	708978.087	1335412.642	391.24	19.99	N	38	20	47	W
		0+0400	708964.950	1335427.713	390.71	19.99	N	41	4	40	W
		0+0420	708951.938	1335442.894	390.24	19.99	N	40	36	2	W
		0+0440	708931.933	1335435.493	389.60	21.33	S	69	41	51	W
		0+0460	708917.817	1335421.361	388.61	19.97	S	44	58	3	W
		0+0480	708903.066	1335412.234	387.63	17.35	S	58	15	12	W
		0+0500	708887.335	1335424.539	386.56	19.97	N	51	58	1	W
0+0520	708871.643	1335436.909	385.69	19.98	N	51	45	4	W		
0+0526.40	708866.648	1335440.912	385.69	6.40	N	51	17	28	W		

Fuente: Elaboración Propia

IV. ESTUDIO DE SUELO

Los estudios de suelos se realizan con el propósito de conocer las diferentes características físicas y mecánicas de estos.

Los métodos más utilizados en Nicaragua para determinar la clasificación de los suelos son: **H.R.B. ASTM D-3282 (AASHTO M-145)**, y **S.U.C.S. ASTM D2487**. Los resultados obtenidos al practicar los diferentes ensayos son usados para consideraciones de diseño de carreteras (Pavimento). (Ver tabla 20. Pag.31)

- Suelo

Es la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que tiende a desarrollarse en la superficie de las rocas emergidas por la influencia de la intemperie y de los seres vivos (Meteorización).

- Meteorización

Consiste en la alteración que experimentan las rocas en contacto con el agua, el aire y los seres vivos.

- Las propiedades físico-mecánicas

Son características que se utilizan para la selección de los materiales, las especificaciones de construcción y el control de calidad. Estas propiedades de los suelos que constituyen la sub-rasante, son las variables más importantes que se deben considerar al momento de diseñar una estructura de pavimento.

- Granulometría

Es importante que el suelo este bien graduado para que, al compactarlo, las partículas más finas ocupen los huecos que dejan los áridos de mayor tamaño, reduciendo de esta forma el número de huecos y alcanzando una mayor estabilidad y capacidad portante.

Para conocer las propiedades de los suelos, es necesario tomar muestras; posteriormente en el laboratorio se determinarán sus propiedades: Granulometría,

Límite de Atterberg (líquido e índice plástico), Valor Soporte (CBR), Densidad (Proctor), Humedad.

La clasificación que mejor se adapta para reflejar las propiedades de un suelo como subrasante es la de la AASHTO-93. (Diseño de pavimento AASHTO-93)

Un suelo conforme a su granulometría se clasifica así:

- Grava: de un tamaño menor a 76.2 mm (3") hasta tamiz No. 10 (2mm).
- Arena gruesa: de un tamaño menor a 2 mm hasta tamiz No. 40 (0.425 mm).
- Arena fina: de un tamaño menor a 0.425 mm hasta tamiz N0. 200 (0.075 mm).
- Limos y arcillas: tamaños menores de 0.075 mm.

Las propiedades de plasticidad se analizan conforme las pruebas de límites de Atterberg, las cuales son:

- • Límite líquido o LL: Es el estado de un suelo, cuando pasa de un estado plástico a un estado semilíquido.
- Límite plástico o LP: Es la frontera entre el estado plástico y el semisólido de un suelo.
- Índice plástico o IP: es la diferencia entre LL y LP, que nos indica la plasticidad del material.

4.1. Trabajo de campo

En este capítulo se plasman los resultados de las investigaciones llevadas a cabo en el estudio de suelo en el proyecto de “**Adoquinado en las calles del barrio San José, en la ciudad de Santo Tomás, Chontales, Nicaragua**”. Dicho estudio se realizó con el propósito de obtener las características principales del sub-suelo, para realizar el diseño de la estructura de pavimento requerida.

Con el propósito de conocer las condiciones y características del sub-suelo, a lo largo del tramo en estudio, se procedió a la ejecución de 5 sondeos manuales orientados por el laboratorio que realizó dicho estudio en vista al lado económico con una profundidad de 1.50 metros distribuidos a lo largo del tramo. Las muestras

obtenidas en el campo, se examinaron y clasificaron en sitio por el personal de campo, tomándose muestras alteradas, correspondiente a cada estrato, las cuales se trasladaron al laboratorio para realizarle los ensayos básicos necesarios.

Tabla 19. Sondeos efectuados

Localización	Sondeo N°	Estación	Profundidad de sondeo (m)	N° de ensayo	Profundidad de la extracción de las muestra (m)	Observación
Barrio San José	Sondeo - 1	0+080	1.5	1	0.00 - 0.25	Intercepción entre calle 1 y calle 2
					0.25 - 1.50	
	Sondeo - 2	0+020	1.5	2	0.00 - 0.15	Intercepción entre calle 1 y calle 3
					0.15 - 1.50	
	Sondeo - 3	0+120	1.5	3	0.00 - 0.20	Intercepción entre calle 2 y calle 3
					0.20 - 1.50	
	Sondeo - 4	0+000	1.5	4	0.00 - 0.15	Intercepción entre calle 4 y calle 3
					0.15 - 1.50	
	Sondeo - 5	0+140	1.5	5	0.00 - 0.50	Intercepción entre calle 4 y calle 1
					0.50 - 1.50	

Fuente: Elaboración propia

4.2. Estudio de laboratorio

Las muestras obtenidas en el campo se reagruparon en el laboratorio para realizarle los ensayos básicos necesarios, para tal efecto se utilizaron los procedimientos establecidos por las Normas de la A.S.T.M. (Asociación Internacional para la Prueba de Materiales), las que se mencionan a continuación:

Tabla 20. Ensayos de laboratorios

Tipo de Ensayo	Designación A.A.S.H.T.O
Análisis granulométrico de los suelos	T - 88
Límite líquido de los suelos	T - 89
Índice de plasticidad de los suelos	T - 90
Pesos unitarios (*)	T - 88
Ensayo Proctor estándar (*)	T - 90
Ensayo C.B.R. (*)	T - 193

Fuente: Estudios geotécnicos de pavimento de adoquín para el proyecto del barrio San José, Santo Tomás

(*) Ensayos realizados solo a la fuente de materiales.

La muestra para el Ensayo CBR se saturó por un tiempo de cuatro días, antes de ejecutar el Ensayo. Los suelos en estudio se clasificaron por el sistema de clasificación de suelos de la **AASHTO** (Asociación Americana de Carreteras) en su designación **M 145 87**.

- Resultados obtenidos

4.2.1. Sondeos manuales

En base a los reportes técnicos de campo y los resultados de laboratorio, se puede afirmar que en todo el tramo en estudio predominan los tipos de suelo siguientes:

Estación 0 + 080

- En el estrato superior desde la superficie hasta la profundidad de 0.25 metros se observa un material granular correspondiente a una grava limosa que se clasifica del tipo **GM (A-2-4)**, con índice de grupo cero, cuya fracción fina es de media plasticidad.

En el estrato inferior, a partir de la profundidad de 0.25 metros, hasta la profundidad investigada de 1.50 metros, se observa un material rocoso, correspondiente a fragmentos pétreos, que se clasifica del tipo **GS (A-1-a)**, con índice de grupo 0.

Estación 0 + 020

- En el estrato superior, desde la superficie, hasta la profundidad de 0.15 metros, se observa un material granular, correspondiente a una grava arcillosa, que se clasifica del tipo **GC (A-2-4)**, con índice de grupo cero, cuya fracción fina es de media plasticidad.

En el estrato inferior, a partir de la profundidad de 0.15 metros, hasta la profundidad investigada de 1.50 metro, se observa un material rocoso, correspondiente a fragmentos pétreos, grava y arena que se clasifica del tipo **GS (A-1-b)**, con índice de grupo 0.

Estación 0 + 120

- En el estrato superior, desde la superficie, hasta la profundidad de 0.20 metros, se observa un material granular, correspondiente a una grava limosa, que se clasifica del tipo **GM (A-2-4)**, con índice de grupo cero, cuya fracción fina es de media plasticidad.

En el estrato inferior, a partir de la profundidad de 0.15 metros, hasta la profundidad investigada de 1.50 metro, se observa un material rocoso, correspondiente a fragmentos pétreos, grava y arena que se clasifica del tipo **GS (A-1-a)**, con índice de grupo 0.

Estación 0 + 000

- En el estrato superior, desde la superficie, hasta la profundidad de 0.15 metros, se observan materiales granulares los que están conformados por arenas limosas de color café, se clasifica del tipo **SM (A-2-4)**, con índice de grupo de cero. La fracción fina que contiene este material es de baja compresibilidad y de nula plasticidad.

A partir de la profundidad de 0.15 metros se observa un material rocoso, correspondiente a fragmentos pétreos, grava y arena que se clasifica del tipo **GS (A-1-b)**, con índice de grupo 0.

Estación 0 + 140

- En el estrato superior desde la superficie hasta la profundidad de 0.50 metros se observa un material granular correspondiente a una grava limosa que se clasifica del tipo **GM (A-2-4)**, con índice de grupo cero, cuya fracción fina es de media plasticidad.

En el estrato inferior, a partir de la profundidad de 0.50 metros, hasta la profundidad investigada de 1.50 metros, se observa un material rocoso, correspondiente a fragmentos pétreos, que se clasifica del tipo **GS (A-1-a)**, con índice de grupo 0.

Tabla 21. Resultados de ensayos de suelo

Sondeo N°	Muestra N°	Profundidad (metros)	% Que pasa por el tamiz							L.L. (%)	I.P. (%)	Clasificación	
			1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°40	N°200			SUCS	AASHTO
S - 1; Estación 0 + 080													
S - 1	1	0.00 - 0.25	100	70	62	57	53	39	32	40	15	GM	A-2-4 (0)
	2	0.25 - 1.50					25	8	2	28	5.1	GS	A-1-a (0)
S - 2; Estación 0 + 020													
S - 2	1	0.00 - 0.15	100	82	76	70	55	36	21	25	8.3	GM	A-2-4 (0)
	2	0.15 - 1.50					55	30	15	34	5.3	GS	A-1-b (0)
S - 3; Estación 0 + 120													
S - 3	1	0.00 - 0.20	100	86	77	70	56	34	28	32	8	GM	A-2-4 (0)
	2	0.20 - 1.50					32	15	10	31	4	GS	A-1-a (0)
S - 4; Estación 0 + 000													
S - 4	1	0.00 - 0.15	100	85	75	73	58	36	30	30	8.9	GM	A-2-4 (0)
	2	0.15 - 1.50					66	30	20	53	11	GS	A-1-b (0)
S - 5; Estación 0 + 140													
S - 5	1	0.00 - 0.50	100	96	92	85	80	60	13	28	13	GM	A-2-4 (0)
	2	0.50 - 1.50					57	17	26	29.3	4.9	GS	A-1-a (0)
OBSERVACIONES:													
L.L.: Límite Líquido I.P.: Índice Plástico													

Fuente: Alcaldía Municipal Santo Tomas, Chontales

4.2.2. Estratigrafía del suelo

La secuencia estratigráfica del sitio en estudio se describe, considerándose desde la superficie hasta la profundidad investigada, la que se presenta a continuación en la tabla N° 15.

Tabla 22. Columnas estratigráficas del suelo

Estación/Sondeo	0+080	0+020	0+120	0+000	0+140
	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5
	CALLE 1	CALLE 2	CALLE 3	CALLE 4	
0.10					
0.20					
0.30					
0.40					
0.50					
0.60					
0.70					
0.80					
0.90					
1.00	A-1-a (0)	A-1-b (0)	A-1-a (0)	A-1-b (0)	
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					A-1-a (0)

Fuente: Elaboración propia

4.3. Resumen de valores de CBR

Se procedió a encontrar los valores de los CBR de los diferentes tipos de suelos localizados en la línea que servirán como subrasante. Se eligieron los valores promedios de acuerdo a la tabla de relación aproximada entre los valores del CBR y la clasificación del suelo.

Tabla 23. Valores de CBR

Estación	Sondeo	Clasificación		CBR	L.L	I.P
		AASHTO	SUCS	95%	(%)	(%)
Calle 1	S-1	A-2-4	GM	58	40	15
0+080		A-1-a	GS	25	28	5.1
Calle 2	S-2	A-2-4	GM	75	25	8.3
0+020		A-1-b	GS	30	34	5.3
Calle 3	S-3	A-2-4	GM	83	32	8
0+120		A-1-a	GS	33	31	4
Calle 4	S-4	A-2-4	GM	93	30	8.9
0+000		A-1-b	GS	38	53	11
Calle 4	S-5	A-2-4	GM	96	28	13
0+0140		A-1-a	GS	45	29	4.9

Fuente: Alcaldía Municipal Santo Tomas, Chontales

4.4. Investigación de fuente de materiales

Con el propósito de suministrar a la obra un material adecuado de cimentación, se tomó una muestra de la fuente de materiales “San Martin”, para su evaluación y análisis.

- Banco de materiales “San Martin”

Esta fuente de materiales está localizada a 1.7 km carretera Managua – Rama (NIC-07). Sus características se describen a continuación.

Esta fuente, se encuentra conformada por materiales granulares, correspondientes a gravas de buena graduación. En el sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS, este material se clasifica del tipo GW. En base al sistema de clasificación de suelos de la AASHTO, se clasifica del tipo A-24, su índice de grupo es cero.

La fracción fina que contiene este material, es de baja compresibilidad y de media plasticidad, su CBR es de 84.2 %, su densidad seca máxima es de 1,976 Kg/m³ y su humedad óptima es de 11.5%.

En base al sistema de clasificación de suelos de la AASHTO, este material se caracteriza de bueno para ser utilizado como material de base y sub-base en estructuras de pavimento, ya que se basa en que el CBR del banco de material a utilizar el, el criterio mínimo que este debe cumplir es de 80% según la AASHTO-193.

Tabla 24. Resultados de ensayos de laboratorio del banco de material

PVSS	PVSC	Densidad Máxima	Humedad óptima	C.B.R	% Que pasa por el tamiz										L.L.	L.P	I.P.	Desgaste de los angeles	Clasificación	
					2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº40	Nº200	(%)					(%)	(%)
Fuente de Materiales: "San Martin"																				
1,761	1,473	1,976	11.5	84.2	100.0	98	85	70	57	48	40	15	6	20	16	4	27.8	GW	A-2-4 (0)	
OBSERVACIONES:																				
PVSS = Peso Volumétrico Seco Suelto, PVSC = Peso Volumétrico Seco Compacto, L.L. = Limite Líquido, L.P. = Limite Plástico I.P. = Indice de Plasticidad																				

Fuente: Alcaldía Municipal Santo Tomas, Chontales

Según la granulometría del banco de materiales San Martin el material es granular con pocos granos finos lo que hace que el material sea grueso. La cantidad de material fino es suficiente para amarrar el material, cumpliendo con el L.L que es de 20 % y el I.P que es de 4% y con el CBR que es de 84.2%.

4.5. Especificaciones técnicas de las diferentes capas que constituyen la estructura de pavimento

4.5.1. Superficie de rodamiento

La superficie de rodamiento consistirá de una estructura semi-flexible compuesta de unidades de adoquín. La arena que servirá de colchón a los adoquines deberá ser lavada, dura, uniforme y no deberá contener más del 3% de limo y/o arcilla en peso; su granulometría será tal que pase totalmente por el tamiz No. 4 y no más del 15% sea retenido por el tamiz No. 10.

Los bloques o adoquines son elementos construidos con material pétreo y cemento, pudiendo tener varias formas, todas ellas regulares, y que son colocados sobre una cama de arena de 3 a 5 centímetros de espesor, la que tiene como función

primordial absorber las irregularidades que pudiera tener la base, proporcionando a los adoquines un acomodamiento adecuado y ofreciendo una sustentación y apoyo uniforme en toda su superficie. Además, sirve para drenar el agua que se filtra por las juntas, evitando que se dañe la base.

El adoquín a utilizarse será denominado tipo tráfico cuya resistencia característica a los 28 días no deberá ser menor de 350 kg/cm² (5000 PSI).

4.5.2. Base

La base estará constituida por agregados seleccionados, compuestos preferiblemente de grava o de agregados triturados. La base se deberá colocar en una capa y compactarse a un mínimo de 95% Proctor Modificado (ASTM D 1557). (Normas NIC 2000- Pavimentos de adoquines de Concreto)

El material usado como base deberá satisfacer los siguientes requisitos:

Tabla 25. Especificaciones de materiales para base granular

Nº	Propiedad	Especificación	Metodología
1	Límite Líquido	25% máx	AASHTO-89
2	Índice Plástico	6% máx	AASHTO-90
3	CBR	80% min	ASHTO-193
4	Desgaste de los Ángeles	50% máx	AASHTO-96
5	Intemperismo Acelerado	12% máx	ASHTO-104
6	Compactación	95% min del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba proctor modificado (AASHTO-180)	AASHTO-191 Y/O T-238 (In Situ)

Fuente: Especificaciones NIC-2000 Sección 1003. 09 (a y b, pág.520), 1003. 23. II (b, pág.531)

4.5.3. Sub – rasante

Es la capa de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no sea afectada por las cargas de diseño que corresponde al tránsito previsto.

Tabla 26. Especificaciones para los materiales de terraplenes y capa de Sub-rasante

Nº	Propiedad	Terraplenes	Capa Sub-rasante	Meodología
1	% de malla Nº 200	40% máx	30% máx	AASHTO T-11
2	Límite Líquido	40% máx	30% máx	AASHTO-89
3	Índice Plástico	15% máx	10% máx	AASHTO T-90
4	CBR	10% min	20% máx	AASHTO T-193
5	Compactación	95% min del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba proctor modificado (AASHTO-99)	95% min del peso volumétrico seco máx. Obtenido por medio de la prueba proctor modificado (AASHTO-T-180)	AASHTO-T-191 Y/O T-238 (In Situ)

Fuente: Especificaciones NIC-2000 Sección 203. 11 (b), 1003. 21, 1003. 24 (g)

4.5.4. CBR de diseño

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

Tomando en cuenta que el ESAL's es **de 886,091.64** ejes equivalentes de 18,000 lbs por tanto para nuestro diseño utilizaremos un percentil de **75%**, tal y como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 27. Criterio del Instituto de Asfalto para Determinar CBR de Diseño

NUMERO DE EJES DE 8.2 Ton EN EL CARRIL DE DISEÑO (N)	PERCENTIL SELECCIONADO PARA DISEÑO
MENOR de 10,000 ESAL's	60
Entre 10,000 y 1,000,000 ESAL's	75
MAYOR de 1,000,000 ESAL's	87.5

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

En la siguiente **Tabla 28** se muestra la acumulación de los valores de CBR de diseño y el tipo de suelo al que corresponde el material existente en la sub rasante:

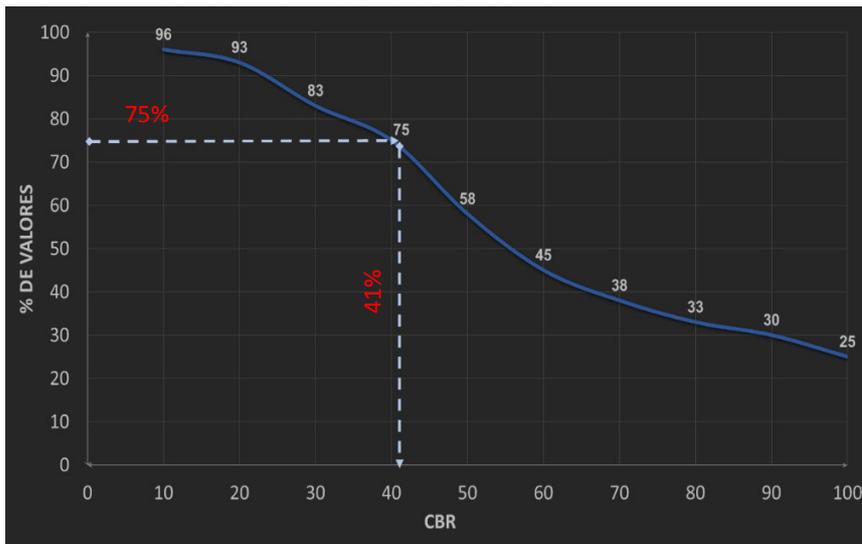
Tabla 28. Selección de CBR de Diseño para la Sub-Rasante

Fuente: Elaboración propia

Con los valores del CBR y las cantidades de los valores iguales o mayores se dibuja un gráfico donde se determina el CBR de diseño para sub-rasante.

De acuerdo al tránsito que se espera que circule en la vía, determinado en el estudio de tránsito de este proyecto, y sabiendo que éste será de 886,091.64; se eligió el valor percentil para el diseño de sub-rasante según lo muestra la **Tabla N° 27** que es de 75% el valor del percentil, el cual se interceptó con la curva de los valores de CBR como se aprecia en el gráfico 1, para encontrar el CBR de diseño de la sub-rasante que a continuación se presenta:

Gráfico 1. Cálculo del CBR de Diseño



Fuente: Elaboración Propia

El resultado del CBR de diseño para la subrasante fue de 41 %. Se asume que este porcentaje se establece como una muestra representativa de los valores de CBR encontrados en los sondeos de línea.

Tabla 29. Comparación de datos del banco con la NIC 2000 para Base

Especificación NIC 2000			Banco de material		
Nombre	Limites Establecidos	Norma de Prueba	Propiedad	Datos calculados	Cumple / No cumple
C.B.R	80 % Min.	AASHTO T-193	C.B.R	84.2	Cumple

Fuente: Elaboración propia

Al comparar los datos calculados del banco de material llamado San Martin el cual está ubicado a menos de 1.7km de las calles en estudio del barrio San José en dicho banco es donde la alcaldía de Santo Tomas realiza la explotación para el recarpeteo, estructura de sus calles y caminos ya que este presta las condiciones mecánicas necesarias como se muestra en los resultados de los ensayos mostrados anteriormente.

Según el manual de normas y reglamentos de Nicaragua los valores de CBR mínimos para que el material sea utilizado para base granular es de 80% y del banco de material San Martin se obtiene un valor de CBR de **84.2%** esto quiere decir que este presta las condiciones para ser usado en el diseño de la estructura de pavimento.

V. DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO

Luego de haber analizado el comportamiento y las características del tránsito presente en la red de calles estudiada, y de realizar las respectivas proyecciones. Además, de haber realizado un análisis de los materiales presentes en el sub suelo, se procedió al diseño de los espesores de las capas que componen la estructura de pavimento. El método comúnmente usado en nuestro país, para el diseño de pavimentos articulado es el propuesto por la AASHTO 93, este método es aplicable para el tipo de estructura a considerar en este estudio. Para la utilización de este método se emplearán parámetros calculados o propuestos en capítulos anteriores,

5.1. Diseño de espesores por el método AASHTO 93

El diseño de los espesores de la carpeta de rodamiento de las calles en estudio, se lleva a cabo con el método de la norma antes mencionada, el cual está basado en la siguiente ecuación, la cual depende de varios parámetros.

$$\log_{10} (W_{18}) = Z_{R0} S + 9.36 \log_{10} (SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10} (\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5})}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10} (MR) - 8.07$$

5.1.1. Carga de Ejes Simples Equivalentes (ESAL'S)

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

Al realizar el estudio de tránsito, se clasifican todos los vehículos livianos y pesados según su peso por eje, encontrando así los volúmenes de tránsito, luego dichos volúmenes se proyectan a un período de diseño en concordancia a una tasa de crecimiento que se determina según las condiciones económicas y sociales de la zona.

El proceso anterior nos permite determinar el tránsito de diseño (TD), posteriormente se afecta este tránsito de diseño por un factor de equivalencia de carga, la sumatoria de todos los procesos anteriores para cada vehículo clasificado se denomina ESAL'S de diseño. En el tramo en estudio, el ESAL'S de diseño es 886,091.64 ejes equivalentes de 18,000 lbs.

5.2. Variables para el diseño

A continuación, se detallan los valores considerados para cada uno de los criterios de diseños que se tomaron en cuenta es este estudio:

5.3. Confiabilidad (R)

La confiabilidad es la probabilidad a que el diseño se comporte de manera satisfactoria durante el periodo de tiempo estimado para el cual se diseñó, es decir, la probabilidad de que las cargas reales a las cuales vaya a ser sometida la estructura no superen a las cargas teóricas con las cuales fue diseñado. Esta variable trata de llegar a cierto grado de certeza en el método de diseño, cuyo valor depende de variaciones al azar tanto en la predicción del tránsito como en la predicción del comportamiento, del nivel de confiabilidad elegido y del error estándar combinado, para asegurar que las diversas alternativas de la sección estructural que se obtengan se desempeñarán satisfactoriamente sobre las cargas de tránsito y condiciones ambientales que durarán como mínimo el período de diseño.

Se permite obtener los niveles adecuados de Confiabilidad para diferentes tipos de vías, clasificados por la AASHTO, según su grado de servicio. Para este diseño se tomó un valor de 80% que corresponde a un valor recomendado para una Carretera Colectora Urbana lo cual se muestra en la **Tabla 30**.

Tabla 30. Niveles de Confiabilidad R en Función del Tipo de Carretera

Tipo de camino	Zona Rural	Zona Urbana
Autopistas interestatales	80 - 99.9	85 - 99.9
Carreteras Principales	75 - 99	80 - 99.9
Colectoras	75 - 95	80 - 95
Locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: Guía para el Diseño de Estructura de Pavimento, AASHTO, 1993

5.4. Desviación estándar

La desviación estándar considera la variabilidad asociada a cada uno de los parámetros involucrados en el diseño, como la predicción del tránsito y el comportamiento del pavimento. Este valor se determina en función de la confiabilidad R, (Ver Tabla 31), la cual asigna un valor de Zr para cada porcentaje de confiabilidad.

Tabla 31. Valores de Zr en función de la Confiabilidad R

Confiabilidad R, %	Desviación normal estándar Zr
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.09
99.9	-3.75

Fuente: Guía para el Diseño de Estructura de pavimento, AASHTO 1993

En el presente diseño se establece un valor de **-0.841**, correspondiente al valor de confiabilidad considerado anteriormente, el cual es del **80%**.

5.4.1. Desviación estándar (So)

Este parámetro está relacionado directamente con la confiabilidad. La desviación estándar aplicada en este modelo se identifica como la variación en la predicción

del comportamiento de los niveles de servicio del tránsito teniendo en cuenta los errores en la predicción del mismo. A continuación, se selecciona un valor de desviación estándar, dependiendo de las condiciones locales. La siguiente tabla muestra los valores de los cuales se considera uno para el presente diseño.

Tabla 32. Valores de desviación estándar

Condición	Pavimento Rígido	Pavimento Flexible
En construcción nueva	0.30 - 0.40	0.40 - 0.50
Sobre capas	0.39	0.49

Fuente: Manual Centroamericano de Normas para el diseño geométrico de Carreteras (SIECA), cap.7, p.5

Para el presente diseño se considera un valor de desviación estándar de **0.40**.

5.4.2. Serviciabilidad (P_0 , P_t)

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

- Servicialidad inicial (P_0)

Este es el valor de servicialidad que tendrá la vía al inicio después de su construcción, según la AASHTO Road Test, se recomienda un valor de 4.2 para pavimento flexible,

- Servicialidad final (P_t)

Este es el valor de servicialidad que tendrá la vía en el momento en que se necesite una rehabilitación o reconstrucción. Para el presente diseño se propone un valor de 2 (para caminos con menor tránsito), según el manual SIECA capítulo 3 Pág. 4.

- Pérdida de servicialidad (ΔPSI)

La pérdida de servicialidad es la diferencia entre los valores finales e iniciales entre ambos.

$$\Delta PSI = P_0 - P_t$$

(Fórmula 6)

$$\Delta PSI = 4.2 - 2$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

5.5. Coeficiente de drenaje

El drenaje de agua en los pavimentos, debe ser considerado como parte importante en el diseño de carreteras. El exceso de agua combinado con el incremento de volúmenes de tránsito y cargas, se anticipan con el tiempo para ocasionar daño a las estructuras de pavimento. Un buen drenaje mantiene la capacidad soporte de la subrasante (mantiene el módulo de resiliencia cuando la humedad es estable) lo que hace un camino de mejor calidad, así como permite en determinado momento el uso de capas de soporte de menor espesor.

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

Fuente: Guía para el Diseño de Estructura de pavimento, AASHTO 1993

En el presente diseño se propone que la calidad del drenaje sea buena, para un porcentaje de tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación mayor al 25 %. Por lo tanto, se considera un coeficiente de drenaje = 1.

5.6. Módulo de Resiliente

La base para la caracterización de los materiales de la sub-rasante en este método es el Módulo Resiliente, el cual es una medida de la propiedad elástica de los suelos. El módulo resiliente se calcula a través del valor de CBR, y este lo reemplaza como parámetro para caracterizar a los materiales que componen la estructura de pavimento. Este se calcula utilizando una ecuación determinada para ciertos rangos de valores de CBR y se determina con un equipo especial que no es de fácil adquisición.

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

Tabla 33. Correlación entre el CBR Y Módulo Resiliente para Sub-rasante

Valor de CBR	Consideración
CBR < 10%	$Mr = 1500 * CBR$ (Ec. 10)
CBR > 10%	$Mr = 4326 * \ln(CBR) + 241$ (Ec. 11)

Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93, pág. 60

En este caso como se obtuvo un CBR de diseño para la sub-rasante de **41%**, utilizaremos el segundo criterio para calcular el Módulo Resiliente de la sub-rasante aplicando la **Ecuación N° 11**, por tanto:

$$Mr = 4326 \times \ln(CBR) + 241 \quad (\text{Fórmula 7})$$

$$Mr = 4326 \times \ln(41\%) + 241$$

$$Mr = 16,305.91 \text{ psi}$$

5.7. Coeficientes estructurales de capas

Estos coeficientes están relacionados con parámetros resistentes, y permite convertir de manera directa espesores de capa a cantidades de número estructural, siendo cada uno de estos coeficientes una medida relativa de la capacidad de cada material para funcionar como parte de una estructura de pavimento.

5.7.1. Coeficientes de Capa (a_n)

El método propuesto por la AASHTO 93 asigna a cada capa del pavimento un coeficiente (a_n), los cuales son requeridos para el diseño estructural normal de los pavimentos. Estos coeficientes permiten convertir los espesores reales a números estructurales SN.

5.7.2. Carpeta de rodamiento de adoquín (a_1)

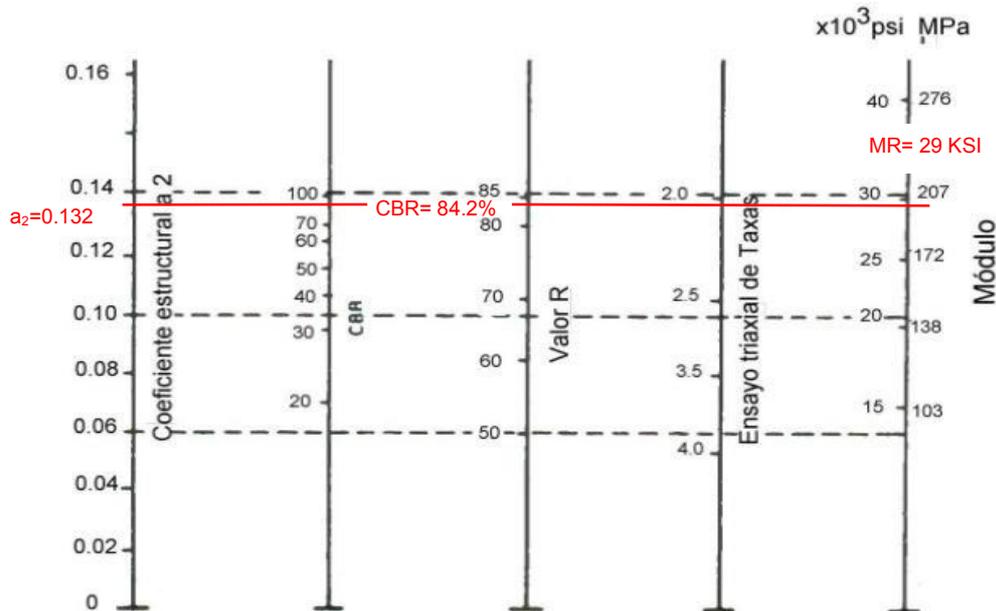
La capa de rodamiento estará conformada por elementos uniformes compactos de concreto, denominados adoquines, que se colocan ensamblados y que, debido a su entrelazado y a la conformación de sus caras laterales, permiten una transferencia de cargas desde el elemento que las recibe hacia varios de sus adyacentes, trabajando sólidamente y sin posibilidad de desmontaje individual. El coeficiente estructural de capa de adoquín fue tomado del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos en su capítulo 7, página 107, el cual considera un coeficiente igual **0.45** para adoquines de concreto.

5.7.3. Bases granulares (a_2)

El coeficiente de capa para las bases granulares se determina basándose en la relación de soporte California del material de banco (San Martín), el cual dio un **C.B.R.** de **84.2%**, cumpliendo con las condiciones mínimas establecidas por el manual de normas y reglamentos de Nicaragua **NIC-2000. (Ver Tabla 25, Pág. 37)**

Así que con el C.B.R. ya establecido, se puede obtener el coeficiente de capa para las bases granulares, esto por medio del monograma para coeficientes de capas de bases granulares, el cual se puede observar en la siguiente gráfica:

Gráfico 2. Nomograma para coeficientes de capas de bases granulares



Fuente: Guía para el Diseño de Estructura de pavimento, AASHTO, 1993, p.118

Como se puede observar en la gráfica anterior el coeficiente de capa a considerar es el siguiente:

$$a_2 = 0.132$$

Además, se logra determinar el módulo resiliente de la base granular, es de 29 X 10³ PSI.

5.8. Cálculo de los espesores de la estructura de pavimento de adoquín

Luego de la determinación de todos los criterios de diseño y cada una de las consideraciones a tomar en cuenta para el presente diseño, se procede al cálculo de los espesores de capa. Para ello se utilizará la siguiente ecuación para el diseño de pavimento flexible, derivada de la información obtenida empíricamente por la AASHTO ROAD TEST:

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 \quad \text{(Fórmula 8)}$$

Dónde:

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

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

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

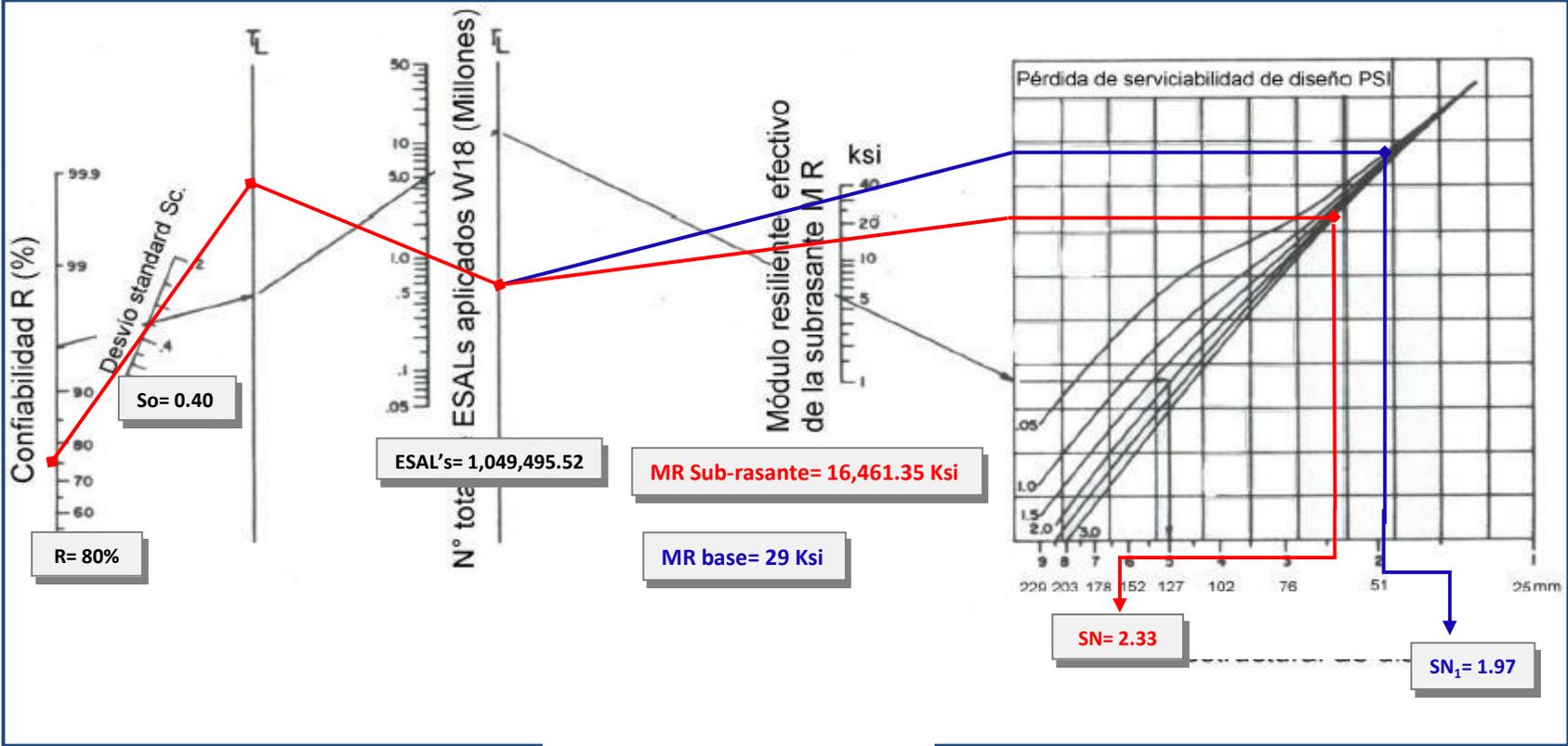
5.9. Número Estructural

Es un número asignado para poder representar la capacidad de soporte de un pavimento. Este número indica la cantidad de espesores o capas que requiere un pavimento para soportar las cargas a las que será sometido durante su vida útil. Para cada capa se consideran coeficientes relativos que dependen del material que las conforman, por lo tanto, podemos decir que el pavimento tendrá mayor capacidad de soporte mientras mayor sea el número estructural y viceversa.

Para determinarlo, se utiliza el ábaco de diseño para pavimentos de adoquín propuesto por la AASHTO en donde se consideran datos anteriormente calculados en el presente documento.

En el siguiente gráfico se observa las proyecciones que se hicieron en el ábaco para el diseño, en donde se obtiene un número estructural, además se hace una estimación para el número estructural de la base granular .

Gráfico 3. Determinación de SN



Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93, pág. 174

La siguiente tabla muestra cada uno de los parámetros calculados relacionados al diseño de pavimento del presente estudio.

Tabla 34. Resumen de datos calculados

Parámetros	Datos
ESAL´S	1,049,495.52
Confiabilidad	80%
Desviación Estándar	0.4
Módulo resiliente de la sub - rasante	16305.91
Servicialidad inicial (Po)	4.2
Servicialidad final (Pt)	2
ΔPSI	2.2
Coeficientes de capa (ai)	a1=0.45
	a2=0.132
Coeficientes de drenaje (mi)	1

Fuente: Elaboración Propia

5.10. Cálculo de espesores

→ **Adoquín**

$D_1 = 4$ pulg (Dato conocido)

$a_1 = 0.45$ (este valor fue tomado del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos en su capítulo 7, página 107)

$$SN_1 = D_1 * a_1$$

$$SN_1 = 4 * 0.45$$

$$SN_1 = 1.80$$

→ **Espesor de Base**

$a_2 = 0.132$

$SN_{requerido} = 2.33$

$$D_2 = \frac{SN_{req} - SN_1^*}{a_2 m_2} = \frac{2.33 - 1.80}{(0.132)(1)} = 4.02''$$

Se considera el espesor mínimo sugerido por la AASHTO para el rango de número de ESAL's entre 500,000 y 2,000,000. (ver tabla 35, pág. 56)

Tabla 35. Espesores mínimos sugeridos por capa

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

Fuente: Guía de Diseño para Estructuras de Pavimento, AASHTO 93, pág. 147

Según la **tabla 35, pág. 52** se considera el espesor mínimo que sería 6 pulg.

- Aporte de base granular

$$D_2 = 6 \text{ pulg}$$

$$a_2 = 0.132$$

$$SN_2^* = a_2 D_2^* = (0.132)(6) \rightarrow SN_2 = 0.792$$

A continuación, se comprueba los aportes de las capas diseñadas:

$$SN_1 + SN_2^* \geq SN_{req}$$

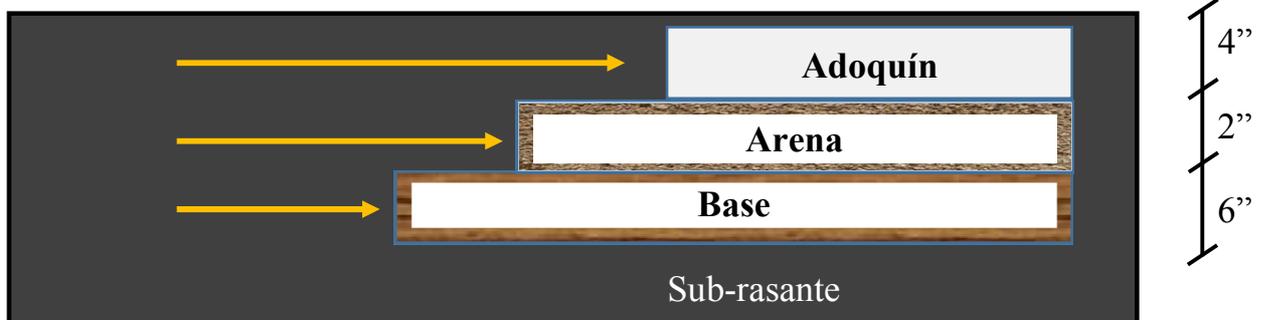
$$0.792 + 1.80 \geq 2.33$$

$$2.592 \geq 2.33 \text{ OK Cumple}$$

Por tanto, no se requiere de la capa de sub-base ya que con la base es suficiente para soportar las cargas.

5.11. Resultados

Luego de los cálculos respectivos, los resultados del diseño fueron los siguientes:



Fuente: Elaboración Propia

VI. ESTUDIO HIDROLOGICO

El objetivo primario de la hidrología es el estudio de las interrelaciones entre el agua y su ambiente. Ya que la hidrología se interesa principalmente en el agua localizada cerca de la superficie del suelo, su movimiento y distribución, además es de importancia establecer el tamaño del área de estudio, con la cual posteriormente se realizarán los análisis de interés. En la actualidad hay diversos métodos para el estudio de una cuenca, pero para aplicar cualquiera de ellos hay factores que se deben de tomar en cuenta antes de realizar dicho análisis, ya que estos suelen a afectar la naturaleza de la escorrentía de lluvia en el área. Algunos de los factores tomados son:

- Cantidad de escorrentía y distribución de la lluvia
- Cobertura vegetal y tipo de suelo
- Pendientes del terreno y canales de corriente
- Antecedentes de condiciones de humedad
- Potencial de almacenaje (áreas inundables, lagunas, humedales, reservorios, canales, etc.)
- Características del sistema de drenaje local

Imagen 3. Restricciones en el uso de los Métodos Hidrológicos

Método	Limitación de tamaño	Comentarios
Racional	0 – 3.0 km ²	El Método puede ser usado para la estimación de flujos picos y el diseño de sitios pequeños o subdivisión de sistemas de alcantarillado pluvial. No usarse para diseñar almacenamientos.
SCS ²	0 – 8.10 km ²	El Método puede ser usado para la estimación de flujos picos e hidrogramas para todas las aplicaciones de diseño.
USGS	0.10 km ² a 64.75 km ²	El Método puede ser usado para estimación de flujos picos para todas las aplicaciones de diseño.
USGS	0.51 km ² a 64.75 km ²	El Método puede ser usado para estimación de hidrogramas para todas las aplicaciones de diseño.

Fuente: Manual para la revisión de estudios Hidrotécnicos de drenaje mayor (MTI 2008, p.17)

6.1. Métodos seleccionados para apoyar en análisis del sitio hidrológico:

Debido a que el área de estudio a analizar cuenta con un área pequeña, se opta por tomar el método Racional. Para cuencas o áreas de un alcance mayor se tiene que hacer una modelación de mayor acercamiento esto requiere un estudio a mayor profundidad.

La fórmula general que define el método racional es expresada de la siguiente forma:

$$Q = \frac{C.I.A}{K} \quad \text{(Fórmula 9)}$$

El método está basado principalmente para cuencas pequeñas que presentan las siguientes características:

1. Se asume que la lluvia esta uniformemente distribuida en el tiempo y en el espacio.
2. Usualmente la duración de la lluvia excede el tiempo de concentración.
3. La escorrentía es primariamente por flujo sobre suelo.
4. Los procesos de almacenamientos en canales son insignificantes.

Para el cálculo del caudal por el método racional el área en estudio tendrá que ser de 3 km² o menos para mayor efectividad de la formula, este método es el más usado para el análisis de escorrentía de cuencas pequeñas y toma en cuenta las siguientes características:

1. Intensidad de la lluvia
2. Duración de la lluvia
3. Frecuencia de la lluvia
4. Área de la cuenca
5. Concentración y difusión de la escorrentía

6.2. Trabajo de campo

Una vez establecida el área que se someterá al estudio hidrológico, se procedió a retomar datos de lo que fue el estudio topográfico. El cual se realizó en un tiempo de 7 días, del cual se obtendrán las características del área como perfiles longitudinales, pendientes, curvas de nivel, la delimitación del área de estudio y así conocer los caudales de diseño para las obras que se propondrían.

6.2.1. Procesamiento de datos y obtención de resultados

Con los datos proporcionados por el programa (AutoCAD Civil 3D) se logró determinar datos necesarios para la aplicación del método racional y así conocer los caudales de diseños de las obras de drenaje menor que estarán involucradas en la propuesta de diseño, estas cunetas y vados, las cunetas estarán ubicadas a lo largo de todas las calles en ambas bandas de estas y los vados estarán ubicados en los puntos más bajos de estas o donde se interceptarán las vías.

6.2.2. Caudal de diseño para cunetas

Se determinó el caudal de diseño por el método racional, la fórmula general para el caudal de diseño es la siguiente:

$$Q = \frac{C.I.A}{K} \quad \text{(Fórmula 10)}$$

Donde:

Q: descarga máxima de diseño (m^3/s)

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

A: área de drenaje de la cuenca en hectáreas o km^2 .

I: la intensidad de precipitación en $mm/hora$, correspondiente al período de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración.

K: un coeficiente que depende de las unidades en que se expresen Q y A, y que incluye un aumento del 20 % en Q para tener en cuenta el efecto de los picos de precipitación. Se utilizará $K=3.6$ cuando el área introducida sea en km^2 para obtener

el valor de Q en m^3/s como es en este caso, el coeficiente corresponde a la transformación de unidades.

6.2.3. Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía (**C**) en esta fórmula del método racional es también dependiente de las características del suelo. El tipo y condición de un suelo determina su capacidad de infiltración en tiempo de precipitación. Ya que el área en estudio será el de la calzada se utilizará un coeficiente de $C = 0.83$ para un tiempo de retorno de 10 años. (Ver Anexo, tabla 74, pág. XXX)

6.2.4. Área de drenaje de la superficie

La superficie de drenaje que proporcionara el caudal para las cunetas será el área de la calzada el cual será el ancho de esta por su distancia y se calculó por tramos según la dirección de las pendientes en las que se encuentren y para la del diseño de los vados se utilizara el caudal acumulado generado por las cunetas, tomando este el de mayor volumen.

6.2.5. Intensidad de precipitación

Cuando se tiene el gráfico de curvas de Intensidad- Duración y Frecuencia (IDF) en el eje de las abscisas se encuentra el tiempo de duración en minutos y en el de las ordenadas la intensidad de lluvia en mm/h . En el caso que no se cuenta con la gráfica de curvas IDF el Instituto Nicaragüense de estudios Territoriales (INETER) proporciona una tabla donde fácilmente se pueden conocer los parámetros para poder calcular la intensidad de lluvia, considerando un tiempo de retorno de 10 años.

Tabla 36. Intensidades de lluvia estación meteorológica Juigalpa, chontales

	$I = A/(t + d)^b$			
Estacion	Tr	A	d	b
Juigalpa	2	4039.82	19	1.042
Codigo:69034	5	3532.192	18	0.959
Tipo: HMP	10	3038.445	16	0.902
12°06'00'' Lat N	15	3069.322	16	0.889
85°22'00''	25	3616.242	18	0.901
Elevacion: 90	50	2975.955	15	0.846
Periodo: 1971 - 2013	100	2449.683	12	0.793

Fuente: Estación meteorológica Juigalpa, Chontales (INETER)

Cuando se conocen los parámetros de A, b, d, la intensidad de lluvia se calculó con la siguiente fórmula:

$$I = \frac{A}{(tc+d)^b} \quad \text{(Fórmula 11)}$$

I (mm\h): la intensidad media diaria de precipitación, correspondiente al período de retorno.

T, d, b: parámetros que varían para las curvas que se generan en cada estación hidrometeorológica.

6.2.6. Tiempo de concentración

Para el caso de cuencas pequeñas el tiempo de concentración en Nicaragua se ha venido aplicando, la fórmula propuesta por el Ing. Eduardo Basso, el método del Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano (PHCA), la que depende de la longitud del cauce principal en km (**L**) y la pendiente de la misma (**s**), Este se calcula con la siguiente fórmula:

$$tc = 0.0041 \left(\frac{3.28 * L}{\sqrt{s}} \right)^{0.77} \quad \text{(Fórmula 12)}$$

Para conocer el caudal de diseño de las cunetas se analizaron por ejes donde también dichos ejes se representan en los planos topográficos según el sentido de

la pendiente a las que estas se encuentren, así mismo la cantidad de agua que pueden suministrar los techos de las casas entre otras.

Después de la interpretación de la fórmula y con todos los datos a introducir los cuales son coeficiente de escorrentía, área de la cuenca, Intensidad de precipitación y el valor constante de K, se elaboraron tablas en el programa de cálculo Microsoft Excel para la obtención precisa de los resultados de las cunetas así mismo de los vados.

Tabla 37. Cálculo de tiempo de concentración

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38. Intensidad media de precipitación

Intensidad media de precipitación						
CALLES	ESTACION	Parámetro constante A	Tiempo de concentración (min)	Parámetro constante (d)	Parámetro constante	Inten
CALLE 1	0+000 - 0+035	3038.445	0.0010	16		
	0+035 - 0+079	3038.445	0.0006			
	0+079 - 0.26	3038.445	0.0010			
CALLE 2	0+000 - 0+037	3038.445	0.000			
	0+000 - 0+191	3038.445	0			
	0+000 - 0+239	3038.445				
CALLE 3	0+239 - 0+259	3038				
	0+259 - 0+351					
	0+000 - 0+0					
CALLE 4	0+053					
	0+					

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39. Caudal de diseño para cunetas

Calculo de caudal de diseño para cunetas							
CALLES	ESTACION	Coefficiente de Escorrentía	Intensidad media de precipitación	Área de Drenaje (km ²)	Parámetro constante (K)	Caudal de diseño (m ³ /seg)	Caudal acumulado
CALLE 1	0+000 - 0+035	0.83	249.178	0.002	3.6	0.0996	
	0+035 - 0+079	0.83	249.185	0.001	3.6	0.0793	
	0+079 - 0.26	0.83	249.179	0.009	3.6	0.5091	
							0.6880
CALLE 2	0+000 - 0+037	0.83	249.180	0.001	3.6	0.0847	
							0.0847
CALLE 2	0+000 - 0+191	0.83	249.161	0.011	3.6	0.6302	
							0.6302
CALLE 2	0+000 - 0+239	0.83	249.147	0.014	3.6	0.8165	
CALLE 3	0+239 - 0+259	0.83	249.188	0.002	3.6	0.1373	
	0+259 - 0+351	0.83	249.177	0.002	3.6	0.1153	
							1.0691
CALLE 3	0+000 - 0+053	0.83	249.179	0.002	3.6	0.1389	
CALLE 4	0+053 - 0+201	0.83	249.167	0.006	3.6	0.3707	
	0+201 - 0+219	0.83	249.189	0.001	3.6	0.0590	
	0+219 - 0+273	0.83	249.184	0.002	3.6	0.0947	
							0.6633
CALLE 4	0+000 - 0+228	0.83	249.164	0.008	3.6	0.4863	
							0.4863

Fuente: Elaboración propia

6.3. Diseño Hidráulico

El sistema de drenaje es un escudo de protección el cual se le debe de proporcionar a las estructuras de la carretera para la protección de agentes de erosión o en caso de inundaciones por las aguas superficiales o las subterráneas que son problemas más típicos que se presentan a diario y el más usual por el que la estructura suele fallar.

Para dar solución a estos problemas en cualquier diseño de obras horizontales se proponen algunos tipos de obras que sirven de artificios para la recolección, transporte y descarga segura de las aguas las cuales estas deben estar proyectadas por el diseñador de modo que sean económicas y que garanticen la vida útil de la vía.

El sistema de drenaje tiene como principal objetivo evacuar o transportar las aguas que se precipitan sobre la superficie de rodamiento de la carretera o de la calle y que estas penetren lateralmente a la estructura y la deterioren de esta forma acortando su vida útil.

Un estudio de diseño Hidráulico para drenaje se realiza de forma longitudinal y transversalmente, los cuales estos varían de muchas formas dependiendo de la dirección del flujo o en el sentido que se dirigen las aguas que necesitan evacuarse. Algunos sistemas de drenajes muy usuales que se utilizan para la protección de la calzada son:

- El bombeo de la calzada

En este caso la sección típica de la vía la convierte en un parte aguas ya que a partir del eje se le proporciona una pendiente lateral y geométricamente para ambos lados, con el objetivo de drenar la superficie de rodamiento, esta puede variar dependiendo del material utilizado en el recubrimiento, ya que en este caso será de adoquin se propone usar el 2.5%.

Bombes típicos utilizados	
Para adoquinados	2% - 2.5%
Para asfalto	1% - 1.5%
Para macadam	3% - 4%

Fuente: Manual para revisión de estudios Hidrotécnicos de drenaje menor (MTI 2008, p.39)

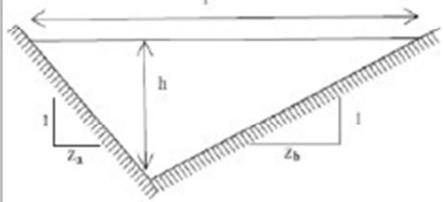
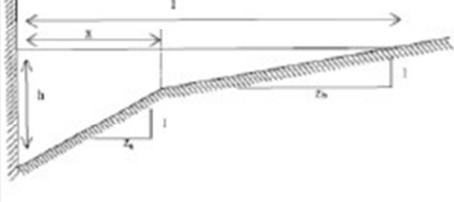
- Cunetas

Son conocidas como canales de drenaje, generalmente de sección triangular y se ubican a lo largo de la calzada para todos los tramos, al pie de los taludes de corte.

6.3.1. Dimensionamiento de cunetas

En el manual para la revisión de drenaje menor del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), se pueden encontrar fórmulas con las cuales dimensionar el canal según sea su forma geométrica, estos, se utilizan principalmente para carreteras interurbanas por su mayor capacidad de evacuar las aguas pluviales.

Imagen 4. Fórmulas para el dimensionamiento de canales para carreteras inter urbanas

	Tipo de Cuneta o Canal	
		
Ancho Superficial (l)	$(z_a + z_b) \cdot h$	$x + z_b \cdot \left(h - \frac{x}{z_a} \right)$
Area (a)	$\frac{(z_a + z_b) \cdot h^2}{2}$	$x \cdot h + \frac{z_b \cdot h^2}{2} + \frac{x^2}{2 \cdot z_a} \cdot \left(\frac{z_b}{z_a} - \frac{2 \cdot z_b \cdot h}{x} - 1 \right)$
Perímetro Mojado (P)	$\left(\sqrt{1 + z_a^2} + \sqrt{1 + z_b^2} \right) \cdot h$	$h + \sqrt{x^2 \cdot \left(1 + \frac{1}{z_a^2} \right)} + \sqrt{z_b^2 + 1} \cdot \left(h - \frac{x}{z_a} \right)$
Radio Hidráulico (R)	$\frac{(z_a + z_b) \cdot h}{2 \cdot \left(\sqrt{1 + z_a^2} + \sqrt{1 + z_b^2} \right)}$	$\frac{x \cdot h + \frac{z_b \cdot h^2}{2} + \frac{x^2}{2 \cdot z_a} \cdot \left(\frac{z_b}{z_a} - \frac{2 \cdot z_b \cdot h}{x} - 1 \right)}{h + \sqrt{x^2 \cdot \left(1 + \frac{1}{z_a^2} \right)} + \sqrt{z_b^2 + 1} \cdot \left(h - \frac{x}{z_a} \right)}$

Fuente: Manual para la revisión de estudios Hidrotécnicos de drenaje menor (MTI 2008, p.40)

De la misma forma el MTI, brinda valores para diferentes zonas del país donde se establecen el ancho y la profundidad, las cuales son las dimensiones mínimas para estos canales, (ver tabla 40).

Tabla 40. Dimensiones de cunetas

CUADRO DE DIMENSIONES MINIMAS DE CUNETAS		
Región	Profundidad (m)	Ancho (m)
Seca	0.20	0.50
Lluviosa	0.30	0.75
Muy lluviosa	0.50	1.00

Fuente: Manual para la revisión de estudios Hidrotécnicos de drenaje menor (MTI 2008, p.41)

- **Área de Diseño**

Para el caso del dimensionamiento de las cunetas se propuso dos secciones típicas triangular de una región seca y lluviosa, con los siguientes parámetros:

$$H = 0.3m \quad Z_a = 0.5 \quad Z_b = 1.5$$

Donde:

H = será la profundidad verticalmente desde el nivel del borde de la subrasante al fondo o vértice de la cuneta.

Z_a = al talud externo de la cuneta.

Z_b = al talud interno de la cuneta.

Para asegurarse que la sección propuesta cumpla con la demanda de los caudales de aporte calculados anteriormente, se prosiguió a utilizar la ecuación de **Manning** la cual nos permite obtener un caudal de diseño y así saber realmente si la sección propuesta cumple con la demanda.

$$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2}\right)^{\frac{1}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad \text{(Fórmula 13)}$$

Dónde:

Q = caudal de diseño, (m^3/s)

S_o = pendiente longitudinal de la cuneta, (m/m)

A = área mojada, (m^2)

n = coeficiente de rugosidad, de Manning, (*adimensional*)

P = perímetro mojado, (m)

RH = radio hidráulico, (m)

Para la obtención de resultados se hizo el uso del software Microsoft Excel en el cual se realizaron los cálculos del área mojada de la cuneta, su perímetro mojado y su caudal de diseño, utilizando un coeficiente de rugosidad **$N = 0.015$** , ya que este es el valor dado para superficies de hormigón simple.

Ejemplo de cálculo:

$$A = \frac{(Z_a + Z_b) * H^2}{2} = \frac{(0.5 + 1.5) * 0.3^2}{2} = 0.09m^2$$

$$P = (\sqrt{1 + Za^2} + \sqrt{1 + Zb^2}) * H = (\sqrt{1 + 0.5^2} + \sqrt{1 + 1.5^2}) * 0.3 = 0.88 m$$

Luego reemplazando todos los valores en la ecuación de Manning.

$$Q = \frac{1}{0.015} * \left[\frac{(0.09m^2)^{5/3}}{(0.88m)^2} \right] * (0.4582)^{\frac{1}{2}} = 0.304m^3/seg$$

Tabla 41. Diseño hidráulico de cunetas

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos muestran que el Caudal obtenido para la cuneta típica triangular, con las secciones propuestas, cumple con la demanda de caudales de aporte en cada tramo de los ejes correspondientes.

6.3.2. Dimensionamiento de vado con HCANALES

Para el dimensionamiento de los vados los datos obtenidos del estudio hidrológico fueron procesados en el programa de diseño **HCANALES**. Este software, nos permite determinar, las características hidráulicas de los canales.

La versión del programa utilizada es la versión V_3 , Hcanales, su principal ventaja es que, permite simplificar los cálculos y así mismo obtener rápidamente resultados para brindar respuestas rápidas, este ofrece varios tipos de opciones como, por ejemplo:

1. Calcular el tirante crítico.
2. Calcular el tirante normal

3. Calcular caudales

4. Calcular resaltos hidráulicos

5. Entre otras principales funciones para el cálculo de diseño de los vados de tirante normal solamente basta con introducir el dato del caudal, el ancho de la solera, la pendiente del talud, la rugosidad del material que se está utilizando para la construcción y la pendiente longitudinal.

6.3.3. Resultados de análisis de vados en HCANALES

Para el diseño del vado como ya se había mencionado antes, será la suma de los caudales de aporte que transcurren por cada tramo dependiendo de su eje, por lo cual, se opta por realizar el diseño de un solo vado, con una sección propuesta, la cual, pueda cumplir con la demanda, utilizando como referencia el mayor caudal acumulado que es de **1.0691 m³ /s** correspondiente a la calle 3, (ver tabla 39, pag.59)

Imagen 5. Resultado de Diseño de Vado en software Hcanales

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar:	Santo Tomás, Chontales	Proyecto:	Vados
Tramo:	Bo. San José	Revestimiento:	Concreto

Datos:

Caudal (Q):	1.0691	m ³ /s
Ancho de solera (b):		m
Talud (Z):	4	
Rugosidad (n):	0.015	
Pendiente (S):	0.004	m/m

Resultados:

Tirante normal (y):	0.4259	m	Perímetro (p):	3.5120	m
Area hidráulica (A):	0.7256	m ²	Radio hidráulico (R):	0.2066	m
Espejo de agua (T):	3.4072	m	Velocidad (v):	1.4735	m/s
Número de Froude (F):	1.0195		Energía específica (E):	0.5366	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Activa la calculadora 23:25 11/1/2021

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- A través de un aforo vehicular se logró determinar que el TPDA es de 5,108 vehículos por día, para el cual 96.01 % corresponde a vehículos de pasajeros y un 3.99 % a vehículos de carga. Haciendo análisis con el comportamiento histórico de algunas variables que influyen en el crecimiento del tránsito se determinó una tasa anual de crecimiento del **3.9 %**. Tomando en cuenta valores promedio de las tasas de PIB, crecimiento del histórico de la zona y la proyección del año actual. Se calculó una cantidad total de ESAL's para el carril de diseño de **1,049,495.52** ejes equivalentes de 18,000 lbs.

- A través de un levantamiento topográfico y posterior análisis en el software AUTODESK AUTOCAD CIVIL 3D, se logró generar la superficie del terreno natural en una vista de planta para cada eje, en los cuales se presentan curvas en su alineamiento. Además, se lograron determinar sus respectivos perfiles longitudinales, en los cuales se evidencian los cambios de pendiente de cada tramo.

- Se analizó los materiales que componen el sub suelo en la red de calles estudiadas son en su mayoría limos y arcillas, con clasificaciones A-2-4 y A-1-a y A-1-b con un valor de CBR de diseño de 41 % para un porcentaje de compactación de 95 % según proctor estándar, siendo este un material apto para sub rasante. Y el banco de material cuya clasificación de suelo es A-2-4 con CBR de 84.2 % con 95 % de compactación (San Martín) el cual asegura que este material se puede usar como base y sub base respectivamente.

- El diseño de pavimento el cual se llevó a cabo por el método AASHTO 93. A través de este se estableció un valor para el espesor de la base granular de 6 pulg (15 cm) sin necesidad de sub - base. Cabe destacar que el número estructural que aportan estas dos capas en conjunto es de 2.592 el cual es

mayor que el valor que se necesita para proteger la sub – rasante (que es de 2.33).

- En el estudio hidrológico se lograron determinar los caudales de diseños para cada tramo según la dirección de su pendiente, los cuales serían de utilidad para las propuestas de dimensionamiento para las obras hidráulicas correspondientes a la vía. Se prosiguió a proponer el diseño de las obras menores de drenaje las cuales fueron, cunetas y vados, por medio del manual del MTI de estudios hidrológicos de drenaje menor, y la herramienta de Microsoft Excel, se logró el dimensionamiento de cunetas, dando como resultado una cuneta típica triangular con una profundidad de 0.30 mt, y para los vados se utilizó el software Hcanales, obteniendo un tipo de flujo supercrítico con una velocidad de 1.4735 m/s.

Recomendaciones

- Hacer mantenimientos periódicamente para que las calles puedan tener una mayor probabilidad de trabajar de manera óptima durante todo el periodo y reducir costos de rehabilitación y colocar señalizaciones para evitar accidentes de tránsito, estableciendo medidas de control para la circulación vehicular sobre la vía en estudio con el objetivo de evitar que vehículos que exceden el límite de carga, transiten y provoquen daño prematuro.
- Respetar las especificaciones técnicas del presente diseño a la hora de ejecutar el proyecto, en lo que se refiere a los espesores de las capas, y los bancos de materiales sugeridos (en función de los cuales se realizó el diseño) para que la estructura de pavimento responda de manera óptima a los agentes a los cuales será sometido durante su vida útil.
- Los materiales con los cuales se deben construir las obras de drenaje como cunetas y vados deben de tener una calidad que cumplan las especificaciones y normas nacionales (sección 701.2 y 913 de las normas NIC-2000). De tal forma que estas obras no puedan ser deteriorados a corto plazo y no se afecte el óptimo funcionamiento de la red de calles de esta formando garantizando el buen funcionamiento y duración de vida útil de la carpeta y estructura de pavimento.
- Garantizar que los adoquines a utilizarse sean adquiridos en fábricas certificadas, como una forma de que cumplan con la calidad requerida, de esta forma también realizando pruebas de resistencia a los adoquines, para comprobar que cumplen las especificaciones técnicas propuesta por la NIC-2000.

BIBLIOGRAFÍA

- Alemán Vásquez, H., Nerio Aguilar, J. I., & Juárez Reyes, F. A. (13 de Marzo de 2015). *Ues*.
- Blanco Rodríguez, M., & Matuz Lazo, I. (2012). *Guías de laboratorio de mecánicas de suelo*. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Cal, R., R., M., & Cárdenas, J. (2007). *Ingeniería de tránsito Fundamentos y aplicaciones*. México: Alfaomega Grupo Editor; S.A de C.V.
- Corea , & Asociados S.A. (2008). *Manual de revisión de estudios hidrotécnicos de drenaje menor (MTI)*. Managua, Nicaragua: Ministerio de Transporte e Infraestructura.
- Diseño de pavimento AASHTO-93. (s.f.).
- Fonseca, A. M. (2006). *Ingeniería de pavimentos de carreteras*. Colombia: U. Católica de Colombia.
- Lazo González, E. F. (Noviembre de 2015). *UNI*. Obtenido de [//ri.ues.edu.sv/7856/1/Tesis%20Dise%C3%B1o%20Geométrico](http://ri.ues.edu.sv/7856/1/Tesis%20Dise%C3%B1o%20Geométrico)
- (2006). *Manual de Diseño AASHTO 93*. La paz .
- Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras*. Bogota, D.C.: Agora Editores.
- MTI. (2008). *Manual para la revisión de estudios topográficos*. Nicaragua: Corea y Asociados S.A. (CORASCO).
- MTI, M. d. (2018). *Anuario de aforo de tránsito*. Nicaragua.
- Navarro Hudiel, S. J. (2008). *Manual de Topografía - Planimetría*. Managua.
- Normas NIC 2000- Pavimentos de adoquines de Concreto. (s.f.).
- Villalaz, C. (2004). *Mecánica de Suelos y cimentaciones*. Mexico: Editorial Limusa, S.A De C.V.

ANEXOS

Imagen 6. Tipología y descripción vehicular de los conteos de tráfico MTI

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, Cuadracilos, 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 finas 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 pasejeros con una capacidad mayor de 30 personas sentadas.
VEHICULOS DE CARGA	LVIANO DE CARGA		Se consideran todos aquellos vehículos, cuyo peso máximo es de 4 toneladas o menores a ellas.
	CAMIÓN DE CARGA C2 - C3		Son todos aquellos camiones tipos C2 (2 Ejes) y C3 (3 Ejes), con un peso mayor de 5 toneladas. También se incluyen las furgonetas de carga liviana.
	CAMIÓN DE CARGA PESADA Tx-Sx<=4		Camiones de Carga Pesada, son vehículos diseñados para el transporte de mercancía liviana y pesada y son del tipo Tx-Sx<=4.
	Tx-Sx>=5		Este tipo de camiones son considerados combinaciones Tractor Camión y semi Remolque, que sea igual o mayor que 5 ejes.
	Cx-Rx<=4		Camión Combinado, son combinaciones camión remolque que sea menor o igual a 4 ejes y están clasificados como Cx-Rx<=4
	Cx-Rx>=5		Son combinaciones iguales que las anteriores pero iguales o mayores cantidades a 5 ejes.
EQUIPO PESADO	VEHICULOS AGRÍCOLAS		Son vehículos provistos con llantas especiales de hule, de gran tamaño. Muchos de estos vehículos poseen arados u otros tipos de equipos, con los cuales realizar las actividades agrícolas. Existen de diferentes tipos (Tractores - Arados - Cosechadoras)
	VEHICULOS DE CONSTRUCCIÓN		Generalmente estos tipos de vehículos se utilizan en la construcción de obras civiles. Pueden ser de diferentes tipos, Motoniveladoras, retroexcavadoras, Recuperador de Caminos/Mezclador, Pavimentadora de Asfalto, Tractor de Cadenas, Cargador de Ruedas y Compactadoras.
OTROS	REMOLQUES Y/O TRAILERS		Se incluye remolques o trailers pequeños halados por cualquier clase de vehículo automotor, también se incluyen los halados por tracción animal (Semovientes).

Fuente: Anuario de aforos del Tráfico, MTI 2020. Página 28

Tabla 42. Dependencia de estaciones



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

DEPENDENCIA DE ESTACIONES
 2020

ESTACION DE MAYOR COBERTURA	NIC	Nº ESTACION	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO
1802 San Marcos - Masatepe	NIC-21B	2106	ECS	Mulukuku - Siuna
	NIC-21B	2110	ECS	Río Wawa - Emp. Waspam
	NIC-23A	2301	ECD	Santo Tomás - Emp.San Pedro de Lóvago
	NIC-23A	2301B	ECS	Emp.San Pedro de Lóvago - La Libertad
	NIC-23B	711	ECD	Juigalpa - Emp. Betulia
	NIC-23B	715	ECD	Emp. Betulia - La Libertad
	NIC-23B	2309	ECS	Santo Domingo - El Ayote - La Piñuela
	NIC-23B	2310	ECD	Los Chinamos - El Ayote.
	NIC-25	2501	ECD	Emp. Lóvago - Acoyapa
	NIC-25	2507A	ECS	San Carlos - Melchora
	NIC-25B	2513	ECS	La Argentina - Melchora
	NIC-27	2701	ECD	Emp. Zambrano - Tisma
	NIC-27	2702	ECD	Tisma - Masaya (La Inca)

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico. MTI. Año 2020. Página 55

Tabla 43. Factores de ajuste de la estación 1802 del tramo San Marcos – Masatepe

CONTEO 3

Camino:	Estación:	Tramo:	Periodo:	Días:	Horas:	Mes/Año:	Km:											
NIC-18A	1802	San Marcos - Masatepe	S	7		octubre 2020	45,900											
Grupos	Vehículos de Pasajeros							Vehículos de Carga						Equipo Pesado			Total	
	Motos	Autos	Jeep	Cam.	McBus	MnBus	Bus	Liv.	C2	C3	Tx-Sx	Tx-Sx	Cx-Rx	Cx-Rx	V.A.	V.C.		Otros
	2	3	4	5	<15 s.	15-30 s.	30+ s.	2-5 L.	5+ L.	<=4 e.	>=5 e.	<=4 e.	>=5 e.	18	19	21		
TP(D)	6533	1457	336	984	409	99	164	451	173	53		92			0		8	10759
Factor Día	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-
Factor Semana	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-
Fac. Temporada	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-
TPDA Sept - Dic.	6533	1457	336	984	409	99	164	451	173	53		92			0		8	10759
% TPDA	60,72	13,54	3,12	9,14	3,80	0,92	1,53	4,19	1,61	0,49		0,85			0,00		0,07	100,0
% Veh. Livianos	91,25							% Veh. Pesados						8,67			0,07	100,0

Fuente: Anuario de Aforos de Tráfico. MTI. Año 2020. Página 382

Tabla 44. Tráfico promedio diario anual histórico por tipo de vehículo

MINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA



DIVISION GENERAL DE PLANIFICACION
 DIVISION DE ADMINISTRACION VIAL
 OFICINA DE DIAGNOSTICO, EVALUACION DE PAVIMENTOS Y PUENTES

TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL HISTORICO POR TIPO DE VEHICULO
 AÑO 2020

N°	CODIGO NIC	EST.	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO	Año	Motos	Autos	Jeep	Cmta.	Mcbus <15 pas.	MnBus 15-30 s.	Bus	Liv. 2-5 Ton	C2 5 + Ton	C3	Tx-5x <= 4e	Tx-5x >= 5e	Cx-Rx <= 4e	Cx-Rx >= 5e	V.A	V.C	Otros	TPDA					
161	NIC-22	2613	ECD	Emp. las Marias - Ple. Makoran - Villa 15 de Julio	2020	459	151	64	406	28	10	45	90	83	17		542				7		38	1.940				
					2019	409	193	59	349	29	12	35	109	76	22	1	298								5	1.597		
					2017	280	78	54	265	22	15	24	102	73	87		439					6	1	8	1.453			
					EMC:2404																							
					Tasa Crecimiento: 8.23%	2020	459	151	64	406	28	10	45	90	83	17		542						7		38	1940	
						Liv. 1080			Pasaj. 83			Pesado 777																
						56%			4%			40%																
162	NIC-228	2204	ECD	Rotonda La Paz Centra - Rotonda Emp. Puerto Sandino	2020	126	74	32	148	11	4	1	43	34	30		188						2	693				
163	NIC-23A	2301	ECD	Santa Tamás - Emp. San Pedro de Lóvago	2014	375	156	50	270	3	3	18	87	23	2		1						4	992				
					2013	283	117	28	168	3	3	20	125	33	3		1							1	6	791		
					2011	223	83	55	188	1		20	106	35	6		1								1	3	722	
					2009	63	13	19	106			25	9	51	19	10		8					1				325	
					2007	31	19	23	79	2	1	7	34	17	1		3									1	217	
					2003	40	24	32	108	1	13	6	103	28				1									2	357
					2002	57	28	38	112			17	5	69	39	3		2										348
					2001	29	15	33	123			15	6	61	26	1		1									9	319
					1999	34	4	39	94			17	5	48	26	2												267
					EMC:1802																							
					Tasa Crecimiento: 6.74%	2020	555	231	74	399	4	4	27	129	34	3		1									6	1.467
						Liv. 1259			Pasaj. 35			Pesado 173																
						86%			2%			12%																
164	NIC-23A	2301B	ECS	Emp. San Pedro de Lóvago - La Libertad	2015	96	2	3	69		1	2	16	11									1	201				
					2013	65	1	4	24			3	21	6												124		
					2007	28		7	32			2	46	10													125	
					2003	24	8	30	61			2	64	17	1											4	211	
					2002	27	5	12	68			2	49	12	3		1										178	
					EMC:1802																							
Tasa Crecimiento: 6.74%	2020	133	3	4	96			1	3	22	15											1	278					
						Liv. 236			Pasaj. 4			Pesado 39																
						85%			1%			14%																

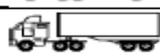
Fuente: Anuario de Afors de Tráfico. MTI. Año 2020. Página 167

Tabla 45. Factores equivalentes de carga para pavimentos flexibles, Pt = 2. Ejes simples

Carga p/eje (Kips)	Numero Estructural SN					
	1	2	3	4	5	6
2	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
4	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002
6	0,009	0,012	0,011	0,01	0,009	0,009
8	0,03	0,035	0,036	0,033	0,031	0,029
10	0,075	0,085	0,09	0,085	0,079	0,076
12	0,165	0,177	0,189	0,183	0,174	0,168
14	0,325	0,338	0,354	0,35	0,338	0,331
16	0,589	0,598	0,613	0,612	0,603	0,596
18	1	1	1	1	1	1
20	1,61	1,59	1,56	1,55	1,57	1,59
22	2,49	2,44	2,35	2,31	2,35	2,41
24	3,71	3,62	3,43	3,33	3,4	3,51
26	5,36	5,21	4,88	4,68	4,77	4,96
28	7,54	7,31	6,78	6,42	6,52	6,83
30	10,4	10	9,2	8,6	8,7	9,2
32	14	13,5	12,4	11,5	11,5	12,1
34	18,5	17,9	16,3	15	14,9	15,6
36	24,2	23,3	21,2	19,3	19	19,9
38	31,1	29,9	27,1	24,6	24	25,1
40	39,6	38	34,3	30,9	30	31,2
42	49,7	47,7	43	38,6	37,2	38,5
44	61,8	59,3	53,4	47,6	45,7	47,1
46	76,1	73	65,6	58,3	55,7	57
48	92,9	89,1	80	70,9	67,3	68,6
50	113	108	97	86	81	82

Fuente: Guía de diseño AASHTO – 93, p.22

Tabla 46. Factores equivalentes para vehículos de carga

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

Fuente: Departamento de peso y dimensiones, dirección de vialidad, MTI

Tabla 47. Conteo Vehicular doce horas del día Martes 13 de septiembre

Dia 1 Martes		Proyecto Monografico														
Aforo Vehicular		Lugar: Convento, San José										Diseño de 1,500 metros de pavimento articulado por método AASHTO 93 y drenaje menor en el barrio San José, Santo Tomás				
Estacion		0+643										Barrio San José				
Fecha		13 de Septiembre de 2020														
Clasificacion		Livianos					Omnibuses					Pesado				
Hora		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		Automoviles	Camionetas	Minibusetas (hasta 15 pasajeros)	MB (2 ejes) Microbuses (hasta 21 pasajeros)	Motos	Bicicleta s	B (2 ejes) Buses medianos (hasta 35)	B3 (3 ejes) Buses grandes (mas de 35 pasajeros)	C2 (2 ejes) Camiones	C2 (2 ejes) Camiones grandes	C3 (3 ejes) Camiones grandes	C4 (ejes) Camiones	C5 (5 ejes a mas) Camiones remolque	Tractores	Otros
06:00	06:15	8	10			26	8	2		2						
06:15	06:30	9	3			22	3			1						
06:30	06:45	6	1			22	5			2						
06:45	07:00	5	3	1		26	3									
07:00	07:15	5	3	1		26	3									
07:15	07:30	12	6			22	3			1						
07:30	07:45	2	5			16	1									
07:45	08:00	9	5			23	1									
08:00	08:15	5	5	1	1	24	5	1		1	1	1	1	1	1	
08:15	08:30	3				13	3									
08:30	08:45	10	6			23	1									
08:45	09:00	8	4			17										
09:00	09:15	7	3			6										
09:15	09:30	8	10			26	8	2		2						
09:30	09:45	9	3			22	3			1						
09:45	10:00	6	1			22	5			2						
10:00	10:15	5	3	1		26	3									
10:15	10:30	8	10			26	8	2		2						
10:30	10:45	9	3			22	3			1						
10:45	11:00	6	1			22	5			2						
11:00	11:15	5	3	1		26	3									
11:15	11:30	5	3	1		26	3									
11:30	11:45	12	6			22	3			1						
11:45	12:00	2	5			16	1									
12:00	12:15	9	5			23	1									
12:15	12:30	5	5	1	1	24	5	1		1	1	1	1	1	1	
12:30	12:45	5	3	1		26	3									
12:45	01:00	12	6			22	3			1						
01:00	01:15	2	5			16	1									
01:15	01:30	9	5			23	1									
01:30	01:45	5	5	1	1	24	5	1		1	1	1	1	1	1	
01:45	02:00	10	6			23	1									
02:00	02:15	8	4			17										
02:15	02:30	7	3			6										
02:30	02:45	3				13	3									
02:45	03:00	10	6			23	1									
03:00	03:15	8	4			17										
03:15	03:30	7	3			6										
03:30	03:45	8	10			26	8	2		2						
03:45	04:00	9	3			22	3			1						
04:00	04:15	6	1			22	5			2						
04:15	04:30	5	3	1		26	3									
04:30	04:45	5	3	1		26	3									
04:45	05:00	12	6			22	3			1						
05:00	05:15	2	5			16	1									
05:15	05:30	9	5			23	1									
05:30	05:45	5	5	1	1	24	5	1		1	1	1	1	1	1	
05:45	06:00	3				13	3									
Total		328	203	12	4	1005	140	12	4	28	4	4	4	4	4	0

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 48. Conteo Vehicular doce horas del día miércoles 14 de septiembre

Día 1		Miercoles		Proyecto Monografico												LUG			
Aforo Vehicular		Lugar: Casa de Edward		Diseño de 1,500 metros de pavimento articulado por método AASHTO 93 y drenaje menor en el barrio San José, Santo Tomás												LUG			
Estacion		0+500		Barrio San José												LUG			
Fecha		13 de Septiembre de 2020		Barrio San José												LUG			
Clasificación		Livianos						Omnibuses				Pesados							
Hora		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
		Automoviles	Camionetas	Minibusetas (hasta 15 pasajeros)	MB (2 ejes) Microbuses (hasta 21	Motos	Bicicleta s	B (2 ejes) Buses medianos (hasta 35 pasajeros)	B3 (3 ejes) Buses grandes (mas de 35 pasajeros)	C2 (2 ejes) Camiones medianos	C2 (2 ejes) Camiones	C3 (3 ejes) Camiones grandes	C4 (ejes) Camiones semiremolque	C5 (5 ejes a mas) Camiones	Tractores	Otros			
06:00	06:15	8	10			26	8	2		2									
06:15	06:30	9	3			22	3			1									
06:30	06:45	6	1			22	5			2									
06:45	07:00	5	3	1		26	3												
07:00	07:15	5	3	1		26	3												
07:15	07:30	12	6			22	3			1									
07:30	07:45	2	5			16	1												
07:45	08:00	9	5			23	1												
08:00	08:15	5	5	1	1	24	5	1	1	1	1	1	1	1	1				
08:15	08:30	3				13	3												
08:30	08:45	10	6			23	1												
08:45	09:00	8	4			17													
09:00	09:15	7	3			6													
09:15	09:30	8	10			26	8	2		2									
09:30	09:45	9	3			22	3			1									
09:45	10:00	6	1			22	5			2									
10:00	10:15	5	3	1		26	3												
10:15	10:30	8	10			26	8	2		2									
10:30	10:45	9	3			22	3			1									
10:45	11:00	6	1			22	5			2									
11:00	11:15	5	3	1		26	3												
11:15	11:30	5	3	1		26	3												
11:30	11:45	12	6			22	3			1									
11:45	12:00	2	5			16	1												
12:00	12:15	9	5			23	1												
12:15	12:30	5	5	1	1	24	5	1	1	1	1	1	1	1	1				
12:30	12:45	9	3			22	3			1									
12:45	01:00	6	1			22	5			2									
01:00	01:15	5	3	1		26	3												
01:15	01:30	5	3	1		26	3												
01:30	01:45	12	6			22	3			1									
01:45	02:00	2	5			16	1												
02:00	02:15	9	5			23	1												
02:15	02:30	5	5	1	1	24	5	1	1	1	1	1	1	1	1				
02:30	02:45	3				13	3												
02:45	03:00	10	6			23	1												
03:00	03:15	8	4			17													
03:15	03:30	7	3			6													
03:30	03:45	8	10			26	8	2		2									
03:45	04:00	9	3			22	3			1									
04:00	04:15	6	1			22	5			2									
04:15	04:30	5	3	1		26	3												
04:30	04:45	5	3	1		26	3												
04:45	05:00	12	6			22	3			1									
05:00	05:15	2	5			16	1												
05:15	05:30	9	5			23	1												
05:30	05:45	5	5	1	1	24	5	1	1	1									
05:45	06:00	3				13	3												
Total		323	197	13	4	1029	150	12	4	31	3	3	3	3	3	0			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 49. Conteo Vehicular doce horas del día jueves 15 de septiembre

Día 1		Jueves		Proyecto Monografico												
Aforo Vehicular		Lugar: Cancha Multiuso, San José		Diseño de 1.500 metros de pavimento articulado por método AASHTO 93 y drenaje menor en el barrio San José, Santo Tomás												
Estacion		0+248 - 0+306		Barrio San José												
Fecha		13 de Septiembre de 2020														
Clasificacion		Livianos					Omnibuses			Pesados						
Hora		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		Automoviles	Camionetas	Minibusetas (hasta 15 pasajeros)	MB (2 ejes) Microbuses (hasta 21 pasajeros)	Motos	Bicicleta s	B (2 ejes) Buses medianos (hasta 35)	B3 (3 ejes) Buses grandes (mas de 35)	C2 (2 ejes) Camiones medianos	C2 (2 ejes) Camiones grandes	C3 (3 ejes) Camiones	C4 (ejes) Camiones semiremolque	C5 (5 ejes a mas) Camiones	Tractores	Otros
06:00	06:15	8	10			26	8	2		2						
06:15	06:30	9	3			22	3			1						
06:30	06:45	6	1			22	5			2						
06:45	07:00	5	3	1		26	3									
07:00	07:15	5	3	1		26	3									
07:15	07:30	12	6			22	3			1						
07:30	07:45	2	5			16	1									
07:45	08:00	9	5			23	1									
08:00	08:15	5	5	1	1	24	5	1	1	1						
08:15	08:30	3				13	3									
08:30	08:45	10	6			23	1									
08:45	09:00	8	4			17										
09:00	09:15	7	3			6										
09:15	09:30	12	6			22	3			1						
09:30	09:45	2	5			16	1									
09:45	10:00	9	5			23	1									
10:00	10:15	5	5	1	1	24	5	1	1	1	1	1	1	1	1	
10:15	10:30	8	10			26	8	2		2						
10:30	10:45	9	3			22	3			1						
10:45	11:00	6	1			22	5			2						
11:00	11:15	5	3	1		26	3									
11:15	11:30	5	3	1		26	3									
11:30	11:45	12	6			22	3			1						
11:45	12:00	2	5			16	1									
12:00	12:15	9	5			23	1									
12:15	12:30	5	5	1	1	24	5	1	1	1	1	1	1	1	1	
12:30	12:45	8	10			26	8	2		2						
12:45	01:00	9	3			22	3			1						
01:00	01:15	6	1			22	5			2						
01:15	01:30	5	3	1		26	3									
01:30	01:45	5	3	1		26	3									
01:45	02:00	12	6			22	3			1						
02:00	02:15	2	5			16	1									
02:15	02:30	9	5			23	1									
02:30	02:45	3				13	3									
02:45	03:00	10	6			23	1									
03:00	03:15	8	4			17										
03:15	03:30	7	3			6										
03:30	03:45	6	1			22										
03:45	04:00	5	3	1		26										
04:00	04:15	5	3	1		26										
04:15	04:30	12	6			22										
04:30	04:45	2	5			16										
04:45	05:00	9	5			23										
05:00	05:15	3				13										
05:15	05:30	10	6			23										
05:30	05:45	8	4			17										
05:45	06:00	7	3			6										
Total		329	201	11	3	994	109	9	3	22	2	2	2	2	2	0

Fuente: Elaboración Propia

Tabla IX. Datos de Levantamiento Topográfico

Levantamiento Topográfico				
Punto No.	Coordenada Norte	Coordenada Este	Elevación	D
1	1335126.877	707950.176	399.	
2	1335123.704	707941.360		
3	1335133.966	70794		
4	1335144.228			
5	1335148.11			
6	133			
7				
9	1335154.249	707929.130	398.587	BI
10	1335155.685	707932.114	398.416	LC
11	1335157.122	707935.097	398.245	BD
12	1335158.938	707925.961	397.679	LI
13	1335163.265	707924.806	398.586	BI
14	1335164.716	707927.818	398.369	LC
15	1335166.167	707930.829	398.151	BD
16	1335172.727	707928.189	398.134	LI
17	1335175.194	707926.547	398.471	BD
18	1335173.741	707923.519	398.527	LC
19	1335172.287	707920.491	398.584	BI
20	1335181.316	707916.194	398.584	BI
21	1335182.765	707919.211	398.814	LC
22	1335184.213	707922.228	399.044	BD
23	1335188.522	707912.008	399.458	LI
24	1335190.345	707911.895	398.586	BI
25	1335191.789	707914.902	398.815	LC
26	1335193.232	707917.908	399.045	BD
27	1335193.829	707909.538	400.150	LI
28	1335197.951	707916.379	400.456	LI
29	1335199.373	707907.594	398.588	BI
30	1335200.812	707910.591	398.817	LC
31	1335202.251	707913.589	399.046	BD
32	1335210.236	707900.440	400.000	PTC
33	1335203.454	707905.653	400.198	BD
34	1335205.531	707903.659	400.083	LC
35	1335207.607	707901.668	399.968	BI

Fuente: Elaboración propia

Tabla X. Datos de Levantamiento Topográfico

41	1335211.266	707909.260	399.046	BD
42	1335208.348	707912.699	400.457	BD
43	1335211.457	707911.257	400.404	LC
44	1335214.566	707909.816	400.350	BI
45	1335210.031	707908.117	400.288	AUX
46	1335211.154	707919.787	400.775	LI
47	1335212.832	707921.642	400.452	BD
48	1335215.726	707920.300	400.402	LC
49	1335218.621	707918.958	400.353	BI
50	1335222.682	707928.115	400.242	BI
51	1335219.999	707929.352	400.415	LC
52	1335217.317	707930.589	400.588	BD
53	1335222.000	707939.434	400.587	BD
54	1335224.828	707938.086	400.587	LC
55	1335227.656	707936.738	400.586	BI
56	1335232.694	707945.479	400.705	BI
57	1335229.096	707945.755	400.734	LC
58	1335225.497	707946.031	400.763	BD
59	1335225.549	707950.350	400.958	LC
60	1335225.616	707954.682	401.039	BD
61	1335232.058	707955.566	400.500	PT
62	1335215.339	707929.347	400.798	LI
63	1335222.108	707921.164	400.559	LI
64	1335231.247	707939.199	400.767	LI
65	1335215.503	707947.000	400.892	BI
66	1335215.555	707950.856	400.965	LC
67	1335215.607	707954.723	401.037	BD
68	1335231.079	707950.758	400.907	AUX
69	1335217.443	707899.022	398.595	BI
70	1335218.902	707902.061	398.826	LC

Fuente: Elaboración propia

Tabla XI. Datos de Levantamiento Topográfico

Fuente: Elaboración propia

Tabla XII. Datos de Levantamiento Topográfico

Levantamiento Topográfico				
Punto No.	Coordenada Norte	Coordenada Este	Elevación	Descripción
106	1335301.833	707866.853	397.425	BD
107	1335300.299	707863.657	397.400	LC
108	1335298.765	707860.461	397.375	BI
109	1335307.781	707856.135	397.375	BI
110	1335309.315	707859.331	397.400	LC
111	1335310.849	707862.527	397.425	BD
112	1335306.632	707854.654	397.339	BD
113	1335303.682	707855.749	397.315	LC
114	1335300.731	707856.843	397.290	BI
115	1335301.936	707845.730	397.329	BD
116	1335298.987	707846.824	397.304	LC
117	1335296.039	707847.920	397.280	BI
118	1335306.749	707860.090	397.366	AUX
119	1335305.868	707867.458	397.437	BD
120	1335309.348	707865.893	397.427	LC
121	1335312.827	707864.328	397.417	BI
122	1335317.277	707873.291	397.416	BI
123	1335313.761	707874.873	397.426	LC
124	1335310.246	707876.454	397.436	BD
125	1335309.076	707875.366	397.674	LI
126	1335318.451	707874.246	397.900	LI
127	1335313.675	707884.155	397.751	LI
128	1335314.624	707885.449	397.435	BD
129	1335318.176	707883.852	397.425	LC
130	1335321.728	707882.254	397.415	BI
131	1335317.830	707893.494	397.784	LI
132	1335319.005	707894.444	397.435	BD
133	1335322.597	707892.828	397.424	LC
134	1335326.190	707891.213	397.414	BI
135	1335321.300	707902.747	397.839	LI
136	1335323.385	707903.439	397.434	BD
137	135327.018	707901.805	397.423	LC
138	1335330.651	707900.171	397.413	BI
139	1335332.253	707902.530	397.870	LI
140	1335335.109	707909.103	397.697	BI

Fuente: Elaboración propia

Tabla XIII. Datos de Levantamiento

Levantamiento Topográfico				
Punto No.	Coordenada Norte	Coordenada Este	Elevación	Descripción
141	1335331.433	707910.770	397.570	LC
142	1335327.757	707912.437	397.443	BD
143	1335325.838	707911.561	397.841	LI
144	1335331.665	707922.123	397.911	LI
145	1335332.125	707921.436	397.451	BD
146	1335335.853	707919.746	397.580	LC
147	1335339.580	707918.056	397.709	BI
148	1335344.061	707927.004	397.721	BI
149	1335340.278	707928.719	397.590	LC
150	1335336.494	707930.435	397.460	BD
151	1335340.863	707939.434	397.468	BD
152	1335344.708	707937.690	397.601	LC
153	1335348.554	707935.947	397.934	BI
154	1335355.087	707948.950	397.887	BI
155	1335349.256	707947.957	397.869	LC
156	1335343.424	707946.964	397.850	BD
157	1335234.097	707950.010	400.817	LC
158	1335235.505	707954.554	400.816	BD
159	1335243.464	707954.812	400.714	BD
160	1335243.570	707950.982	400.765	LC
161	1335243.677	707947.153	400.817	BI
162	1335249.908	707946.469	400.353	LI
163	1335253.671	707947.502	400.816	BI
164	1335253.564	707951.333	400.463	LC
165	1335253.457	707955.164	400.110	BD
166	1335263.451	707955.521	400.103	BD
167	1335263.558	707951.677	400.457	LC
168	1335263.665	707947.833	400.811	BI
169	1335268.033	707947.441	399.475	LI
170	1335273.660	707948.176	400.805	BI
171	1335273.553	707952.013	400.452	LC
172	1335273.446	707955.850	400.099	BD
173	1335281.929	707947.203	399.118	LI
174	1335283.630	707947.677	399.000	PT
175	1335283.654	707948.529	400.798	BI

Fuente: Elaboración propia

Tabla XIV. Datos de Levantamiento

Levantamiento Topográfico				
Punto No.	Coordenada Norte	Coordenada Este	Elevación	Descripción
176	1335283.548	707952.340	400.447	LC
177	1335283.442	707956.152	400.096	BD
178	1335293.439	707956.453	398.763	BD
179	1335293.544	707952.667	399.771	LC
180	1335293.648	707948.882	400.778	BI
181	1335294.063	707947.957	398.893	LI
182	1335306.085	707948.088	398.631	LI
183	1335303.642	707949.229	400.758	BI
184	1335303.539	707953.008	399.682	LC
185	1335303.435	707956.787	398.607	BD
186	1335313.432	707957.127	398.456	BD
187	1335313.534	707953.354	399.596	LC
188	1335313.636	707949.580	400.736	BI
189	1335323.632	707949.869	400.730	BI
190	1335323.530	707953.646	399.504	LC
191	1335323.429	707957.423	398.277	BD
192	1335317.217	707946.350	398.467	LI
193	1335333.629	707950.122	400.735	BI
194	1335333.527	707953.907	399.506	LC
195	1335333.425	707957.692	398.277	BD
196	1335339.492	707957.859	397.961	BD
197	1335339.350	707954.063	397.930	BI
198	1335339.207	707950.266	397.898	BI
199	1335345.783	707954.265	397.931	AUX
200	1335355.767	707960.336	397.855	BI
201	1335351.258	707961.056	397.880	LC
202	1335346.749	707961.776	397.904	BC
203	1335347.990	707971.705	397.906	BC
204	1335352.216	707971.030	397.883	LC
205	1335356.442	707970.355	397.860	BI
206	1335357.479	707980.316	397.863	BI
207	1335353.333	707980.978	397.885	LC
208	1335349.187	707981.640	397.908	BD
209	1335350.365	707991.575	397.621	BD
210	1335354.430	707990.928	397.734	LC

Fuente: Elaboración propia

Tabla XV. Datos de Levantamiento Topográfico

Levantamiento Topográfico				
Punto No.	Coordenada Norte	Coordenada Este	Elevación	Descripción
211	1335358.494	707990.280	397.847	BI
212	1335361.160	707990.803	397.207	LI
213	1335359.517	708000.242	397.835	BI
214	1335355.880	708000.813	397.758	LC
215	1335352.244	708001.383	397.680	BD
216	1335354.389	708011.169	397.692	BD
217	1335357.467	708010.686	397.758	LC
218	1335360.544	708010.203	397.824	BI
219	1335362.660	708020.099	397.754	LI
220	1335361.571	708020.165	397.813	BI
221	1335358.999	708020.568	397.758	LC
222	1335356.427	708020.972	397.703	BD
223	1335357.322	708030.954	397.689	BD
224	1335359.940	708030.543	397.745	LC
225	1335362.558	708030.132	397.801	BI
226	1335363.436	708038.996	398.097	BI
227	1335360.777	708039.413	398.040	LC
228	1335358.118	708039.830	397.983	BD
229	1335358.995	708049.815	397.969	BD
230	1335361.991	708049.345	398.033	LC
231	1335364.986	708048.875	398.097	AUX
232	1335368.960	708044.200	397.853	BI
233	1335368.304	708047.491	398.065	LC
234	1335367.648	708050.781	398.277	BD
235	1335377.709	708051.457	398.195	BD
236	1335378.364	708048.175	397.983	LC
237	1335379.019	708044.894	397.772	BI
238	1335364.923	708058.966	398.943	BI
239	1335362.469	708059.349	399.016	LC
240	1335360.016	708059.732	399.088	BD
241	1335361.178	708069.672	399.100	BD
242	1335363.718	708069.275	399.025	LC
243	1335366.258	708068.879	398.949	BI
244	1335366.492	708078.963	398.988	BI
245	1335363.847	708079.376	399.066	LC

Fuente: Elaboración propia

Tabla XVI. Datos de Levantamiento

Levantamiento Topográfico				
Punto No.	Coordenada Norte	Coordenada Este	Elevación	Descripción
246	1335361.203	708079.789	399.145	BD
247	1335367.740	708075.703	399.706	LI
248	1335368.334	708082.992	400.080	LI
249	1335366.725	708089.048	399.027	BI
250	1335363.977	708089.477	399.108	LC
251	1335361.228	708089.907	399.190	BD
252	1335361.705	708099.874	400.081	BD
253	1335364.660	708099.446	400.109	LC
254	1335367.615	708099.019	400.138	BI
255	1335369.274	708098.281	400.507	LI
256	1335368.589	708108.982	400.109	BI
257	1335365.389	708109.459	399.905	LC
258	1335362.188	708109.935	399.700	BD
259	1335362.347	708120.021	399.616	BD
260	1335365.770	708119.512	399.835	LC
261	1335369.193	708119.003	400.054	BI
262	1335369.440	708129.074	399.949	BI
263	1335365.889	708129.597	399.643	LC
264	1335362.338	708130.120	399.338	BD
265	1335369.439	708139.184	399.822	BI
266	1335366.625	708139.599	399.580	LC
267	1335363.812	708140.013	399.338	AUX
268	1335356.946	708136.586	399.294	BI
269	1335357.244	708140.742	399.388	LC
270	1335357.541	708144.898	399.481	BD
271	1335347.537	708145.193	399.472	BD
272	1335347.293	708141.787	399.395	LC
273	1335347.049	708138.381	399.318	BI
274	1335369.336	708149.753	399.355	BI
275	1335366.630	708149.759	399.337	LC
276	1335363.926	708149.766	399.319	BD
277	1335363.748	708159.766	399.318	BD
278	1335366.547	708159.760	399.336	LC
279	1335369.347	708159.753	399.355	BI
280	1335371.628	708157.645	399.307	LI

Fuente: Elaboración propia

Tabla XVII.Datos de Levantamiento

Levantamiento Topográfico				
Punto No.	Coordenada Norte	Coordenada Este	Elevación	Descripción
281	1335368.874	708169.754	399.400	BI
282	1335365.815	708169.761	399.673	LC
283	1335362.756	708169.768	399.946	BD
284	1335361.782	708179.777	400.415	BD
285	1335365.089	708179.766	399.943	LC
286	1335368.396	708179.756	399.471	BI
287	1335369.639	708186.922	401.045	LI
288	1335367.522	708189.758	399.600	BI
289	1335364.303	708189.769	400.060	LC
290	1335361.085	708189.779	400.519	BD
291	1335360.388	708199.791	401.530	BD
292	1335363.518	708199.777	400.687	LC
293	1335366.647	708199.763	399.845	BI
294	1335366.487	708201.589	401.619	BI
295	1335363.358	708201.603	402.462	LC
296	1335360.088	708201.686	399.922	BD
297	1335362.605	708212.005	401.989	LC
298	1335367.326	708212.048	401.978	BI
299	1335370.148	708204.150	401.695	BI
300	1335370.136	708207.877	401.787	LC
301	1335370.125	708211.603	401.880	BD
302	1335363.707	708206.867	400.950	AUX
303	1335363.993	708222.018	401.986	BI
304	1335359.953	708221.981	401.995	LC
305	1335355.912	708221.945	402.004	BD
306	1335380.150	708203.383	401.675	BI
307	1335380.141	708206.570	401.754	LC
308	1335380.131	708209.758	401.833	BD
309	1335366.891	708216.444	402.239	BM-2
310	1335319.878	707858.231	397.515	BD
311	1335318.441	707855.234	397.446	LC
312	1335317.003	707852.238	397.378	BI
313	1335323.429	707848.391	397.670	LI
314	1335326.032	707847.940	397.379	BI
315	1335327.481	707850.959	397.315	LC

Fuente: Elaboración propia

Tabla XVIII. Datos de Levantamiento

Levantamiento Topográfico				
Punto No.	Coordenada Norte	Coordenada Este	Elevación	Descripción
316	1335328.929	707853.978	397.252	BD
317	1335337.980	707849.726	397.250	BD
318	1335336.525	707846.692	397.314	LC
319	1335335.070	707843.659	397.378	BI
320	1335336.528	707841.608	396.852	LI
321	1335338.782	707850.165	396.990	LI
322	1335344.114	707839.392	397.376	BI
323	1335345.571	707842.433	397.084	LC
324	1335347.028	707845.475	396.792	BD
325	1335344.328	707838.705	396.387	LI
326	1335352.900	707834.638	396.555	LI
327	1335353.162	707835.133	397.371	BI
328	1335354.620	707838.177	397.048	LC
329	1335356.078	707841.222	396.726	BI
330	1335357.236	707842.555	396.962	LI
331	1335359.813	707832.037	396.772	LI
332	1335362.220	707830.895	397.362	BI
333	1335363.681	707833.945	396.999	LC
334	1335365.142	707836.995	396.636	BD
335	1335371.615	707835.454	397.077	LI
336	1335370.667	707827.008	396.823	LI
337	1335371.293	707826.688	397.349	BI
338	1335372.756	707829.742	396.985	LC
339	1335374.219	707832.796	396.622	BD
340	1335380.491	707822.423	396.312	BI
341	1335381.445	707825.717	396.364	LC
342	1335382.399	707829.011	396.416	BD
343	1335356.787	707960.998	398.000	PT
344	1335359.117	707958.888	397.937	BD
345	1335359.344	707955.098	397.941	LC
346	1335359.571	707951.308	397.945	BI
347	1335369.553	707951.906	397.945	BI
348	1335369.327	707955.685	397.941	LC
349	1335369.100	707959.464	397.937	BD
350	1335379.083	707960.046	397.937	BD

Fuente: Elaboración propia

Tabla XIX. Datos de Levantamiento

Fuente: Elaboración propia

Tabla XX. Datos de Levantamiento Topográfico

Levantamiento Topográfico				
Punto No.	Coordenada Norte	Coordenada Este	Elevación	Descripción
386	1335446.621	707946.176	397.302	BD
387	1335443.310	707947.896	397.487	LC
388	1335440.000	707949.615	397.672	BI
389	1335447.919	707947.574	397.357	LI
390	1335442.416	707937.091	397.279	BD
391	1335439.162	707938.782	397.461	LC
392	1335435.907	707940.472	397.643	BI
393	1335441.861	707934.594	397.762	LI
394	1335438.249	707928.000	397.869	BD
395	1335435.006	707929.678	397.763	LC
396	1335431.764	707931.357	397.658	BI
397	1335435.799	707921.513	398.511	LI
398	1335434.101	707918.916	398.148	BD
399	1335430.848	707920.586	397.918	LC
400	1335427.596	707922.256	397.689	BI
401	1335423.440	707913.148	397.718	BI
402	1335426.687	707911.481	397.947	LC
403	1335429.934	707909.814	398.177	BD
404	1335430.442	707909.567	398.585	LI
405	1335425.766	707900.735	398.364	BD
406	1335422.535	707902.384	398.061	LC
407	1335419.303	707904.033	397.758	BI
408	1335415.718	707901.173	398.500	PT
409	1335417.667	707900.408	398.387	BI
410	1335420.956	707898.916	398.383	LC
411	1335424.245	707897.423	398.379	BD
412	1335419.084	707895.268	398.279	AUX
413	1335422.607	707893.517	398.230	LC
414	1335420.969	707889.611	398.081	BD
415	1335430.230	707885.836	398.085	BI
416	1335431.398	707888.621	398.191	LC
417	1335432.747	707891.839	398.314	BD
418	1335417.575	707891.129	398.156	LC
419	1335414.180	707892.647	398.232	BI
420	1335410.074	707883.534	398.018	BI

Fuente: Elaboración propia

Tabla XXI.Datos de Levantamiento

Fuente: Elaboración propia

Tabla XXII. Datos de Levantamiento

Fuente: Elaboración propia

Tabla XXIII.Datos de Levantamiento

Levantamiento Topográfico				
Punto No.	Coordenada Norte	Coordenada Este	Elevación	Descripción
491	1335340.061	707737.632	396.437	BD
492	1335342.720	707743.487	396.459	LC
493	1335337.072	707743.095	396.923	BI
494	1335338.507	707745.963	396.916	LC
495	1335339.942	707748.831	396.909	BD
496	1335330.564	707752.435	396.841	BD
497	1335329.166	707749.638	396.621	LC
498	1335327.768	707746.840	396.401	BI
499	1335347.071	707737.001	396.293	BI
500	1335349.442	707742.037	396.343	LC
501	1335349.649	707736.693	396.388	BI
502	1335351.957	707739.294	396.228	LC
503	1335354.265	707741.895	396.067	BD
504	1335363.636	707737.336	395.557	BD
505	1335361.317	707734.741	395.853	LC
506	1335358.997	707732.146	396.149	BI
507	1335343.013	707736.578	396.341	LC
508	1335345.964	707735.523	396.245	BI
509	1335347.800	707736.520	396.337	PT
510	1335341.414	707726.527	396.181	BI
511	1335338.328	707727.632	396.014	LC
512	1335335.242	707728.734	395.847	BD
513	1335340.629	707723.185	395.790	LI
514	1335336.869	707717.534	396.117	BI
515	1335333.670	707718.677	395.944	LC
516	1335330.471	707719.819	395.771	BD
517	1335334.927	707710.925	395.273	LI
518	1335326.887	707714.492	395.192	LI
519	1335325.949	707710.816	395.708	BD
520	1335329.721	707709.468	395.912	LC
521	1335332.335	707708.535	396.054	BI
522	1335328.749	707701.418	394.609	BI
523	1335325.749	707702.930	394.528	LC
524	1335322.748	707704.441	394.447	BD
525	1335320.995	707702.424	394.188	BD

Fuente: Elaboración propia

Tabla XXIV. Datos de Levantamiento

Levantamiento Topográfico				
Punto No.	Coordenada Norte	Coordenada Este	Elevación	Descripción
526	1335324.553	707700.587	394.331	LC
527	1335328.111	707698.749	394.473	BI
528	1335329.784	1335329.784	394.592	PT
529	1335323.068	707696.893	394.157	AUX
530	1335316.285	707695.628	393.844	BI
531	1335316.802	707699.311	393.909	LC
532	1335317.318	707702.993	393.973	BD
533	1335325.140	707691.361	394.125	BI
534	1335326.626	707695.055	394.299	LC
535	1335333.427	707685.204	393.839	BI
536	1335334.741	707688.449	394.049	LC
537	1335336.054	707691.706	394.259	BD
538	1335344.327	707685.477	394.037	BD
539	1335343.020	707682.225	393.747	LC
540	1335341.713	707678.973	393.457	BI
541	1335349.979	707672.724	393.233	BI
542	1335351.285	707675.973	33.523	LC
543	1335352.591	707679.222	393.812	BD
544	1335347.361	707686.608	393.778	LI
545	1335359.878	707675.781	393.028	LI
546	1335360.858	707672.972	393.476	BD
547	1335359.556	707669.727	393.042	LC
548	1335358.254	707666.483	392.609	BI
549	1335363.772	707672.409	392.753	LI
550	1335369.128	707666.732	393.148	BD
551	1335367.827	707663.494	392.725	LC
552	1335366.526	707660.256	392.303	BI
553	1335374.798	707654.022	392.000	BI
554	1335376.098	707657.257	392.413	LC
555	1335377.398	707660.492	392.826	BD
556	1335376.645	707661.468	392.255	LI
557	1335383.068	707647.774	391.702	BI
558	1335384.367	707651.010	392.107	LC
559	1335385.666	707654.246	392.511	BD
560	1335388.327	707643.800	391.512	BI

Fuente: Elaboración propia

Tabla XXV. Datos de Levantamiento

Levantamiento Topográfico				
Punto No.	Coordenada Norte	Coordenada Este	Elevación	Descripción
561	1335390.138	707646.651	391.544	LC
562	1335391.948	707649.501	391.576	BD
563	1335389.102	707638.871	391.428	BI
564	1335391.965	707636.965	391.359	LC
565	1335394.828	707634.979	391.290	BD
566	1335396.905	707634.477	391.348	PT
567	1335394.905	707642.882	391.500	AUX
568	1335387.773	707627.683	391.325	BD
569	1335385.123	707629.484	391.388	LC
570	1335382.473	707631.285	391.452	BI
571	1335397.056	707649.076	391.436	BD
572	1335399.811	707646.972	391.339	LC
573	1335402.565	707644.868	391.241	BI
574	1335407.758	707653.486	391.290	BI
575	1335404.893	707655.676	391.449	LC
576	1335402.029	707657.867	391.608	BD
577	1335398.591	707635.680	391.194	BI
578	1335400.752	707638.242	391.170	LC
579	1335402.921	707640.798	391.306	BD
580	1335410.471	707634.237	391.302	BD
581	1335408.313	707631.677	391.220	LC
582	1335406.155	707629.117	391.137	BI
583	1335413.695	707622.568	390.792	BI
584	1335415.857	707625.123	391.041	LC
585	1335418.020	707627.678	391.291	BD
586	1335409.600	707623.262	390.936	LI
587	1335421.899	707627.456	390.856	LI
588	1335420.152	707614.122	390.612	LI
589	1335421.231	707615.993	390.781	BI
590	1335423.393	707618.548	391.030	LC
591	1335425.555	707621.102	391.280	BD
592	1335433.082	707614.516	391.267	BD
593	1335430.920	707611.962	391.018	LC
594	1335428.758	707609.408	390.769	BI
595	1335432.338	707606.288	390.161	BI

Fuente: Elaboración propia

Tabla XXVI. Datos de Levantamiento

Levantamiento Topográfico				
Punto No.	Coordenada Norte	Coordenada Este	Elevación	Descripción
596	1335434.536	707608.798	390.221	LC
597	1335436.740	707611.316	390.282	BD
598	1335438.076	707605.866	390.000	AUX
599	1335440.848	707598.926	389.703	BI
600	1335443.008	707601.491	389.682	LC
601	1335445.168	707604.056	389.661	BD
602	1335448.423	707592.408	389.016	BI
603	1335450.607	707594.996	389.336	LC
604	1335452.791	707597.584	389.657	BD
605	1335432.040	707602.113	389.979	BI
606	1335434.547	707599.886	389.968	LC
607	1335437.053	707597.659	389.958	BD
608	1335446.774	707604.337	390.160	LI
609	1335453.956	707600.729	389.712	LI
610	1335441.961	707596.893	389.500	PT
611	1335424.934	707595.050	389.981	BI
612	1335427.452	707592.812	389.970	LC
613	1335429.970	707590.575	389.960	BD
614	1335422.888	707583.491	389.932	BD
615	1335420.359	707585.740	389.774	LC
616	1335417.830	707587.988	389.616	BI
617	1335416.779	707587.583	389.690	LI
618	1335422.068	707581.884	389.447	LI
619	1335415.789	707576.422	389.864	BD
620	1335413.266	707578.668	389.483	LC
621	1335410.742	707580.913	389.102	BI
622	1335403.653	707573.833	388.545	BI
623	1335406.170	707571.594	389.150	LC
624	1335408.688	707569.355	389.755	BD
625	1335406.342	707567.029	388.182	BD
626	1335403.860	707569.291	388.274	LC
627	1335401.378	707571.562	388.367	BI
628	1335400.562	707565.699	388.000	AUX
629	1335396.044	707557.699	387.803	BD
630	1335393.738	707560.809	387.946	LC

Fuente: Elaboración propia

Tabla XXVII. Datos de Levantamiento

Levantamiento Topográfico				
Punto No.	Coordenada Norte	Coordenada Este	Elevación	Descripción
631	1335391.431	707563.919	388.088	BI
632	1335393.868	707567.524	388.225	BM
633	1335383.214	707558.188	388.173	BI
634	1335386.015	707554.540	388.054	LC
635	1335388.816	707550.891	387.935	BD
636	1335383.684	707561.882	388.100	LI
637	1335396.868	707571.067	388.394	LI
638	1335408.054	707578.896	388.968	LI
639	1335405.978	707564.026	387.787	BD
640	1335402.673	707561.079	387.730	LC
641	1335399.368	707558.131	387.673	BI
642	1335405.953	707550.605	387.672	BI
643	1335409.026	707553.345	387.725	LC
644	1335412.098	707556.093	387.778	BD
645	1335414.090	707555.328	387.185	LI
646	1335411.848	707542.473	386.505	BI
647	1335415.084	707545.354	387.101	LC
648	1335418.321	707548.236	387.698	BD
649	1335411.609	707539.416	386.383	LI
650	1335421.505	707545.528	386.302	LI
651	1335417.774	707534.360	386.372	BI
652	1335421.154	707537.369	386.994	LC
653	1335424.533	707540.378	387.617	BD
654	1335428.971	707536.808	386.055	LI
655	1335419.235	707529.940	386.135	LI
656	1335430.730	707532.506	387.534	BD
657	1335427.243	707529.401	386.891	LC
658	1335423.755	707526.295	386.248	BI
659	1335426.791	707522.201	385.996	BI
660	1335430.757	707524.818	385.892	LC
661	1335434.723	707527.435	385.787	BD

Fuente: Elaboración propia

Tabla 69. Clasificación de valor de soporte relativo en estructura de pavimento

CBR	CLASIFICACION	USOS	AASHTO
0-3	Muy pobre	Sub-rasante	A5, A6, A7
3-7	Pobre a regular	Sub-rasante	A4, A5, A6, A7
7-20	Regular	Sub-base	A2, A4, A6, A7
20-50	Bueno	Base, sub-base	A1, A2-5, A3, A2-6
>50	Excelente	Base	A1-a, A2-4, A3

Fuente: Bowles, J.(1981).Manual de laboratorio de suelos de ingeniería.P,19

Tabla 70. Especificaciones de los materiales empleados en capas de sub-rasante

N°	Propiedad	Limite	Norma de Prueba
1	Limite Liquido	30% Máximo	AASHTO T89
2	Índice Plástico	6% Máximo	AASHTO T90
3	Compactación	95% Mínimo de su peso Volumétrico seco máximo Proctor modificado T180	AASHTO T238

Fuente: NIC.2000, sección 302.02. articulo 1003.21}

Tabla 71. Especificaciones de los materiales utilizados en la Base

	Tipo 1	Tipo 2
- Graduación	Cuadro 1003.10	Cuadro 1003.10
- Desgaste, Los Angeles	máx. 50%	máx. 50%
- Valor de Trituración del Agregado (ASTM D 2940-71 T)	máx. 35%	máx. 35%
- Índice de Plasticidad	máx. 10	máx. 15
- Módulo de Plasticidad	máx. 200	máx. 400
- CBR al 95% de AASHTO Modificado (AASHTO T 180) y 4 días de saturación.	mín. 80%	mín. 60%
- 10% de finos (Húmedo)	mín. 50 kN	mín. 50 kN

Fuente: NIC 2000; sección 302.02. Artículo 1003.09 (a y b). Artículo 1003.23II (b)

Tabla 72. Espesores mínimos de concreto asfáltico y base granular

Número de ESALs	Concreto asfáltico	Base granular
Menos de 50,000	2.5 cm	10 cm
50,000 - 15,000	5.0 cm	10 cm
150,000 - 500,000	6.5 cm	10 cm
500,000 - 2,000,000	7.5 cm	15 cm
2,000,000 - 7,000,000	9.0 cm	15 cm
Más de 7,000,000	10.0 cm	15 cm

Fuente: Guía para el Diseño de Estructura de Pavimento, AASHTO, 1993, p.175

Tabla 73. Granulometría para Base

Granulometría. Base	
Tamiz	% que pasa (AASHTO) T27 Y T 11
50 mm (2")	100 (1)
37.5 mm (1 1/2")	97 - 100 (1)
19 mm (3/4")	67 - 81 (6)
4.75 mm (Nº 4)	33 - 47 (6)
4.25 mm (Nº 40)	10 -19 (4)
75 mm (Nº 200)	4 - 8 (3)

Fuente: Especificaciones NIC-2000 Sección 1003. Página 21

Tabla 74. Coeficientes de escorrentía usados en el método racional

Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional							
Característica de la superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Áreas desarrolladas							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano, 0 - 2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2 - 7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (cubierta de pasto del 50 al 75% del área)							
Plano, 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano, 0 - 2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2 - 7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Áreas no desarrolladas							
Área de cultivos							
Plano, 0 - 2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2 - 7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano, 0 - 2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48

Fuente: Manual para la revisión de estudios Hidrotécnicos de drenaje menor (MTI)

Foto N° 1 (Barrio San José, Santo Tomás, Chontales.) Calle 2 con Cunetas.
Est 0+264



Fuente: Elaboración Propia

Foto N° 2 (Barrio. San José, Santo Tomás, Chontales.) Calle 3 sin Cunetas.

Est 0+300



Fuente: Elaboración Propia

Foto N° 3 (Barrio. San José, Santo Tomás, Chontales) Calle 4 con Cunetas
Est 0+160



Fuente: Elaboración Propia

Foto N.º 4 (Barrio San José, Santo Tomás, Chontales.) calle 3

Est 0+300



Fuente: Elaboración Propia