Universidad Nacional de Ingeniería

Área de Conocimiento Arquitectura y Construcción

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DEL PROYECTO "CONSTRUCCIÓN DE 945 M DE UNA MARGINAL UBICADA EN EL COSTADO NOROESTE DEL CAUCE LAS AMÉRICAS" INTERSECCIÓN LA SUBASTA, DISTRITO 6, MANAGUA.

Proyecto de Graduación para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por:

Br. Óscar Miguel Hurtado Palma
Carnet: 2019-0578U

Br. Katherine Daniela Gutiérrez Guido
Carnet: 2019-0533U

Br. Kenia Vanessa Mena Dávila
Carnet: 2002-14725

Tutor:

Ing. Karla Lissette Rivera Martínez

27 de marzo de 2026
Managua, Nicaragua

Área de Conocimiento
Arquitectura y Construcción

Managua, 26 de marzo 2026

Arq. Marcela Galán Gaitán
Directora del Área de Conocimiento de Arquitectura y Construcción
Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
Su despacho

Estimada Maestra Galán, reciba cordial saludo, deseando éxito en sus labores.

El motivo de la presente es para informarle que los bachilleres: Br. Kenia Vanessa Mena Dávila Carnet: 2002-14725, Óscar Miguel Hurtado Palma Carnet: 2019-0578U y Katherine Daniela Gutiérrez Guido Carnet: 2019-0533U han desarrollado bajo mi tutoría el proyecto de graduación titulado: **ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DEL PROYECTO "CONSTRUCCIÓN DE 945 M DE UNA MARGINAL UBICADA EN EL COSTADO NOROESTE DEL CAUCE LAS AMÉRICAS", INTERSECCIÓN LA SUBASTA, DISTRITO 6, MANAGUA.**, como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Habiendo realizado una revisión detallada del documento final, cumpliendo con cada uno de los objetivos planteados y que reúne los requisitos necesarios para someterse a la defensa, ante el tribunal examinador que esta dirección designe.

Sin nada más a que hacer referencia, me suscribo.

Cordialmente.

Ing. Karla Lissette Rivera Martinez
Docente del Departamento de Ingeniería Civil
Área de Conocimiento de Arquitectura y Construcción
Universidad Nacional de Ingeniería

Telf: (505) 8645 4064
Recinto Universitario Simón Bolivar.
Avenida Universitaria.
Managua, Nicaragua.
marcela.galan@dacia.uni.edu.ni
www.uni.edu.ni

Área de Conocimiento
Arquitectura y Construcción

Managua, Nicaragua, martes 16 de diciembre de 2025
REF/CULM.EST/TFCE/CIV/026-2025

Óscar Miguel Hurtado Palma
Katherine Daniela Gutiérrez Guido
Kenia Vanessa Mena Dávila
Sus manos. –

Estimado (s) Bachiller (es), reciba (n) cordiales saludos.

En el marco de la ***Estrategia de Culminación de Estudios 2025 (Plan Remedial)*** se le(s) comunica que el Tema y objetivos de **Proyecto de Graduación** titulado **"ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DEL PROYECTO "CONSTRUCCIÓN DE 945 M DE UNA MARGINAL UBICADA EN EL COSTADO NOROESTE DEL CAUCE LAS AMÉRICAS", INTERSECCIÓN LA SUBASTA, DISTRITO 6, MANAGUA"** ha sido aprobado y se le ha asignado como Tutor(a) al (a la) **Ing. Karla Lissette Rivera Martínez.**

La ejecución, entrega y defensa del **Proyecto de Graduación** tendrá una duración máxima de 05 meses, a partir de la fecha de aprobación de la Dirección, siendo el periodo establecido del **01 de diciembre del 2025 al 30 de abril del 2026.**

Por lo tanto, ud (s) deberá(n) cumplir en el periodo mencionado con lo siguiente:

a) Desarrollar el Cronograma de Ejecución y realizar las actividades en correspondencia con el mismo, en el cual se tienen que programar los periodos de encuentros con el tutor, pre defensa y defensa.
b) Presentar al tutor ***semanalmente*** los avances obtenidos en el proceso de ejecución conforme el cronograma.
c) Cumplir con al menos el 90% de asistencia en los encuentros programados con el tutor asignado.
d) Realizar al menos una pre defensa del Trabajo Monográfico en versión borrador, según el cronograma establecido en el marco de la ***Estrategia de Culminación de Estudios 2025 (Plan Remedial)***, con el objetivo de garantizar en todos los aspectos el éxito de la defensa.

Igualmente, se le(s) recuerda que no hay prórroga para el cumplimiento de este proceso y que a través de la firma de la carta compromiso reconoce que esta es la última oportunidad para realizar la culminación de estudios.

Sin más a que hacer referencia y deseándole éxito en su **Proyecto de Graduación** para optar al título de **Ingeniero Civil**, se despide.

Atentamente,

Ma. Marcela Carolina Galán Gaitán
Directora

Cc. *Expediente Culminación de Estudios*

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 1

2. ANTECEDENTES Y MARCO LEGAL 3

2.1. Marco legal y normativo aplicable a la construcción de infraestructura vial en Nicaragua 4

2.1.1. Normas técnicas del ministerio de transporte e infraestructura (MTI) 4

2.1.2. Manuales y especificaciones técnicas 4

2.1.3. Elementos geométricos principales 5

2.1.4. Control de calidad y laboratorio de materiales 5

2.1.5. Seguridad vial, señalización y accesibilidad peatonal 6

2.1.6. Requisitos del sistema nacional de inversión pública (SNIP) 6

2.1.7. Regulaciones ambientales del ministerio del ambiente y de los recursos naturales (MARENA) 6

2.1.8. Ordenanzas municipales y reglamentos de la Alcaldía de Managua 7

2.1.9. Ordenanzas y competencias municipales 7

2.1.10. Leyes nacionales relevantes 8

3. OBJETIVOS 10

3.1. Objetivo general 10

3.2. Objetivos específicos 10

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 11

5. FUNDAMENTOS TÉCNICOS 13

5.1. Estudio de prefactibilidad 13

5.2. Diagnóstico de la situación actual. 13

5.3. Estudio de mercado (estudio de demanda) 14

5.4. Estudio técnico 14

5.5. Estudio socioeconómico 15

6. METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN 16

6.1. Estudio de demanda 16

6.1.1. Descripción de la población 16
6.1.2. Proyección de la población 16
6.1.3. Cálculo de muestra 16
6.2. Estudio técnico 16
6.2.1. Estimación de tránsito promedio diario anual (TPDA) 16
6.2.2. Estudio de suelos 17
6.2.3. Topografía 17
6.2.4. Hidrología 18
6.2.5. Diseño de carpeta de rodamiento 18
6.3. Comparativa de características técnicas de dos alternativas de pavimento 18
6.4. Estudio socioeconómico 18
7. RESULTADOS 20
7.1. Estudio de demanda 20
7.1.1. Descripción de la población 20
7.1.2. Proyección de la población 23
7.1.3. Cálculo de muestra 25
7.1.4. Resultados de la encuesta 25
7.2. Estudio técnico 40
7.2.1. Estudio de tránsito 40
7.2.2. Estudio de suelos 50
7.2.3. Topografía 60
7.2.4. Hidrología 61
7.2.5. Diseño de carpeta de rodamiento 77
7.3. Evaluación comparativa técnica de alternativas de pavimento 90
7.4. Estudio socioeconómico 92
7.4.1. Costos directos 92

7.4.2. Costos indirectos 96
7.4.3. Inversión diferida 98
7.4.4. Inversión total inicial 99
7.4.5. Costos de operación 100
7.4.6. Beneficios del proyecto 104
7.4.7. Tasa interna de retorno económico (TIRE) 107
7.4.8. Valor actual neto (VANE) 112
7.4.9. Relación beneficio – costo 113
7.4.10. Análisis socioeconómico 114
7.4.11. Evaluación comparativa económica de alternativas de pavimento . 115
8. CONCLUSIONES 120
9. RECOMENDACIONES 121
10. REFERENCIAS 122
11. ANEXOS 124

Índice de Tablas

Tabla 1. Población del sector de estudio 20
Tabla 2. Nivel de pobreza 22
Tabla 3. Taza de crecimiento poblacional municipal 23
Tabla 4. Proyección de población 24
Tabla 5. Género predominante según resultado de encuesta 26
Tabla 6. Distribución de la población por edad según resultado de encuesta 26
Tabla 7. Distribución de la población por número de habitantes 27
Tabla 8. Actividad principal de los pobladores 28
Tabla 9. Ingreso mensual de la población 29
Tabla 10. Principal fuente de ingreso 30
Tabla 11. Principales actividades económicas de la zona 31
Tabla 12. Consideraciones sobre el impacto en la estructura vial 32
Tabla 13. Medio de transporte utilizado por la población 32
Tabla 14. Tiempo de duración de viaje por el sector 34
Tabla 15. Problemas viales identificados 35
Tabla 16. Percepción de la población sobre la vía marginal 37
Tabla 17. Consideración poblacional sobre la necesidad de la construcción de la marginal 38
Tabla 18. Consideraciones entre la calidad de vida y la construcción de la vía marginal 39
Tabla 19. Beneficios esperados 39
Tabla 20. Posibles impactos negativos 40
Tabla 21. Aforo vehicular 41
Tabla 22. Factores de ajuste de TPDA 42
Tabla 23 Factores de ajuste de TPDA 43
Tabla 24. Tasa de crecimiento vehicular 44
Tabla 25. Indicadores de aumento de tráfico 45
Tabla 26. Clasificación funcional de las carreteras 46
Tabla 27. Período de diseño según tipo de carretera 47
Tabla 28. Factor de Distribución por carril 48

Tabla 29. Factor de Distribución por carril 48
Tabla 30. ESAL´s de diseño 50
Tabla 31. Resultado de análisis a bancos de préstamo 57
Tabla 32. Límites para la selección de resistencia 58
Tabla 33. Límites para la selección de resistencia 59
Tabla 34. Subcuencas 64
Tabla 35. Parámetros de ajuste para las ecuaciones de la forma I=A/(tc+d)^b 66
Tabla 36. Parámetros de calculo 67
Tabla 37. Coeficientes de escorrentía “C” para el municipio de Managua 70
Tabla 38. Caudal Pico 76
Tabla 39. Niveles de confiabilidad 78
Tabla 40. Desviación normal estándar Zr 78
Tabla 41. Desviación estándar So 79
Tabla 42. Serviciabilidad inicial 80
Tabla 43. Serviciabilidad final 80
Tabla 44. Coeficiente de drenaje de la capa 81
Tabla 45. Tabla de valores recomendados para el coeficiente de drenaje 81
Tabla 46. Espesor mínimo por capas 88
Tabla 47. Espesor total 90
Tabla 48. Comparativa técnica de alternativas de pavimento 91
Tabla 49. Costos directos para asfalto 93
Tabla 50. Costos directos para concreto hidráulico MR 36 95
Tabla 51. Costos indirectos para asfalto 97
Tabla 52. Costos indirectos para concreto hidráulico MR 97
Tabla 53. Inversión diferida para asfalto 98
Tabla 54. Inversión diferida para concreto MR 36 99
Tabla 55. Inversión total para asfalto 100
Tabla 56. Inversión total para concreto MR 36 100
Tabla 57. Costo de mantenimiento cada 3 años (Asfalto) 102
Tabla 58. Costo de mantenimiento cada 5 años (Concreto hidráulico MR 36) ... 103
Tabla 59. Costo total del proyecto en el período de diseño 104

Tabla 60. Aumento en la plusvalía de la propiedad 105
Tabla 61. Reducción de costos de transporte 106
Tabla 62. Flujo neto por períodos (Asfalto) 108
Tabla 63. Flujo neto por períodos (Concreto hidráulico MR 36) 110
Tabla 64. VANE y TIRE 112
Tabla 65. VANE 113
Tabla 66. Relación beneficio – costo 114

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Topografía de terreno 61
Ilustración 2. Delimitación de cuenca 62
Ilustración 3. Vista de límite de cuenca en ortofoto mapa 63
Ilustración 4. Usos de suelo presentes en la cuenca de estudio 69
Ilustración 5. Dimensiones de diseño de caja puente 77
Ilustración 6. Gráfico para determinar el coeficiente estructural (a1) de la mezcla asfáltica 82
Ilustración 7. Gráfico para determinar el coeficiente estructural (a2) de la base granular 83
Ilustración 8. Gráfico para determinar el coeficiente estructural (a3) de la subbase granular 84
Ilustración 9. Cálculo de SN3 85
Ilustración 10. Cálculo de SN2 86
Ilustración 11. Cálculo de SN1 87

Índice de gráficos

Gráfico 1. Género predominante 21
Gráfico 2. Distribución por edad 21
Gráfico 3. Distribución poblacional por edad según resultados de encuesta 27
Gráfico 4. Distribución de la población por número de habitantes 28
Gráfico 5. Distribución de la población por Actividad del jefe del Hogar 29
Gráfico 6. Distribución de la población por ingreso mensual 30

Gráfico 7. Medio de transporte más utilizado 33
Gráfico 8. Tiempo de desplazamiento por el sector 34
Gráfico 9. Conocimiento poblacional sobre calle marginal 37
Gráfico 10. Necesidad de construir una vía marginal según resultados de encuesta 38
Gráfico 11. Estratigrafía del suelo 56
Gráfico 12. Selección CBR de Diseño 60
Gráfico 13. Curvas IDF 67
Gráfico 14. Hidrograma de crecida para C-1 73
Gráfico 15. Hidrograma de crecida para C-2 73
Gráfico 16. Hidrograma de crecida para C-3 74
Gráfico 17. Hidrograma de crecida para C-4 74
Gráfico 18. Hidrograma de crecida para C-5 75
Gráfico 19. Hidrograma de crecida para C-6 75
Gráfico 20. Costo de mantenimiento en el período de diseño 116
Gráfico 21. Costo total del proyecto 117
Gráfico 22. Tasa interna de retorno económico (TIRE) 118
Gráfico 23. Relación beneficio – costo (RBC) 118
Gráfico 24. Valor actual neto económico (VANE) 119

Índice de ecuaciones

Ecuación 1: Método geométrico para cálculo de población 23
Ecuación 2: Muestra para población finita 25
Ecuación 3: Proyección de tráfico 44
Ecuación 4: Factor de crecimiento 47
Ecuación 5: Factor de equivalencia (FESAL) 49
Ecuación 6: Pendiente del fondo del cauce 65
Ecuación 7: Tiempo de concentración 65
Ecuación 8: Factor de tiempo de concentración 65
Ecuación 9: Intensidad de precipitación 66

Ecuación 10: Cálculo de caudal 71
Ecuación 11: Ecuación de Manning 72
Ecuación 12: Pérdida por serviciabilidad 80
Ecuación 13: CBR mayores a 10% 80
Ecuación 14: CBR menores a 7.2% 80
Ecuación 15: Espesor de Capa D1 88
Ecuación 16: Corrección de SN1 88
Ecuación 17: Espesor de Capa D2 89
Ecuación 18: Corrección de SN2 89
Ecuación 19: Espesor de Capa D3 89
Ecuación 20: Valor actual neto económico (VANE) 112
Ecuación 21: Relación beneficio – costo (RBC) 114

1. INTRODUCCIÓN

En Nicaragua, así como en la mayor parte del mundo, las carreteras continúan siendo el medio de transporte mayormente utilizado, tanto para el transporte de pasajeros como para bienes y mercancías. Son de primordial importancia para el desarrollo económico y social del país, puesto que, a través de ellas circula gran parte de la producción de los distintos sectores que contribuyen al Producto Interno Bruto (PIB) del país, a la generación de empleo y a las exportaciones.

El constante aumento del parque vehicular, sumado a la mezcla de tráfico pesado de larga distancia con el tráfico local y el transporte público, está generando una congestión vehicular severa, especialmente en puntos críticos como la intersección de “La Subasta”, ubicada en el Distrito VI. Esta área, caracterizada por una alta densidad de comercios, servicios y barrios residenciales, sufre diariamente de embotellamientos que no solo incrementan los tiempos de viaje y los costos operativos para transportistas y ciudadanos, sino que también elevan los riesgos de accidentes influyendo negativamente en la calidad de vida de la población.

La presente monografía propone desarrollar el estudio de prefactibilidad para la construcción de una calle marginal de 945 metros de longitud en el costado noroeste del cauce Las Américas, adyacente a la intersección La Subasta. obteniendo con este una solución de ingeniería vial orientada a mejorar el tráfico, optimizar los flujos vehiculares, mejorar la seguridad para conductores y peatones, y fortalecer la dinámica socioeconómica del sector. La marginal propuesta funcionaría como una vía de servicio que facilitaría el acceso a comercios y residencias sin interferir con el tránsito rápido de la Carretera Norte.

Con la construcción de esta calle marginal se pretende mejorar la infraestructura vial a fin de garantizar un tránsito más ordenado, seguro y eficiente, en concordancia con los lineamientos del Plan Nacional de Lucha contra la Pobreza y el Desarrollo Humano (PNLCP-DH) y el Plan Nacional de Producción, Consumo y Comercio (PNPCC 2025-2026). Asimismo, se vincula con las líneas de investigación de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) en materia de urbanismo y ordenamiento territorial, y con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente el

número 9, que promueve la construcción de infraestructuras resilientes y sostenibles.

Para evaluar de manera integral la viabilidad de la propuesta, se estructuró en función de cuatro objetivos específicos que guían la investigación. Primero realizar un estudio de mercado para diagnosticar la situación actual, cuantificar la demanda de movilidad y determinar la percepción y necesidades de la población objetivo. segundo, desarrollar un estudio técnico exhaustivo que incluye análisis topográficos para caracterizar el terreno, estudios geotécnicos para definir las propiedades del subsuelo y el diseño del pavimento, y un estudio hidrológico para gestionar el impacto sobre el cauce Las Américas mediante el diseño de una caja puente. Tercero, establecer la base para la comparación de alternativas de estructura de pavimento (Concreto hidráulico o Asfalto), asegurando la selección de la opción más eficiente en términos de costo y durabilidad. Por último, se sientan las bases para una evaluación socioeconómica que permita analizar la rentabilidad social del proyecto.

En síntesis, este proyecto no solo pretende aliviar la congestión vehicular y mejorar la conectividad de la zona, sino también potenciar el desarrollo económico local, fortalecer la seguridad vial y contribuir a la calidad de vida de los habitantes. La construcción de esta marginal se concibe como una intervención estratégica que articula la infraestructura vial con el entorno urbano y ambiental, consolidando un modelo de desarrollo sostenible y equitativo para Managua.

2. ANTECEDENTES Y MARCO LEGAL

La Carretera Norte, también conocida como Vía Panamericana Norte o corredor NIC-1, es una de las arterias viales más antiguas y estratégicas de Managua. Su desarrollo se remonta a mediados del siglo XX, en el contexto de la expansión urbana y la necesidad de conectar la capital con el norte del país y con la Carretera Panamericana.

Durante la década de 1970, Managua experimentó una transformación urbana significativa tras el terremoto de 1972, lo que llevó a la descentralización del centro histórico y al crecimiento longitudinal de la ciudad. La Carretera Norte se consolidó como el principal acceso desde el este y norte, facilitando el transporte de pasajeros y mercancías, así como el desarrollo de zonas industriales y residenciales adyacentes.

En 1975, estudios urbanos ya identificaban la importancia de la Carretera Norte como corredor de transporte público, con una alta demanda de viajes diarios y la presencia de rutas de buses que conectaban los principales barrios y zonas industriales de la ciudad. A finales del siglo XX y principios del XXI, la vía fue objeto de sucesivas ampliaciones y modernizaciones, adaptándose al crecimiento demográfico y al aumento del parque vehicular.

La Carretera Norte cumple funciones vitales para la ciudad y el país, tales como:

Corredor logístico internacional: Forma parte del corredor internacional NIC-1, conectando Managua con Tipitapa y la Carretera Panamericana hacia el norte, lo que la convierte en un eje fundamental para el transporte de carga, comercio exterior y tránsito regional.

Acceso al Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino: La vía es el principal acceso al aeropuerto, facilitando la movilidad de pasajeros, turistas y mercancías.

Zona industrial y de servicios: A lo largo de la Carretera Norte se ubican parques industriales, zonas francas, fábricas, centros logísticos y empresas nacionales y extranjeras, generando empleo e inversión.

Por otro lado, la vía enlaza barrios residenciales (Las Mercedes, Unidad de Propósito, Camilo Chamorro), centros comerciales y servicios públicos, articulando la movilidad intraurbana.

En los últimos años, la Carretera Norte ha sido objeto de importantes intervenciones de modernización y ampliación, enmarcadas en los planes nacionales de infraestructura y desarrollo urbano.

En agosto de 2025 se inauguró el paso a desnivel más largo de Centroamérica, con 1.2 km de longitud y dos niveles, ubicado en la intersección conocida como La Robelo. Esta obra, con ocho carriles, interconecta la Carretera Norte con la Pista Héroes de la Insurrección (antes Pista Juan Pablo II), agilizando el tránsito entre el norte, el centro y el occidente de Managua.

La Carretera Norte concentra uno de los ejes industriales más activos del país, con la presencia de parques industriales, zonas francas (Las Mercedes), empresas logísticas y centros comerciales.

La Subasta es un barrio ubicado en el Distrito VI de Managua, cerca de la Carretera Norte y del Aeropuerto Internacional Augusto C. Sandino. Es una zona de alta movilidad, con presencia de comercios, servicios públicos (Estación 6 de Policía, colegios), hoteles y conexiones con barrios como Bertha Díaz y Residencial Las Mercedes.

La intersección de La Subasta es un nodo clave para el transporte urbano e interurbano, siendo punto de paso para rutas de buses, acceso a la terminal de transporte y conexión con el cauce Las Américas. El área presenta desafíos de congestión, seguridad vial y gestión de aguas pluviales, lo que justifica la necesidad de proyectos de ampliación y construcción de marginales para mejorar la circulación y la seguridad.

2.1. Marco legal y normativo aplicable a la construcción de infraestructura vial en Nicaragua

2.1.1. Normas técnicas del ministerio de transporte e infraestructura (MTI)

El MTI es la entidad rectora en materia de infraestructura vial en Nicaragua, responsable de la formulación, actualización y supervisión de las normas técnicas, manuales de diseño y especificaciones para la construcción de caminos, calles y puentes.

2.1.2. Manuales y especificaciones técnicas

NIC-2019: Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes, que incorporan criterios de diseño geométrico, selección de materiales,

pavimentos, drenaje, señalización, seguridad vial y consideraciones ambientales. Su cumplimiento es obligatorio para todas las obras viales públicas y privadas.

Manuales de diseño de drenaje menor y mayor: Establecen los parámetros para el diseño y construcción de obras hidráulicas asociadas a carreteras, incluyendo alcantarillas, cunetas, puentes y sistemas de evacuación de aguas pluviales. Los valores de diseño son mínimos normales y deben ser aplicados en función de la clasificación funcional de la vía.

Manual Centroamericano de normas para el Diseño Geométrico de carreteras carretera regionales (SIECA 2020). Establece los criterios técnicos armonizados para el diseño de carreteras regionales en Centroamérica. Su objetivo es garantizar uniformidad, seguridad vial, eficiencia y sostenibilidad en la infraestructura vial de los países miembros del subsistema de integración económica. Siendo las principales normas de diseño geométrico; clasificación de carreteras, velocidad de diseño, sección transversal, curvas horizontales y verticales, intersecciones y accesos y seguridad vial.

2.1.3. Elementos geométricos principales

Alineamiento horizontal: radios mínimos, transiciones y superelevaciones para garantizar confort y seguridad en curvas.

Alineamiento vertical: pendientes máximas y radios de curvatura vertical que aseguran visibilidad y drenaje.

Sección transversal: ancho de carril, hombros, bermas y cunetas; se recomiendan anchos mayores en vías de mayor jerarquía y tráfico pesado.

Intersecciones y accesos: criterios para giros, carriles de deceleración/aceleración y diseño de glorietas para mejorar fluidez y seguridad.

2.1.4. Control de calidad y laboratorio de materiales

El MTI, a través de su laboratorio de materiales, realiza pruebas de control de calidad de suelos, mezclas asfálticas, concreto y otros materiales, conforme a normativas nacionales (NIC-2000, NTON) e internacionales (ASTM, AASHTO). Las empresas constructoras deben cumplir con los requisitos de calidad y someterse a inspecciones y ensayos durante la ejecución de las obras.

2.1.5. Seguridad vial, señalización y accesibilidad peatonal

El diseño y ejecución de obras viales debe incorporar planes de señalización vial, dispositivos de control de tráfico, señalización vertical y horizontal, y medidas de seguridad para peatones y ciclistas, conforme al Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tráfico (SIECA) y la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense de Accesibilidad (NTON 12 006-04).

2.1.6. Requisitos del sistema nacional de inversión pública (SNIP)

El SNIP es el marco metodológico y procedimental para la identificación, formulación, evaluación y priorización de proyectos de inversión pública en Nicaragua. Todo proyecto vial financiado con recursos públicos debe cumplir con los lineamientos y guías del SNIP, bajo la supervisión de la Dirección General de Inversiones Públicas del Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

2.1.7. Regulaciones ambientales del ministerio del ambiente y de los recursos naturales (MARENA)

El MARENA es la autoridad nacional en materia ambiental, responsable de la regulación, control y supervisión de los proyectos que puedan generar impactos sobre el medio ambiente y los recursos naturales.

Ley general del medio ambiente y los recursos naturales (Ley 217)

La Ley 217 establece los principios y normas para la conservación, protección y uso sostenible del ambiente. Todo proyecto de infraestructura vial que pueda causar deterioro ambiental debe obtener, previo a su ejecución, el Permiso Ambiental o Autorización Ambiental emitido por el MARENA.

Art. 27: Obligatoriedad de Permiso Ambiental para proyectos públicos o privados que puedan producir deterioro ambiental.

Art. 30: El MARENA emite normas técnicas y guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental.

Art. 33: Se establece la Fianza Ambiental como garantía financiera para la ejecución de medidas de mitigación y restauración.

2.1.8. Ordenanzas municipales y reglamentos de la Alcaldía de Managua

La Alcaldía de Managua (ALMA) es la autoridad local responsable de la planificación urbana, el control del uso del suelo, la emisión de permisos de construcción y la supervisión de obras en su jurisdicción.

Permiso de construcción y procedimientos municipales

El Reglamento de Permiso de Construcción para el Área del Municipio de Managua establece los procedimientos y requisitos para la obtención de permisos de infraestructura, desarrollo vial y edificación:

Constancia de uso del suelo: Certifica la compatibilidad del proyecto con el plan de zonificación y uso del suelo.

Aprobación técnica del anteproyecto: Requiere la presentación de planos, memoria descriptiva, estudios de suelos, aval ambiental y constancias de factibilidad de servicios públicos.

Aprobación técnica del proyecto: Incluye planos constructivos, estudios geotécnicos, memorias de cálculo estructural, presupuesto detallado y avales de otras instituciones (ENACAL, Unión Fenosa, Bomberos).

Permiso de construcción: Se otorga tras la revisión y aprobación de la documentación, el pago de tasas e impuestos, y la presentación de la solvencia municipal y la matrícula de la empresa constructora

2.1.9. Ordenanzas y competencias municipales

La Ley de Municipios (Ley 40) otorga a los gobiernos municipales la competencia para:

- Desarrollar, conservar y controlar el uso racional del medio ambiente y los recursos naturales.
- Construir y dar mantenimiento a calles, aceras, andenes y parques.
- Planificar y regular el uso del suelo y el desarrollo urbano.
- Autorizar y supervisar proyectos de inversión pública en el municipio.
- Participar en la evaluación de estudios de impacto ambiental junto con el MARENA.

2.1.10. Leyes nacionales relevantes

Ley general del medio ambiente y los recursos naturales (Ley 217)

La Ley 217 es el marco legal principal para la protección ambiental en Nicaragua, estableciendo la obligatoriedad de permisos ambientales, la incorporación de medidas de mitigación y la participación ciudadana en la gestión ambiental.

Ley de municipios (Ley 40)

La Ley 40 regula la autonomía municipal, las competencias en infraestructura, medio ambiente, uso del suelo y participación en la evaluación de proyectos. Establece la obligación de los municipios de elaborar presupuestos, autorizar proyectos y coordinar con el gobierno central y otras instituciones.

Ley de contrataciones administrativas Estado Ley 1238, (publicada en La Gaceta, Diario Oficial N°35 del 21 de febrero de 2025.)

Esta normativa unifica la regulación de los procesos de contratación tanto con entidades municipales como con el sector público, que anteriormente estaban regidos por dos leyes separadas: la Ley No. 737, “Ley de Contrataciones Administrativas del Sector Público”, y la Ley No. 801, “Ley de Contrataciones Administrativas Municipales”, junto con sus respectivos reglamentos. La Ley 1238 tiene como finalidad establecer las reglas para la preparación, adjudicación, ejecución y extinción de las contrataciones administrativas realizadas por las entidades del Estado. Esto incluye a la Presidencia de la República, ministerios, entes descentralizados, y otros órganos del Estado que ejerzan funciones administrativas.

Ley de acceso a la información pública (Ley 621)

Garantiza la transparencia y el acceso a la información sobre proyectos de inversión pública, contratos, permisos y autorizaciones, permitiendo la fiscalización ciudadana y la rendición de cuentas en la gestión de obras viales.

Normativa de drenaje pluvial, manejo de aguas y obras hidráulicas en vías

El diseño y construcción de la marginal debe incorporar sistemas de drenaje pluvial eficientes, considerando la topografía, el régimen de lluvias y la vulnerabilidad a inundaciones de la zona. Los manuales del MTI establecen los criterios para el

diseño de cunetas, alcantarillas, puentes y obras de protección, así como la frecuencia de diseño para eventos extremos.

Impacto social, reubicación de servicios y afectaciones a la comunidad

Todo proyecto vial debe evaluar el impacto social, incluyendo la identificación de viviendas, comercios y servicios públicos que puedan verse afectados por la obra. Es necesario prever la reubicación de servicios (agua, energía, telecomunicaciones), la compensación a los afectados y la implementación de medidas de mitigación y participación comunitaria.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Realizar el estudio de prefactibilidad de una marginal de 945 m ubicada en el costado noroeste del cauce Las Américas, intersección La Subasta, distrito 6, Managua.

3.2. Objetivos específicos

- Determinar la oferta y demanda del proyecto mediante un diagnóstico de la situación actual que identifique las necesidades de la población objetivo.
- Realizar un estudio técnico mediante un análisis de los recursos tecnológicos, los procesos y la infraestructura necesaria evaluando así la viabilidad del proyecto.
- Comparar las características técnicas de dos alternativas de estructura de pavimento, seleccionando la opción más viable para su implementación en el proyecto.
- Analizar la rentabilidad del proyecto mediante una evaluación socioeconómica utilizando herramientas financieras.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “Estudio de prefactibilidad del proyecto Construcción de 945 m de una marginal ubicada en el costado noroeste del cauce Las Américas, intersección La Subasta, distrito 6 del municipio de Managua” nace como respuesta a la creciente necesidad de mejorar la infraestructura vial en una zona caracterizada por una alta congestión vehicular. En este estudio se propone evaluar la viabilidad de una nueva carretera marginal que no solo facilite el tránsito de vehículos de carga y livianos, sino que también promueva un entorno socioeconómico más dinámico, beneficiando a los residentes y comerciantes de la región.

Este proyecto está diseñado específicamente para abordar las condiciones del área, que presenta un intenso tráfico vehicular. Esta problemática, responde al lineamiento número 9 “Infraestructura Vial y Resiliente” del Plan Nacional de Lucha Contra la Pobreza y el Desarrollo Humano, que propone la construcción y mejora de carreteras y caminos que amplíen y mejoren la interconexión del país. También se relaciona con el lineamiento número 5 de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), el cual aborda “Diseño, Construcción, Urbanismo y Territorio”, dentro de este marco, el enfoque directo del proyecto constituye el área de “Urbanismo y Ordenamiento Territorial”, ya que se busca implementar un sistema de tránsito más ordenado, optimizando el movimiento económico y reduciendo notablemente los embotellamientos que frecuentemente afectan la zona de estudio.

Desde una perspectiva más amplia, se enmarca también en los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), en particular el Objetivo número 9, que promueve la construcción de infraestructuras resilientes y la industrialización sostenible. Con la realización de este estudio de prefactibilidad, se pretende realizar una contribución significativa al desarrollo de una vía que no solo mejore la circulación vehicular, sino que también potencie el crecimiento socioeconómico local, generando un impacto positivo en la calidad de vida de sus habitantes.

La localización del proyecto que abarca la zona del sector La Kativo hacia el sector La Subasta, que cuenta con una población conjunta de 955 habitantes según refiere (Instituto Nacional de Información de Desarrollo, INIDE, 2008), se caracteriza por una densa actividad económica con presencia de establecimientos comerciales y

un alto flujo de transporte. La intersección de La Subasta se establece como un corredor urbano estratégico que conecta zonas residenciales, comerciales e industriales lo que justifica la propuesta de construcción de la calle marginal, como solución a estas necesidades críticas de movilidad.

Desde el punto de vista físico y ambiental, el entorno urbano consolidado en el que se desarrollará la marginal debe ser cuidadosamente analizado. Esto incluye considerar las implicaciones sobre el cauce Las Américas, el cual actúa como un elemento natural esencial para el drenaje pluvial, al tiempo que se deben preservar las condiciones de estabilidad de taludes. La construcción de esta marginal no solo busca mejorar la movilidad y reducir la congestión, sino que también tiene como objetivo fortalecer la dinámica socioeconómica local, sin perder de vista las particularidades del entorno físico y ambiental.

De esta manera, la intervención propuesta se define como un proceso integral que equilibrará el desarrollo de la infraestructura vial con la preservación del entorno natural, buscando beneficiar la calidad de vida de la población de ingresos bajos y medios que habita en la zona y que depende de una conectividad vial adecuada para llevar a cabo sus actividades económicas y sociales.

5. FUNDAMENTOS TÉCNICOS

Según (Baca Urbina, 2013) un proyecto es la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema, la cual tiende a resolver una necesidad humana. En este sentido, un proyecto surge como respuesta a una situación problemática o a una oportunidad de mejora existente en un contexto determinado, ya sea social, económico o productivo. Estos resultan ser temporales lo que implica que tienen un principio y un final definido, todos tratan de cumplir un objetivo y obtener un resultado único para tratar de generar un bien en cualquier ámbito en el que se plantee.

Asimismo, el autor señala que todo proyecto implica la asignación de recursos humanos, técnicos y financieros, los cuales deben ser analizados de manera sistemática con el fin de determinar su viabilidad. Dicha evaluación permite establecer si la propuesta es factible de ejecutarse y si los beneficios esperados justifican los costos incurridos. Por lo tanto, la formulación y evaluación de proyectos constituye una herramienta fundamental para la toma de decisiones racionales, orientadas al uso eficiente de los recursos y al logro de impactos positivos en la sociedad.

5.1. Estudio de prefactibilidad

Es un análisis en la fase inicial de un proyecto. Estos estudios están diseñados para dar información básica que es necesaria antes de la ejecución del mismo; en otras palabras, ofrece una visión general con información importante para el proceso de toma de decisiones.

El principal objetivo de este estudio es evaluar para luego eliminar incertidumbres que puedan surgir en un proyecto, además de indicar si puede llevarse a cabo dicho proyecto de forma técnicamente estable y económicamente viable.

5.2. Diagnóstico de la situación actual.

Este diagnóstico tiene por objetivo realizar una descripción y análisis de los principales aspectos relacionados al problema definido. Para ello, se debe recopilar la información apropiada, de fuentes de origen primario y/o secundario.

El SNIP (Sistema Nacional de Inversión Pública de Nicaragua), establece que este diagnóstico debe ser integral y tiene el fin de conocer la cantidad de grupos involucrados en el proyecto, sus características sociales, económicas, el área de

influencia, las condiciones de la infraestructura vial, entre otros, aplicando un adecuado enfoque sistemático.

5.3. Estudio de mercado (estudio de demanda)

Gabriel Baca Urbina denomina el Estudio de Mercado a la primera parte de la investigación formal del estudio. Consta de la determinación y cuantificación de la demanda y la oferta, el análisis de los precios y el estudio de la comercialización.

El estudio de mercado constituye una de las etapas fundamentales en la formulación y evaluación de proyectos, ya que permite analizar el comportamiento de la oferta y la demanda del bien o servicio que se pretende desarrollar. Según Baca Urbina, su finalidad principal es determinar la aceptación que tendrá el proyecto en el mercado, identificando a los consumidores potenciales, sus características, preferencias y patrones de consumo.

Asimismo, este estudio posibilita establecer variables clave como el tamaño del mercado, el precio, los canales de distribución y la cobertura del proyecto. La información obtenida en el estudio de mercado sirve como base para justificar la existencia de la necesidad que el proyecto busca satisfacer y para sustentar la toma de decisiones en las etapas posteriores de la evaluación.

5.4. Estudio técnico

En el estudio técnico se contemplan los aspectos técnicos operativos necesarios en el uso eficiente de los recursos disponibles para la obtención de un bien o servicio

Según Gabriel Baca Urbina el estudio técnico tiene como objetivo definir la factibilidad técnica del proyecto, es decir, determinar cómo, dónde y con qué recursos se llevará a cabo. De acuerdo con Baca Urbina, en esta etapa se analizan aspectos relacionados con el tamaño del proyecto, la localización, la ingeniería del proyecto y los requerimientos de insumos, mano de obra, equipos y tecnología necesarios para su ejecución.

Este estudio permite seleccionar la alternativa técnica más eficiente, garantizando el uso óptimo de los recursos disponibles. Además, aporta información indispensable para la estimación de los costos de inversión y operación, lo cual influye directamente en la evaluación económica y financiera del proyecto.

5.5. Estudio socioeconómico

Gabriel Baca Urbina define el estudio socioeconómico como la herramienta que evalúa los efectos que la ejecución del proyecto genera sobre la sociedad y la economía en general. Según Baca Urbina, este análisis se orienta a identificar los beneficios y costos sociales del proyecto, considerando variables como la generación de empleo, el mejoramiento de la calidad de vida, el impacto en el desarrollo económico local y regional, y el uso racional de los recursos.

Este tipo de estudio permite valorar el aporte del proyecto al bienestar social, más allá de la rentabilidad financiera. En proyectos de carácter público o social, el estudio socioeconómico resulta esencial para justificar su ejecución, ya que demuestra la conveniencia del proyecto desde una perspectiva de desarrollo y equidad social.

Presenta los principios, conceptos y fundamentos técnicos que orientan el desarrollo del proyecto. Su finalidad es ofrecer una base de referencia clara y aplicada, que sirva de apoyo a las decisiones de diseño, formulación o ejecución. Incluye los conceptos clave vinculados con la naturaleza del proyecto (como sostenibilidad, funcionalidad, habitabilidad, eficiencia, innovación tecnológica u otros según el caso) así como los principios ingenieriles o arquitectónicos que respaldan las soluciones propuestas.

6. METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO DE GRADUACIÓN

6.1. Estudio de demanda

6.1.1. Descripción de la población

La descripción poblacional para este análisis se hará en base a los datos obtenidos del censo nacional del INIDE en 2005 considerando distribución por género, edad, nivel de educación y nivel de pobreza de los hogares que describen la población objetivo de la zona del estudio.

6.1.2. Proyección de la población

Se realiza el cálculo de la población mediante una proyección realizada con el método geométrico y también se proyecta una población a servir en un periodo de 20 años tomando en cuenta la tasa de crecimiento poblacional.

6.1.3. Cálculo de muestra

Se calcula una muestra de la población total calculada, a la cual se le realizará una encuesta para obtener información relevante para el proyecto usando la ecuación de muestra para población finita.

6.2. Estudio técnico

6.2.1. Estimación de tránsito promedio diario anual (TPDA)

Para este análisis, se adoptó la metodología propuesta por el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), la cual se describe a continuación:

Se elige un punto de aforo en el tramo objeto de estudio, con el fin de registrar la cantidad de vehículos que circulan durante tres días de la semana durante un periodo de doce horas diarias.

Los datos del aforo se procesan en Microsoft Excel para calcular el tránsito promedio diario (TPDi).

Se selecciona la estación más cercana geográficamente al tramo, que presente una composición vehicular similar, utilizando los vectores de correspondencia del Anuario de Tráfico del MTI 2022.

Se identifica la estación con mayor cobertura que corresponda a la estación previamente seleccionada.

Finalmente, se calcula el tránsito promedio diario anual (TPDA) teniendo en cuenta los factores de expansión de la estación de mayor cobertura, y se comparan estos datos con los de la estación seleccionada.

6.2.2. Estudio de suelos

Para diseñar el espesor de pavimento del tramo de carretera en estudio se requirió de la evaluación de las características de los materiales que conforman el suelo existente y sus espesores, con el fin de contar con la información básica necesaria para determinar los nuevos espesores a colocar a lo largo de la vía. Estos datos se obtuvieron del estudio geotécnico realizado por la empresa consultora 9 Ingeniería de Materiales, S.A (Nica Solum) contratada por la Alcaldía de Managua para realizar estos estudios.

Con el propósito de obtener información de las características de los materiales que conforman la estructura actual del suelo se procedió a realizar 9 sondeos manuales a cielo abierto distribuidos a lo largo de la vía con una distancia entre sondeos de 100 metros, con dimensiones aproximadas de 25 x 25 x 150 cm de profundidad, de forma alterna al centro y a ambos lados de la línea central (zigzag).

En cada sitio de sondeo primeramente se realizó una clasificación de forma visual y al tacto, de las características del tipo de suelo encontrado de cada estrato. Todas las muestras de suelos obtenidas, previamente clasificadas e identificadas, se trasladaron al laboratorio central del consultor, para ser sometidas a las pruebas y ensayes correspondientes a fin de conocer las propiedades físicas y mecánicas de los suelos existentes del camino del proyecto.

6.2.3. Topografía

Se empleó una metodología sistemática que consistió en varias etapas. En primer lugar, se realizó una revisión bibliográfica y documental del área de estudio para comprender su contexto geográfico y urbano. Posteriormente, se llevó a cabo una inspección preliminar en el sitio, realizada por la Alcaldía de Managua, identificando los puntos de referencia y características del terreno. Se utilizó un equipo de topografía especializado, incluidos teodolitos y estaciones totales, para asegurar la precisión en la recolección de datos. Los levantamientos se efectuaron mediante la

técnica de triangulación, estableciendo puntos de control que facilitaron la obtención de cotas y distancias.

6.2.4. Hidrología

Para el cálculo hidrológico de la zona de estudio se estará utilizando la información obtenida de la Alcaldía de Managua. Debido a que en el área de influencia del proyecto se encuentra ubicado un cauce abierto, se deberán realizar los cálculos hidrológicos adecuados para el diseño de una caja puente que estará ubicada por debajo de la marginal.

6.2.5. Diseño de carpeta de rodamiento

Para el cálculo de los espesores para la estructura de pavimento articulado, se aplicó la metodología recomendada por la AASHTO 93, tomando los siguientes pasos:

En función del periodo de diseño y del valor de ESAL obtenido en el estudio de tránsito, se seleccionaron los parámetros de diseño definidos en el método AASHTO 93.

Se determinaron los coeficientes estructurales de capa utilizando los nomogramas correspondientes del método AASHTO 93.

Posteriormente, se calcularon los números estructurales (SN) con base en dichos nomogramas, y se aplicaron las fórmulas necesarias para obtener los espesores de cada capa de la estructura del pavimento.

6.3. Comparativa de características técnicas de dos alternativas de pavimento

La comparación técnica entre concreto asfáltico y concreto hidráulico MR se realizó considerando los lineamientos de diseño estructural y desempeño establecidos por AASHTO (1993), SIECA (2002) y el Manual Vial del MTI (2008).

6.4. Estudio socioeconómico

Para este estudio se realiza una metodología procedural definiendo primero los costos directos e indirectos de inversión del proyecto (costo de materiales, costo de actividades y costos de administración e impuestos).

Se debe hacer el cálculo del costo de inversión inicial, el cual consiste en la suma de los costos directos e indirectos que se definieron al principio.

Luego se deben definir los costos de mantenimiento para el proyecto durante el período de proyección del proyecto, con esto se puede realizar el cálculo del costo de mantenimiento.

Una vez calculados los costos de inversión inicial y costos de inversión diferida del proyecto, se realiza el cálculo de la Tasa Interna de Retorno Económica (TIRE). Esto se hace mediante la definición del flujo neto efectivo en los períodos de proyección de la obra.

Como siguiente paso se realiza el cálculo del Valor Actual Neto Económico (VANE) utilizando una tasa de descuento para proyectos de carácter social.

También se deberá tomar en cuenta la relación beneficio – costo del proyecto para ambas carpetas de rodamiento.

Luego de realizar los cálculos correspondientes se procede a seleccionar la alternativa más óptima.

7. RESULTADOS

7.1. Estudio de demanda

7.1.1. Descripción de la población

- Distribución poblacional

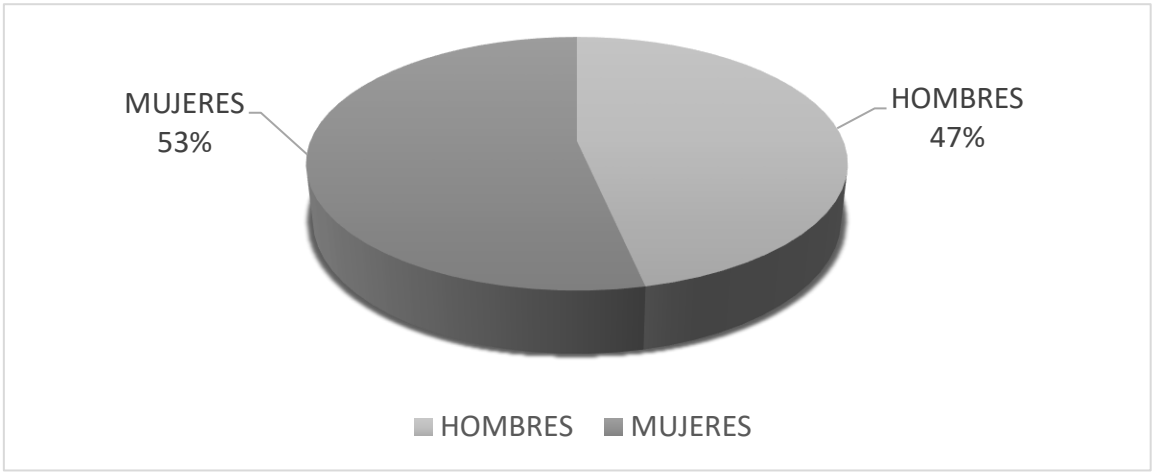
La población directamente beneficiada con la construcción de la calle marginal según los datos reflejados en el censo nacional de INIDE realizado en 2005 asciende a aproximadamente 180 viviendas (hogares), en las cuales habitan 955 personas que serán impactados de manera positiva mejorando su movilidad, accesibilidad y seguridad vial, así como las actividades económicas y sociales que desarrollan en la zona, la tabla 1 muestra un resumen de los datos poblacionales de la zona obtenidos en el censo nacional de INIDE en 2005. Macro y micro localización mostrada en los anexos I y II.

Tabla 1. Población del sector de estudio

Descripción	Ambos sexos	Hombre		Mujer	
		Menor de 15 años	De 15 años y más	Menor de 15 años	De 15 años y más
Sector la Subasta	215	48	57	58	52
Sector la Kativo	740	146	194	168	232
Total	955	194	251	226	284

Fuente: (Instituto Nacional de Información de Desarrollo, INIDE, 2008)

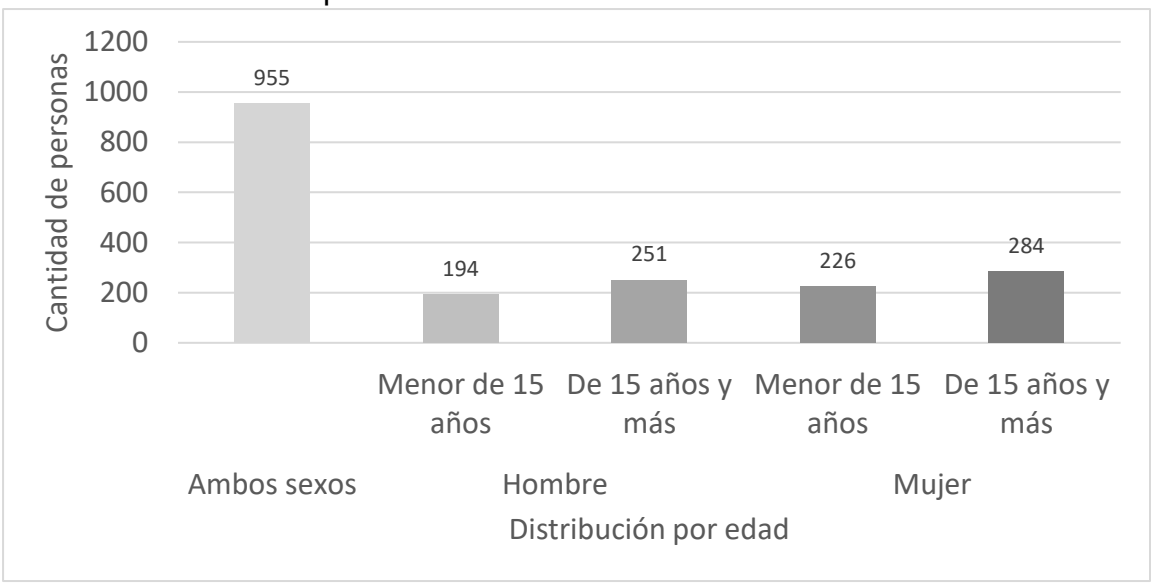
Gráfico 1. Género predominante



Fuente: Elaboración propia

El gráfico 1 refleja la distribución de la población del sector donde el 53 % corresponde a mujeres y el 47 % a hombres. Lo que permite identificar una composición poblacional relativamente equilibrada, con predominio del sexo femenino en el área de estudio.

Gráfico 2. Distribución por edad



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 2 se observa que la mayor parte de la población se concentra en el grupo de 15 años y más contabilizando 535 habitantes de 955, lo que indica una predominancia de población joven y adulta en el área de estudio dando pauta al

requerimiento de una vía funcional que facilite la movilidad diaria de la población en edad productiva, contribuyendo al desarrollo y bienestar de la zona. Las 420 personas restantes son menores de 15 años lo que indica que hay alta cantidad de niños y adolescentes siendo imprescindible incorporar medidas de seguridad peatonal y señalización adecuada.

De la información presentada por INIDE se extrae también el siguiente cuadro a nivel de pobreza presentado en la tabla 2 en el cual se puede observar que la mayor parte de los hogares de la zona son catalogados en pobreza extrema, en el sector la subasta el 100% de los hogares se encuentran en esta situación.

Tabla 2. Nivel de pobreza

Sector	Nivel de pobreza			
	No pobre	Pobre no extremo	Pobre extremo	Total
Sector la Subasta	0	0	100	100
Sector la Kativo	16.1	26.8	57	100

Fuente: (Instituto Nacional de Información de Desarrollo, INIDE, 2008)

- **Actividad económica**

La zona de estudio pertenece al distrito VI de Managua el cual se caracteriza por tener un alto índice de desarrollo industrial, almacenamiento y transporte.

La Industria: representada por el brazo industrial de la carretera norte, constituye una importante fuente de empleo para la población del municipio.

El Comercio: la fuente de trabajo para gran número de la población que se ha volcado al comercio informal como forma de subsistencia. Asimismo, se ubica a lo largo de la carretera norte un sin número de comercio informal.

Servicio: la infraestructura se concentra en el área urbana del distrito, dado que cuenta con los mejores niveles de servicios básicos, en cambio el área rural no cuenta con las condiciones necesarias.

- **Educación**

Considerando que la mayoría de los hogares se encuentran en condición de pobreza extrema, esta distribución refleja una posible relación entre las limitaciones

económicas y el acceso desigual a la educación, particularmente en la población femenina. La situación puede estar asociada a factores como abandono escolar temprano, responsabilidades domésticas o limitaciones de acceso a oportunidades educativas. Según el INIDE el 15.4% de la población es analfabeta y de esta el 52.4% son mujeres.

7.1.2. Proyección de la población

La población a servir durante la vida útil del proyecto se calculará por medio del método geométrico considerando los datos poblacionales registrados en el censo nacional 2005 del INIDE, así también, se tendrán en cuenta parámetros brindados en las guías técnicas para el diseño de alcantarillado sanitario y sistemas de tratamiento de aguas residuales como son el período de diseño y la tasa de crecimiento poblacional mínima y máxima.

Ecuación 1: Método geométrico para cálculo de población

$$P_n = P_O(1 + r)^n$$

Donde:

P_n: Población proyectada en el año n (habitantes)

P_O: Población inicial (habitantes)

n: Años de diseño

r: tasa de crecimiento poblacional

La tasa de crecimiento poblacional se calculará como el promedio de la tasa de crecimiento poblacional proyectada por el INIDE hasta el 2020 mostradas en la tabla 3.

Tabla 3. Taza de crecimiento poblacional municipal

Municipio	Período	Taza de crecimiento %
Managua	2005-2010	1.0
Managua	2010-2015	0.5
Managua	2015-2020	0.3

Fuente: (Instituto Nacional de Información de Desarrollo, INIDE, 2008)

$$r = \frac{1.0 + 0.5 + 0.3}{3} = 0.6\ \%$$

$$P_{2025} = 955(1 + 0.006)^{2025-2005} = 1077\ Habitantes$$

Obteniendo así la cantidad de habitantes proyectada por año mostrada en la tabla 4.

Tabla 4. Proyección de población

AÑO	n	r (%)	POBLACIÓN PROYECTADA
2025	20	0.6	1077
2026	1	2.5	1104
2027	2	2.5	1132
2028	3	2.5	1160
2029	4	2.5	1189
2030	5	2.5	1219
2031	6	2.5	1249
2032	7	2.5	1281
2033	8	2.5	1313
2034	9	2.5	1346
2035	10	2.5	1379
2036	11	2.5	1414
2037	12	2.5	1449
2038	13	2.5	1485
2039	14	2.5	1522
2040	15	2.5	1560
2041	16	2.5	1599
2042	17	2.5	1639
2043	18	2.5	1680
2044	19	2.5	1722
2045	20	2.5	1765

Fuente: Elaboración propia

7.1.3. Cálculo de muestra

Para poblaciones finitas se realiza la siguiente operación

Ecuación 2: Muestra para población finita

$$\mathrm{n} = \frac{\mathrm{N} * \mathrm{Z}^2 * \mathrm{p} * (1 - \mathrm{p})}{\mathrm{d}^2 * (\mathrm{N} - 1) + \mathrm{Z}^2 * \mathrm{p} * (1 - \mathrm{p})}$$

Donde:

n: tamaño de la muestra

N: población total

Z: según nivel de confianza (1.96 para 95%)

p: proporción estimada del atributo a estudiar (0.5 para máxima variabilidad)

d: error muestral aceptable (0.05 o 5%)

$$n = \frac{1077 * (1.96)^2 * 0.5 * (1 - 0.5)}{(0.05)^2 * (1077 - 1) + (1.96)^2 * 0.5 * (1 - 0.5)} = 283.4 = 284\ personas$$

Una vez se calcula la población objetivo, la cual es de 284 personas entre las zonas del sector La Kativo y sector La Subasta, se aplicará un instrumento de recolección de datos: Encuesta cerrada, con el fin de recopilar información importante para el estudio que se está llevando a cabo. El instrumento de recolección de datos se muestra en el anexo III.

7.1.4. Resultados de la encuesta

El presente análisis corresponde a los resultados obtenidos en la encuesta aplicada en el sector de estudio, con el objetivo de evaluar la percepción ciudadana respecto a la construcción de una vía marginal. Los datos se interpretan siguiendo criterios de análisis sociodemográfico, económico y de movilidad, con referencias normativas (SNIP, MTI, SIECA) para sustentar la pertinencia del proyecto.

- **Perfil sociodemográfico**

Género: podemos observar en la tabla 5 que el género predominante es el masculino con 166 habitantes (58.45%) frente al femenino con 118 habitantes (41.55%).

Tabla 5. Género predominante según resultado de encuesta

Genero	Cantidad	Porcentaje
Femenino	118	41.55
Masculino	166	58.45
Total general	284	100.00

Fuente: Elaboración propia

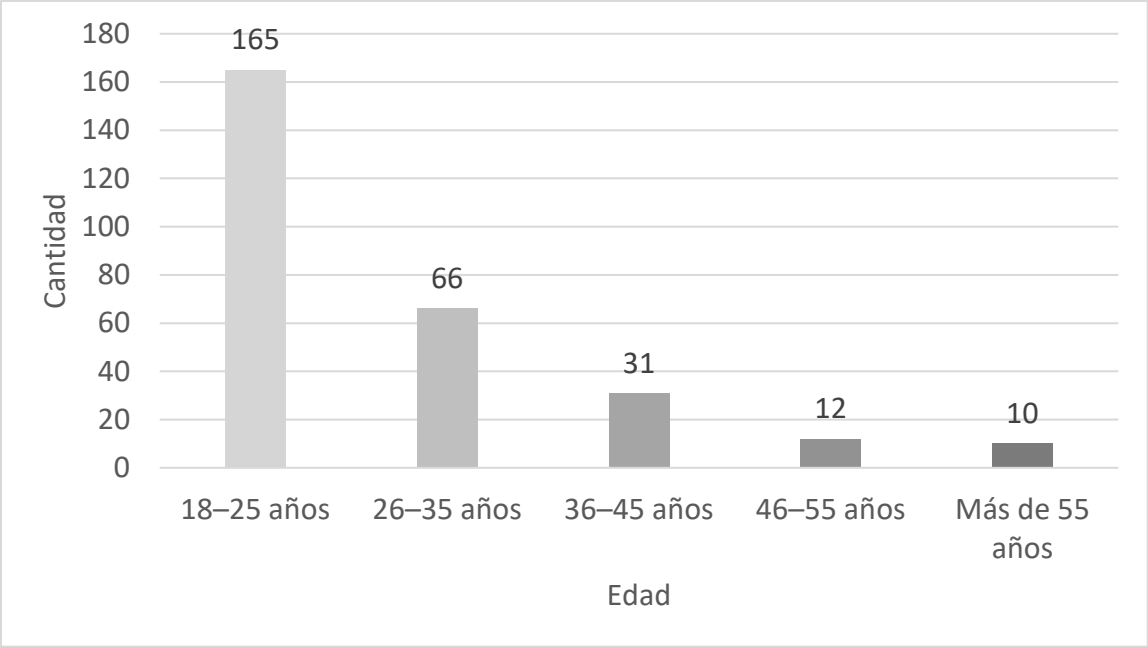
Edad: La encuesta aplicada a 284 personas en el área de interés muestra un perfil mayoritariamente joven, con 58.10% entre 18–25 años y 23.24% entre 26–35 años como se observa en la tabla 6.

Tabla 6. Distribución de la población por edad según resultado de encuesta

Edad	Cantidad	Porcentaje
18–25 años	165	58.10
26–35 años	66	23.24
36–45 años	31	10.92
46–55 años	12	4.23
Más de 55 años	10	3.52
Total general	284	100.00

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. Distribución poblacional por edad según resultados de encuesta



Fuente: Elaboración propia

El gráfico 3 muestra que la mayor parte de la población encuestada está conformada principalmente por jóvenes en edad productiva, lo que asegura un impacto directo del proyecto en la movilidad laboral y educativa

- **Características del hogar**

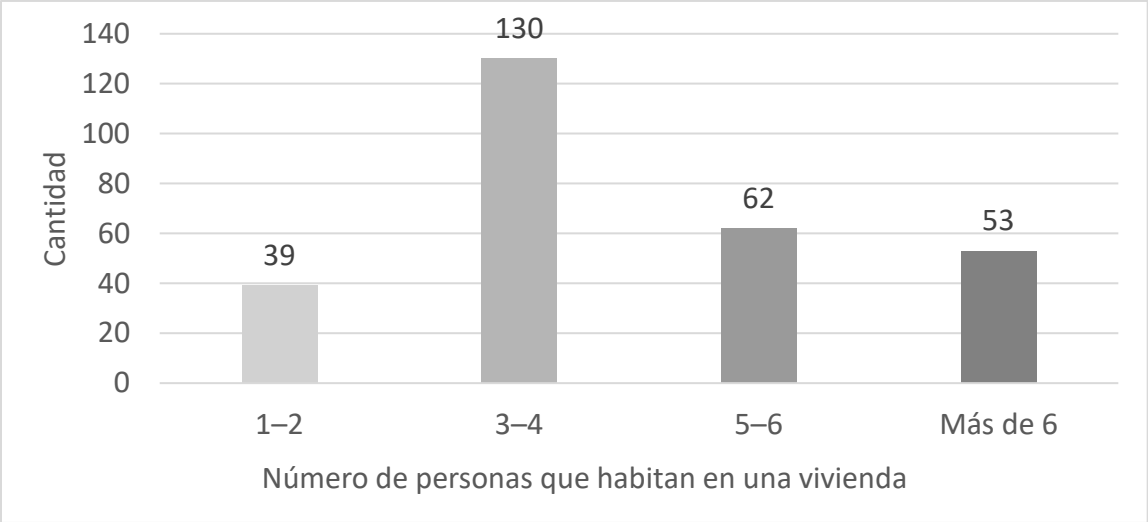
Número de habitantes: La tabla 7 muestra la cantidad de personas que conforman los Hogares obteniendo un porcentaje de 45.77% los hogares que tienen de 3 a 4 personas.

Tabla 7. Distribución de la población por número de habitantes

Número de personas que habitan en la vivienda	Cantidad	Porcentaje
1–2	39	13.73
3–4	130	45.77
5–6	62	21.83
Más de 6	53	18.66
Total general	284	100.00

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4. Distribución de la población por número de habitantes



Fuente: Elaboración propia

El gráfico 4 indica que predominan los hogares de tamaño medio, aunque existe un número significativo de familias numerosas, lo que puede incidir en la demanda de servicios básicos, movilidad y condiciones de infraestructura en el sector.

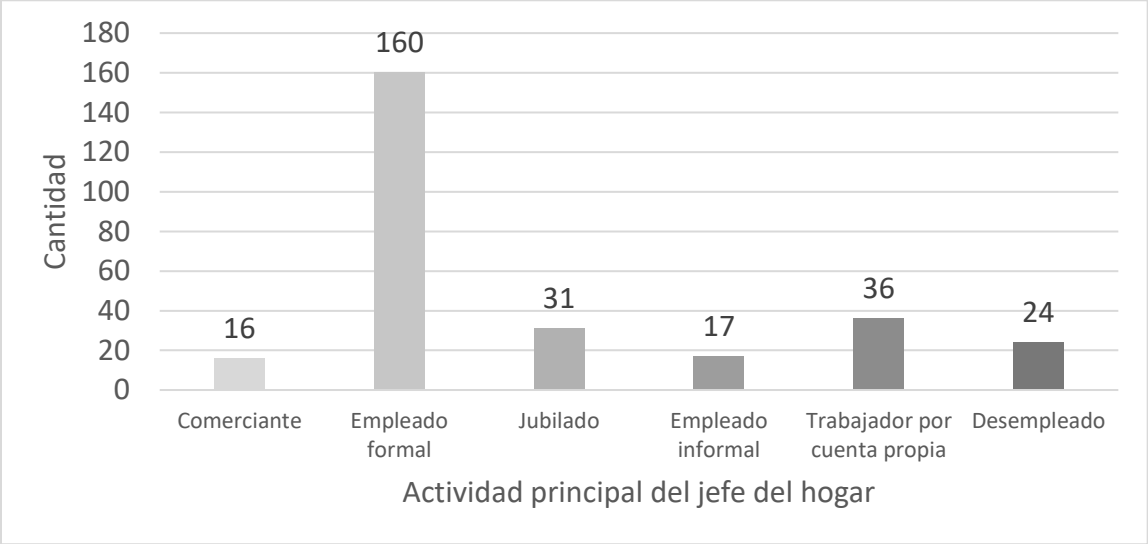
Actividad del jefe de hogar: La tabla 8, muestra la actividad principal que ejercen los pobladores de la zona de la Subasta, obteniendo un resultado de 56.34% empleados formales, 12.68% trabajadores por cuenta propia como primera y segunda actividad económica predominante respectivamente.

Tabla 8. Actividad principal de los pobladores

Actividad principal del jefe(a) de hogar	Cantidad	Porcentaje
Comerciante	16	5.63
Empleado formal	160	56.34
Jubilado	31	10.92
Empleado informal	17	5.99
Trabajador por cuenta propia	36	12.68
Desempleado	24	8.45
Total general	284	100.00

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5. Distribución de la población por Actividad del jefe del Hogar



Fuente: Elaboración propia

El gráfico 5 muestra que, aunque predomina el empleo formal, existe un sector importante vinculado al trabajo independiente e informal, así como una parte de la población en condición de desempleo. Esta estructura ocupacional puede influir en la capacidad económica de los hogares y en la demanda de infraestructura que facilite el acceso a centros de trabajo y actividades comerciales

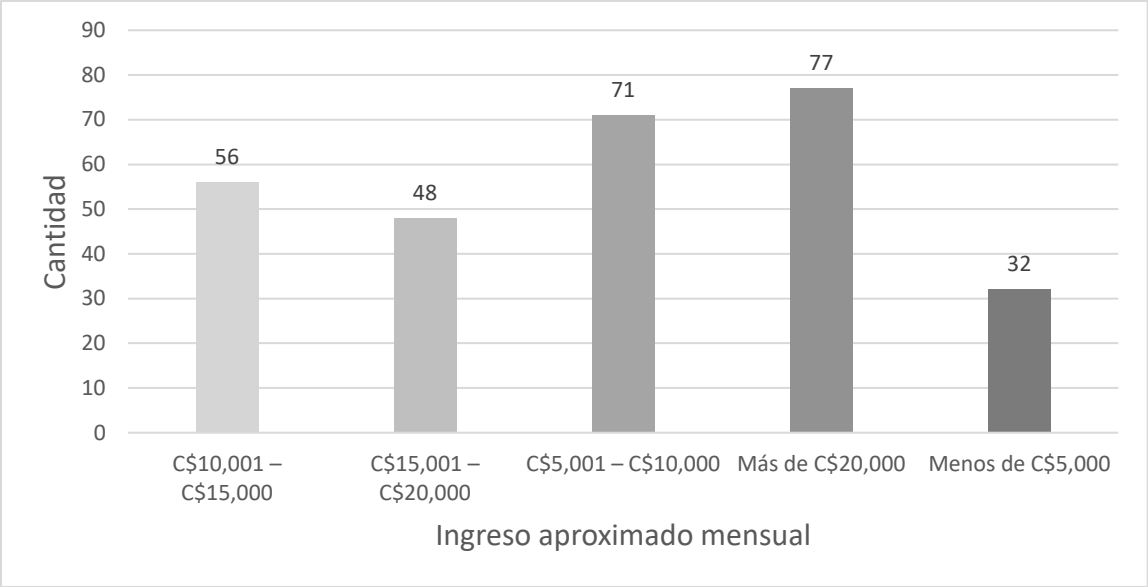
Ingreso mensual: La Tabla 9 muestra el Ingreso mensual de la población aledaña al proyecto, obteniendo que un 27.11% perciben más de 20,000 córdobas, mientras que el resto se distribuye en rangos medios.

Tabla 9. Ingreso mensual de la población

Ingreso mensual aproximado del hogar	Cantidad	Porcentaje
C$10,001 – C$15,000	56	19.72
C$15,001 – C$20,000	48	16.90
C$5,001 – C$10,000	71	25.00
Más de C$20,000	77	27.11
Menos de C$5,000	32	11.27
Total general	284	100.00

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6. Distribución de la población por ingreso mensual



Fuente: Elaboración propia

Los datos del gráfico 6 muestran una distribución heterogénea de ingresos en el sector, con una concentración importante en rangos medios, pero también con presencia de hogares en niveles económicos bajos, lo que puede influir en la capacidad de acceso a servicios y en las condiciones de bienestar de la población beneficiada.

Principal fuente de ingreso: En la Tabla 10 se observa que la principal fuente de Ingreso es el salario con (58.10%), seguido de comercio (11.97%)

Tabla 10. Principal fuente de ingreso

Principal fuente de ingreso del hogar	Cantidad	Porcentaje
Comercio	34	11.97
Comercio, Pensiones	2	0.70
No trabajo	4	1.41
Pensiones	15	5.28
Remesas	18	6.34
Remesas, Pensiones	2	0.70
Salario	165	58.10

Principal fuente de ingreso del hogar	Cantidad	Porcentaje
Salario, Comercio	16	5.63
Salario, Comercio, Pensiones	2	0.70
Salario, Pensiones	8	2.82
Salario, Remesas	8	2.82
Salario, Remesas, Pensiones	4	1.41
Trabajos momentáneos	6	2.11
Total general	284	100.00

Fuente: Elaboración propia

La estabilidad laboral y la diversidad de ingresos reflejan un sector con capacidad de inversión y consumo, lo que fortalece la justificación económica del proyecto.

- **Actividad económica en La Subasta**

La tabla 11 muestra el tipo de actividad que se realiza en el sector de estudio, obteniendo como resultado que el 55.28% realiza actividades económicas que no especificaron, seguido de actividades como comercio formal (17.61%) y transporte (14.44%).

Tabla 11. Principales actividades económicas de la zona

Actividad económica	Cantidad	Porcentaje
Comercio formal	50	17.61
Comercio informal	18	6.34
Paso frecuente soy camionero	2	0.70
Servicios	16	5.63
Transporte	41	14.44
Otros	157	55.28
Total general	284	100.00

Fuente: Elaboración propia

- **Impacto de afectación de la infraestructura vial**

La tabla 12, muestra que el 58.10% de la población será afectada con su actividad económica durante el proceso de construcción de la marginal.

Tabla 12. Consideraciones sobre el impacto en la estructura vial

¿Considera que la infraestructura vial actual afecta su actividad económica?	Cantidad	Porcentaje
A veces	57	20.07
No	62	21.83
Sí	165	58.10
Total general	284	100.00

Fuente: Elaboración propia

Aunque no todos trabajan en el sector, la infraestructura vial incide directamente en la economía local y regional, validando la necesidad de intervención.

- **Movilidad y transporte**

Medio de transporte: La tabla 13 indica que el medio más utilizado por la población es el Transporte público (42.61%), seguido de la Motocicleta (20.07%), y el Vehículo Particular (20.07%).

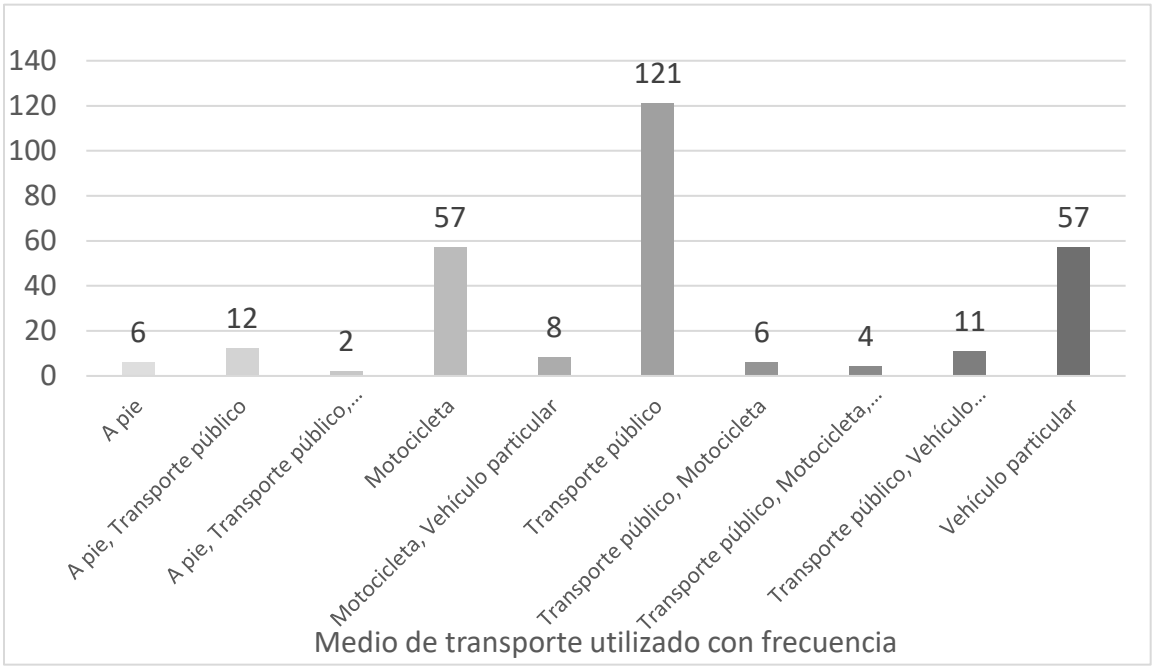
Tabla 13. Medio de transporte utilizado por la población

Medio de transporte utilizado con mayor frecuencia	Cantidad	Porcentaje
A pie	6	2.11
A pie, Transporte público	12	4.23
A pie, Transporte público, Motocicleta	2	0.70
Motocicleta	57	20.07
Motocicleta, Vehículo particular	8	2.82
Transporte público	121	42.61
Transporte público, Motocicleta	6	2.11
Transporte público, Motocicleta, Vehículo particular	4	1.41

Medio de transporte utilizado con mayor frecuencia	Cantidad	Porcentaje
Transporte público, Vehículo particular	11	3.87
Vehículo particular	57	20.07
Total general	284	100.00

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7. Medio de transporte más utilizado



Fuente: Elaboración propia

Los datos presentados en el gráfico 7 evidencian una alta dependencia del transporte colectivo y de medios motorizados individuales, lo que resalta la necesidad de contar con una infraestructura vial adecuada que garantice seguridad, accesibilidad y fluidez en la movilidad del sector.

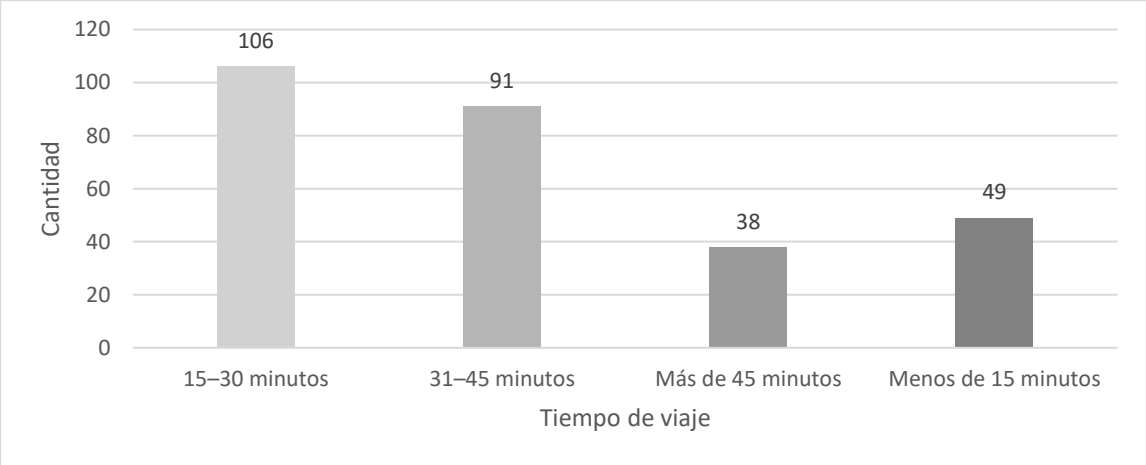
Tiempo de desplazamiento: según los resultados en la Tabla 14 el 37.32% de la población se desplaza en el sector de la subasta entre 15–30 minutos, mientras el 32.04% tarda de 31-45 minutos siendo estos tiempos los que obtuvieron los mayores porcentajes

Tabla 14. Tiempo de duración de viaje por el sector

Tiempo promedio de desplazamiento diario en el sector	Cantidad	Porcentaje
15–30 minutos	106	37.32
31–45 minutos	91	32.04
Más de 45 minutos	38	13.38
Menos de 15 minutos	49	17.25
Total general	284	100.00

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 8. Tiempo de desplazamiento por el sector



Fuente: Elaboración propia

El gráfico 8 muestra que una parte considerable de la población invierte entre 15 y 45 minutos en sus traslados diarios, los tiempos de traslado prolongados evidencian congestión y falta de alternativas viales.

Problemas viales identificados. En la Tabla 15 observamos los principales problemas viales que se identifican en la zona, siendo el mayor problema el congestionamiento. este es agravado por la falta de vías alternas y el mal estado de las calles.

- Congestionamiento (25.70%).
- Congestionamiento, Falta de vías alternas, Mal estado de las calles (10.92%).

- Congestionamiento, Mal estado de las calles (8.45%).
- Falta de vías alternas (7.75%).

Tabla 15. Problemas viales identificados

Principales problemas viales identificados en la zona	Cantidad	Porcentaje
Congestionamiento	73	25.70
Congestionamiento, Falta de vías alternas	19	6.69
Congestionamiento, Falta de vías alternas, Falta de señalización	2	0.70
Congestionamiento, Falta de vías alternas, Inundaciones	4	1.41
Congestionamiento, Falta de vías alternas, Mal estado de las calles	31	10.92
Congestionamiento, Falta de vías alternas, Mal estado de las calles, Falta de señalización	2	0.70
Congestionamiento, Falta de vías alternas, Mal estado de las calles, Riesgo de accidentes	6	2.11
Congestionamiento, Falta de vías alternas, Mal estado de las calles, Riesgo de accidentes, Inundaciones	6	2.11
Congestionamiento, Falta de vías alternas, Mal estado de las calles, Riesgo de accidentes, Inundaciones, Falta de señalización	14	4.93
Congestionamiento, Falta de vías alternas, Riesgo de accidentes	11	3.87
Congestionamiento, Falta de vías alternas, Riesgo de accidentes, Falta de señalización	8	2.82
Congestionamiento, Mal estado de las calles	24	8.45
Congestionamiento, Mal estado de las calles, Falta de señalización	6	2.11

Principales problemas viales identificados en la zona	Cantidad	Porcentaje
Congestionamiento, Mal estado de las calles, Inundaciones, Falta de señalización	6	2.11
Congestionamiento, Mal estado de las calles, Riesgo de accidentes	8	2.82
Congestionamiento, Riesgo de accidentes	6	2.11
Congestionamiento, Riesgo de accidentes, Inundaciones	4	1.41
Falta de señalización	3	1.06
Falta de vías alternas	22	7.75
Falta de vías alternas, Mal estado de las calles	2	0.70
Falta de vías alternas, Mal estado de las calles, Falta de señalización	2	0.70
Falta de vías alternas, Riesgo de accidentes	2	0.70
Mal estado de las calles	19	6.69
Mal estado de las calles, Falta de señalización	2	0.70
Riesgo de accidentes	2	0.70
Total general	284	100.00

Fuente: Elaboración propia

Percepción sobre la vía marginal. En la tabla 16 observamos que existe conocimiento sobre lo que es una calle marginal, así mismo en la tabla 17, el 56.69% de la población afirma que es muy necesaria la construcción de una calle marginal en el sector de la subasta, para que se pueda diluir el tráfico, sobre todo en hora pico. también el 77.6% considera que el proyecto mejorará su calidad de vida. (Tabla 18)

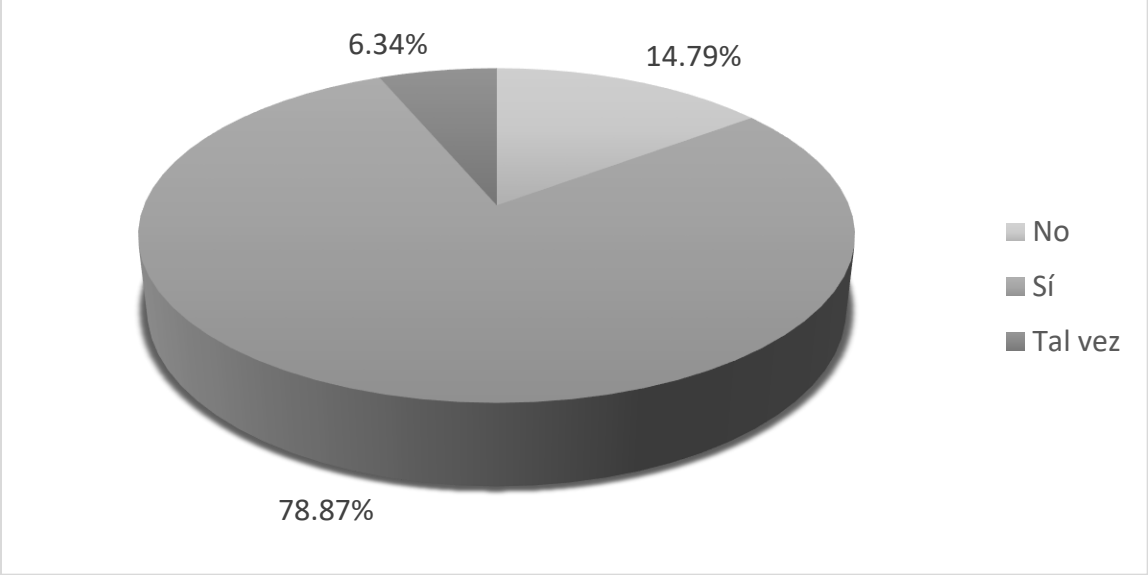
- **Conocimiento:** 78.87% sabe qué es una vía marginal.
- **Necesidad:** 56.69% considera que es necesaria o muy necesaria.
- **Impacto esperado:** 78.52% cree que mejorará su calidad de vida.

Tabla 16. Percepción de la población sobre la vía marginal

¿Tiene conocimiento sobre lo que es una vía marginal?	Cantidad	Porcentaje
No	42	14.79
Sí	224	78.87
Tal vez	18	6.34
Total general	284	100.00

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 9. Conocimiento poblacional sobre calle marginal



Fuente: Elaboración propia

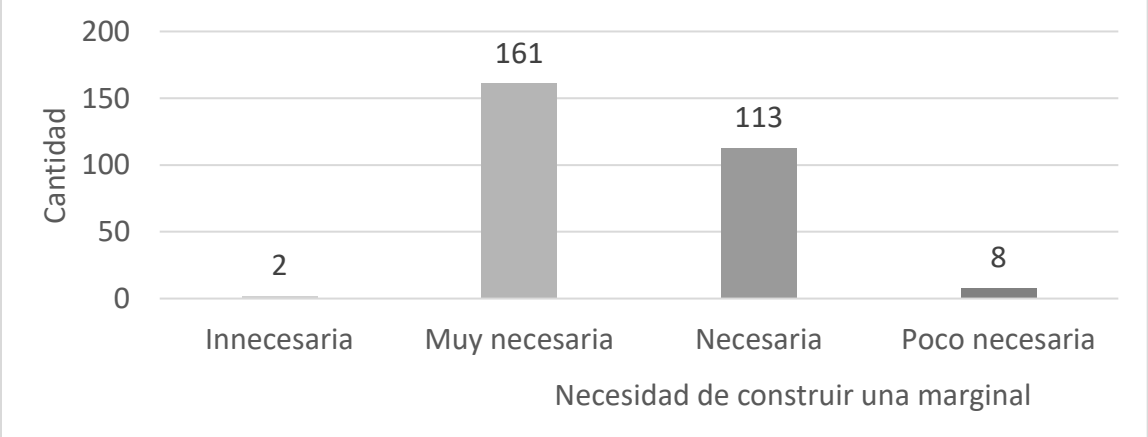
El gráfico 9 muestra que existe un alto nivel de familiaridad con el tipo de infraestructura propuesta, lo que puede facilitar la aceptación y comprensión del proyecto en el sector. No obstante, el porcentaje que desconoce o no está seguro evidencia la necesidad de fortalecer los procesos de información y socialización comunitaria.

Tabla 17. Consideración poblacional sobre la necesidad de la construcción de la marginal

¿Considera necesaria la construcción de una vía marginal?	Cantidad	Porcentaje
Innecesaria	2	0.70
Muy necesaria	161	56.69
Necesaria	113	39.79
Poco necesaria	8	2.82
Total general	284	100.00

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10. Necesidad de construir una vía marginal según resultados de encuesta



Fuente: Elaboración propia

El gráfico 10 muestra los resultados de aceptación del proyecto evidenciando un amplio respaldo comunitario, lo que demuestra que la intervención responde a una demanda real del sector y refuerza su pertinencia desde el punto de vista social y funcional.

Tabla 18. Consideraciones entre la calidad de vida y la construcción de la vía marginal

¿Cree usted que el proyecto mejorará su calidad de vida?	Cantidad	Porcentaje
No	4	1.41
Sí	223	78.52
Tal vez	57	20.07
Total general	284	100.00

Fuente: Elaboración propia

Beneficios esperados: La Tabla 19, nos muestra que los beneficios que la población espera con esta marginal es la Mejora del tráfico, Reducción de accidentes, Mayor seguridad vial (59.86%) y mejora del tráfico (29.58%).

Tabla 19. Beneficios esperados

Principales beneficios que espera del proyecto	Cantidad	Porcentaje
Aumento de actividades comerciales	4	1.41
Mayor seguridad vial	11	3.87
Mejor acceso a servicios	8	2.82
Mejora del tráfico	84	29.58
Mejora del tráfico, Reducción de accidentes, Mayor seguridad vial	170	59.86
Reducción de accidentes	7	2.46
Total general	284	100.00

Fuente: Elaboración propia

Posibles impactos negativos: La Tabla 20, nos muestra que los impactos negativos son percibidos como temporales y manejables, lo que refuerza la aceptación social del proyecto.

- Ruido, Polvo (32.75 %).

- Ruido, Polvo, Afectación a comercios (16.90%).
- Polvo (14.44%).
- Ruido (13.38%).
- Afectación a comercios (10.92%)

Tabla 20. Posibles impactos negativos

Posibles impactos negativos percibidos	Cantidad	Porcentaje
Afectación a comercios	31	10.92
Afectaciones temporales al tránsito.	2	0.70
Polvo	41	14.44
Polvo, Afectación a comercios	16	5.63
Puestos ambulantes	3	1.06
Ruido	38	13.38
Ruido, Afectación a comercios	10	3.52
Ruido, Polvo	93	32.75
Ruido, Polvo, Afectación a comercios	48	16.90
Ruido, Polvo, Embotellamientos debido a los desvíos	2	0.70
Total general	284	100.00

Fuente: (Instituto Nacional de Información de Desarrollo, INIDE, 2008)

7.2. Estudio técnico

7.2.1. Estudio de tránsito

- **Aforo vehicular**

Se realizó un conteo vehicular en ambas direcciones durante 12 horas, comprendido en el periodo de las 6 am a 6 pm desde el día lunes 1 de diciembre hasta el domingo 7 de diciembre de 2025, con el objetivo de determinar el tráfico promedio diario semanal, el tráfico promedio diario anual, tipo de vehículo. (Ver anexo IV - X)

El resumen del conteo se muestra en la tabla 21.

Tabla 21. Aforo vehicular

Fecha	Moto	Vehículos livianos							Vehículos pesados			Total
		Auto	Jeep	Pick up	Microbú	Minibús	Bus	CL	C2	C3	T3-S2	
Lunes	846	255	25	161	21	20	44	89	34	6	18	1519
Martes	816	241	19	175	26	14	40	84	30	4	12	1461
Miércoles	812	213	18	155	20	20	44	75	24	8	20	1409
Jueves	832	208	12	123	26	5	32	78	30	6	24	1376
Viernes	790	325	15	138	13	21	4	91	22	12	16	1447
Sábado	958	224	21	182	21	26	56	64	20	6	24	1602
Domingo	915	212	16	221	29	34	40	56	24	10	22	1579
Total	5969	1678	126	1155	156	140	260	537	184	52	136	10393
TPDi	854	240	18	166	24	20	38	78	28	8	20	1486
Distribución	57.43 %	16.15 %	1.21 %	11.11 %	1.50 %	1.35 %	2.50 %	5.17 %	1.77 %	0.50 %	1.31 %	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Según el levantamiento realizado se puede apreciar que el vehículo liviano con más volumen es el automóvil con un porcentaje de 16.15%, también se puede observar que el vehículo pesado con mayor presencia es el T3-S2 con un 1.31%.

- **Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)**

Para llevar a cabo un diseño adecuado, es fundamental realizar un conteo vehicular de 24 horas, incluyendo el tráfico durante la noche. El Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) cuenta con estaciones permanentes de registro de volúmenes de tránsito en diferentes lugares del país, lo cual ofrece factores de ajuste que permiten extender nuestros conteos a 24 horas, así como una semana, y un factor de expansión para calcular el tránsito promedio diario anual (TPDA).

En este caso, solo se utilizarán los factores correspondientes a 24 horas y el factor de expansión para el tercer cuatrimestre del año. La estación de conteo más

cercana al proyecto es la estación de corta duración (ECD) 137 El Dancing - La Subasta, la cual depende de la estación de mayor cobertura (EMC) 200 Entrada al INCAE – El Crucero y sus factores de ajuste se muestran en la tabla 22.

Tabla 22. Factores de ajuste de TPDA

Descripción	Moto	Auto	Jeep	Pick up	Microbús	Minibús	Bus	CL	C2	C3	T3-s2
Factor Día	1.36	1.37	1.37	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.33	1.37	1.5
Factor expansión	1	0.97	0.97	1	1	1	1	1	0.96	0.99	1.03

Fuente: (Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), 2022)

Una vez definidos los factores de ajuste se procederá a calcular el TPDA por tipo de vehículo según muestra la tabla 23:

Tabla 23

Factores de ajuste de TPDA

Grupos	Moto	Vehículos livianos							Vehículos pesados			Total
		Auto	Jeep	Pick up	Microbús	Minibús	Bus	CL	C2	C3	T3-S2	
TPDi	854	240	18	166	24	20	38	78	28	8	20	1494
Factor día	1.36	1.37	1.37	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.33	1.37	1.5	-
Factor expansión	1	0.97	0.97	1	1	1	1	1	0.96	0.99	1.03	-
TPDA	1162	320	24	216	32	26	50	102	36	12	32	2012
Distribución	57.75 %	15.90 %	1.19 %	10.74 %	1.59 %	1.29 %	2.49 %	5.07 %	1.79 %	0.60 %	1.59 %	100.00%

Fuente: Elaboración propia

- **Crecimiento normal del tránsito:**

El método más conocido en nuestro medio es la estimación del tránsito por medio o en base a la tasa de crecimiento anual de los indicadores nacionales o de cómo el tránsito se ha comportado históricamente en una región del país. Los indicadores comúnmente usados son: PIB (Producto Interno Bruto), tasa de crecimiento poblacional y el historial del tránsito en la zona según datos del MTI.

Producto Interno Bruto (PIB):

Se realizó un análisis del comportamiento del producto interno bruto del año 2022 hasta el año 2024 (por ser los valores disponibles), siendo sus respectivas de crecimiento del 3.6% para el año 2022, 4.4% para el 2023 y 3,6% el año 2024, lo que reflejó una tasa de crecimiento promedio del 3.87%, según el nuevo sistema de cuentas nacionales. (BCN, 2025)

Tasa de crecimiento vehicular:

Ecuación 3: Proyección de tráfico

$$\mathrm{TC} = \left(\left(\frac{\mathrm{TPDA_i}}{\mathrm{TPDA_0}}\right)^{1/\mathrm{n}}\right) - 1$$

Donde:

TC =Tasa de crecimiento

$TPDA_i$= Tráfico promedio diario actual

$TPDA_0$= Tráfico promedio diario actual del año base

n = La diferencia de años

Del Anuario de Aforos de Tránsito 2016 tenemos los datos del TPDA de los años 1999 hasta 2016, y de Anuario de Aforos de Tránsito 2022 tenemos los datos del TPDA de los años 2022 y 2023, en base a estos obtendremos la tasa de crecimiento mostrada en la tabla 24.

Tabla 24. Tasa de crecimiento vehicular

Año	TPDA	TC%
1999	34727	-
2001	47479	16.93%
2002	37402	-21.22%
2004	37877	0.63%
2006	42861	6.38%
2008	46508	4.17%
2009	50183	7.90%
2012	43822	-4.42%
2015	59131	10.50%

Año	TPDA	TC%
2016	62360	5.46%
2022	66096	0.97%
2023	69182	4.67%
Promedio	49804	2.91%

Fuente: (Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), 2022)

Tasa de crecimiento poblacional:

Como ya se realizó el debido análisis para la proyección de población, se sabe que la tasa de crecimiento usada es del 2.5%.

En resumen, se realizó un análisis de los indicadores de crecimiento que sirven para estimar el tránsito promedio, analizando los datos de los últimos años; se determinó la tasa de crecimiento de cada uno, las que se detallan en la tabla 25.

Tabla 25. Indicadores de aumento de tráfico

Indicador	TC%
Producto Interno Bruto (PIB)	3.87%
Crecimiento poblacional	2.50%
TPDA	2.91%
Promedio	3.09%

Fuente: Elaboración Propia

Proyección de tránsito:

La clasificación funcional de las carreteras, admite el establecimiento de doce tipos básicos de carreteras entre rurales y urbanas, con límites en lo que respecta a volúmenes de tránsito para diseño como lo muestra la tabla 26.

Tabla 26. Clasificación funcional de las carreteras

Función	Clase	Nomenclatura	TPD	N° 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: (SIECA, Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras , 2011)

Teniendo en cuenta esto, el de estudio se clasifica como una colectora menor urbana, ya que el TPDA es de 2,012 vehículos.

Según el Manual Centroamericano para Diseño de Pavimento (SIECA 2002) el período de diseño para una carretera está definido según su tipo (se muestra en la tabla 27), en este caso, al tener una colectora menor urbana se tendrá un período de diseño de 10 a 20 años, optando por escoger un período de diseño de 20 años.

Tabla 27. Período de diseño según tipo de carretera

Tipo de carretera	Período de diseño
Autopista regional	20 - 40 años
Troncal suburbana	15 - 30 años
Troncal rural	
Colectora suburbana	10 - 20 años
Colectora rural	

Fuente: (SIECA, Manual Centroamericano para Diseño de Pavimento, 2002)

Factor de crecimiento:

Se determinó el factor de crecimiento acorde a la tasa de crecimiento vehicular

Ecuación 4: Factor de crecimiento

$$\mathrm{FC} = \frac{(1+\mathrm{TC})^{\mathrm{n}} - 1}{\mathrm{TC}}$$

Donde:

FC = Factor de crecimiento

TC= Tasa de crecimiento

n = Periodo de diseño

$$FC = \frac{(1+3.09\%)^{20} - 1}{3.09\%} = 27.12$$

Resultando un factor de crecimiento de 27.12.

Factor de distribución por dirección:

Se selecciona el factor de distribución por dirección acorde al número de carriles que tendrá el tramo, en este caso serán dos, pero al ser una calle marginal en un solo sentido, ambos carriles ocupan el 50% de la calle, por lo cual se obtiene un factor de 1.

Factor de distribución por carril:

Se selecciona un factor de distribución por carril de 1, para 2 carriles en una sola dirección. Esto según la tabla 28.

Tabla 28. Factor de Distribución por carril

N° de carriles en una sola dirección	LD
1	1
2	0.8 – 1
3	0.6 – 0.8
4	0.5 – 0.75

Fuente: (SIECA, Manual Centroamericano para Diseño de Pavimento, 2002)

Ya con los factores definidos se obtienen los resultados presentados en la tabla 29.

Tabla 29. Factor de Distribución por carril

Grupos	Moto	Vehículos livianos							Vehículos pesados			Total
		Auto	Jeep	Pick up	Microbú	Minibús	Bus	CL	C2	C3	T3-S2	
TPDi	1162	320	24	216	32	26	50	102	36	12	32	2012
Factor de crecimiento	27.12	27.12	27.12	27.12	27.12	27.12	27.12	27.12	27.12	27.12	27.12	
Factor dirección	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Factor carril	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Tránsito de diseño	31513	8678	651	5858	868	705	1356	2766	976	325	868	54565

Fuente: (SIECA, Manual Centroamericano para Diseño de Pavimento, 2002)

ESAL´s de diseño:

Primero se determinaron los factores de equivalencia a partir de estudios de prueba realizados por la AASHTO, los cuales se sometieron distintas muestras de

pavimento a diversas configuraciones tanto de ejes como de carga para analizas el daño estructural que se le ocasiona.

En estos estudios, la AASHTO muestra pesos de ejes que van desde 2kip hasta los 50kip definidos en valores pares dentro del este rango. Para calcular el factor (FESAL), es importante tomar en cuenta el peso por eje de cada tipo de vehículo. De acuerdo con el capítulo tres del Manual Centroamericano Para Diseño de Pavimentos de la SIECA, para calcular los ESAL´s aplicados a una estructura de pavimento, es necesario asumir un número (SN) acorde a las cargas.

En la mayoría de casos, como una aproximación se adopta un valor de SN=3,0. Asimismo, se debe de considerar un índice de serviciabilidad final que sea adecuado, este definido según los programas de mantenimiento que requiere cada tipo de carretera, por lo que cada factor de equivalencia varía según el tipo de eje. (sencillo, doble). Dado que el tramo estudiado es una carretera colectora menor urbana por lo que posee un tránsito menor, se asumió un valor de serviciabilidad de 2 y un SN igual a 3.

Como no todos los pesos están incluidos en la AASTHO, se debe utilizar la siguiente ecuación para interpolar los valores conocidos y saber el valor del factor según el peso del eje del vehículo que se quiere conocer:

Ecuación 5: Factor de equivalencia (FESAL)

$$Y = \frac{(X - X_1)Y_2 + (X_2 - X)Y_1}{(X_2 - X_1)}$$

Dando como resultado los valores que se muestran en la tabla 30.

Tabla 30. ESAL´s de diseño

Vehículos	TD	Peso por eje (KIP)	FESAL	ESAL de diseño	TOTAL ESAL
Auto	320	2.2	0.00038	0.1216	0.2432
		2.2	0.00038	0.1216	
Jeep	24	2.2	0.00038	0.00912	0.01824
		2.2	0.00038	0.00912	
Pick up	216	2.2	0.00038	0.08208	0.90288
		4.4	0.0038	0.8208	
Microbús	32	4.4	0.0038	0.1216	1.9648
		8.8	0.0576	1.8432	
Minibús	26	8.8	0.0576	1.4976	25.4852
		17.6	0.9226	23.9876	
Bus	50	11	0.1395	6.975	124.475
		22	2.35	117.5	
CL	102	4.4	0.0038	0.3876	6.2628
		8.8	0.0576	5.8752	
C2	36	11	0.1395	5.022	89.622
		22	2.35	84.6	
C3	12	11	0.1395	1.674	18.864
		36.3	1.4325	17.19	
T3-S2	32	11	0.1395	4.464	92.8736
		35.3	1.3814	44.2048	
		35.3	1.3814	44.2048	
				TOTAL	360.71172

Fuente: Elaboración propia

7.2.2. Estudio de suelos

Basados en los resultados de las investigaciones de campo y los resultados de laboratorio, se describe a continuación la estratigrafía y resistencia del subsuelo, de cada uno de los Sondeos Manuales realizados en el área del proyecto, se iniciará con el sondeo manual número 8.

- **Sondeos Manuales**

Sondeo SM-8:

El subsuelo en el Sondeo SM-8 se investigó hasta una profundidad de 1.50 m a partir de la superficie del terreno natural, el subsuelo en este sitio está constituido por los estratos descritos a continuación:

De 0.00 m a 0.70 m de profundidad: Se encuentra una capa de arena arcillosa limosa ligeramente gravosa (SC-SM) clasificada como A-1-b, con un índice de grupo igual a cero (0). Esta capa presenta un valor soporte promedio de 5. El agregado que pasa el tamiz Nº 4 corresponde al 67% y el 20% pasa por el tamiz Nº 200, su límite líquido corresponde a un 28 %, con un índice de plasticidad de 6%, predominando la presencia de grava con un 33% de la muestra.

De 0.070 m a 1.50 m de profundidad: Se encuentra una capa de arena limosa con poca grava (SM), clasificada como A-2-4, con un índice de grupo igual a cero (0). Esta capa presenta un valor soporte promedio de 3, el porcentaje que pasa el tamiz Nº 4 es del 84% y el porcentaje de finos que pasa la malla Nº 200 es de 34%, porcentaje de humedad equivalente a 31.60%, su límite liquido de 35%, un índice plástico igual a 8 clasificado por la ASTM D-423 y 424, predominando la muestra el limo con un 34%

Sondeo SM-9

El subsuelo en el Sondeo SM-9 se investigó hasta una profundidad de 1.50 m a partir de la superficie del terreno natural, el subsuelo en este sitio está constituido por los estratos descritos a continuación:

De 0.00 m a 0.50 m de profundidad: Se encuentra una capa de arena limosa con poca grava (SM), clasificada como A-1-b, con un índice de grupo igual a cero (0). Esta capa presenta un valor soporte promedio de 31, esta arena limosa representa un 82% que pasa el tamiz Nº4 y un porcentaje de fino que pasa el tamiz Nº 200, sus límites de Atterberg ASTM D-423 y 424 es N.P, el contenido de humedad natural es del 19.5% método ASTM D2216.

De 0.50 m a 1.00 m de profundidad: Se encuentra una capa de arena ligeramente limosa (SM), clasificada como A-1- b, con un índice de grupo de cero (0). Esta capa presenta un valor soporte promedio de 2, el porcentaje de agregado que pasa el

tamiz Nº4 es del 88% y tamiz Nº200 pasa el 24% que es el agregado fino, su índice de plasticidad es de 5% y su límite liquido de 40%, clasificados bajo el método ASTM D- 423 y 424.

De 1.00 m a 1.50 m de profundidad: Se encuentra una capa de arena ligeramente limosa (SM), clasificada como A-2- 5, con un índice de grupo igual a cero (0). Esta capa presenta un valor soporte promedio de 2, este material tiene un porcentaje que pasa el tamiz Nº4 equivalente a 94, lo que indica que es un material bastante fino y 32% pasa por el tamiz Nº200, su límite liquido es de 49% y su índice plástico de 9% clasificado por la ASTM D-423 y 424.

Sondeo SM-10

El subsuelo en el sitio del Sondeo SM-10 se investigó hasta una profundidad de 1.50 m a partir de la superficie del terreno natural. El subsuelo en este sitio está constituido por los estratos descritos a continuación:

De 0.00 m a 0.30 m de profundidad: Se encuentra una capa de arena ligeramente limosa (SM), clasificada como A-1- b, con un índice de grupo igual a cero (0). Esta capa presenta un valor soporte promedio de 13. Esta muestra tiene un 88% de material que pasa el tamiz Nº4 y el 32% por el tamiz Nº200 es un material de color café con un límite líquido de 40% y un índice de plasticidad equivalente a 5% con una humedad natural de 18.44% clasificado por norma ASTM D-2216.

De 0.30 m a 0.70 m de profundidad: Se encuentra una capa de arena ligeramente limosa (SM), clasificada como A-2- 5, con un índice de grupo igual a cero (0). Esta capa presenta un valor de soporte promedio de 10, este material tiene un 94% que pasa el tamiz Nº4 y el 32% por el tamiz Nº200, su límite liquido es de 49% con un índice plástico de 9 y un porcentaje de humedad igual al 38.4%.

De 0.70 m a 1.50 m de profundidad: Se encuentra una capa de limo y arena (ML), clasificada como A-4, con un índice de grupo igual a cero (0). Esta capa presenta un valor soporte promedio de 9, este material no retiene nada en el tamiz Nº4 lo que representa un material fino, el porcentaje que pasa el tamiz Nº200 es del 50%, con sus límites de Atterberg N.P (no plástico), con humedad natural del material igual a 9.7% clasificado por norma ASTM D-2216.

Sondeo SM-11

El subsuelo en el sitio del Sondeo SM-11 se investigó hasta una profundidad de 1.50 m a partir de la superficie del terreno natural. El subsuelo en este sitio está constituido por los estratos descritos a continuación:

De 0.00 m a 0.25 m de profundidad: Se encuentra una capa de arena limosa con poca grava (SM), clasificada como A-1-b, con un índice de grupo igual a cero (0), esta arena limosa tiene un porcentaje de material que pasa el tamiz Nº4 equivalente al 82% y el tamiz Nº200 pasa un 20% con plasticidad N.P, su porcentaje de humedad natural es de 25.47% agregado color café.

De 0.25 m a 1.50 m de profundidad: Se encuentra una capa de arena ligeramente limosa (SM), clasificada como A-1- b, con un índice de grupo de cero (0). Esta capa presenta un valor soporte de 4. El porcentaje de pasa por el tamiz Nº4 es del 88% y el tamiz Nº200 deja pasar el 24% material color café su límite liquido es de 40% el índice plástico de 5% con una humedad natural clasificada por la ASTM D-2216 del 30.4%

Sondeo SM-12

El subsuelo en el sitio del Sondeo SM-12 se investigó hasta una profundidad de 1.50 m a partir de la superficie del terreno natural. El subsuelo en este sitio está constituido por los estratos descritos a continuación:

De 0.00m a 0.35 m de profundidad: Se encuentra una capa de arena limosa con poca grava (SM), clasificada como A-4, con un índice de grupo igual a cero (0). Esta capa presenta un valor soporte promedio de 7, este material pasa en un 82% por el tamiz Nº4 y 36% por el tamiz Nº200 con limite liquido N.P clasificado por el método ASTM D-423 y 424 con un 18.5% de humedad natural.

De 0.35 m a 1.50 m de profundidad: Se encuentra una capa de arena ligeramente limosa (SM), clasificada como A-2- 4, con un índice de grupo igual a cero (0). Esta capa presenta un valor soporte promedio de 4, este agregado para por el tamiz Nº4 un 86%y un 35% por el Nº200 su límite liquido de 37%, índice plástico de 7% el porcentaje de humedad natural 17.1%.

Sondeo SM-13

El subsuelo en el sitio del Sondeo SM-13 se investigó hasta una profundidad de 1.50 m a partir de la superficie del terreno natural. El subsuelo en este sitio está constituido por los estratos descritos a continuación:

De 0.00 m a 0.25 m de profundidad: Se encuentra una capa de arena y limo (SM), clasificada como A-4, con un índice de grupo igual a cero (0). Esta capa presenta un valor soporte promedio de 14, con porcentaje de 88 que pasa el tamiz Nº4 y 38% que pasa el tamiz Nº 200 su contenido de humedad natural clasificado por el método ASTM D-2216 es de 14.6%, su límite liquido de 39%, con un índice plástico de 9%.

De 0.25 m a 1.50 m de profundidad: Se encuentra una capa de arena limosa con poca grava (SM), clasificada como A-1-b, con un índice de grupo igual a cero (0). Esta capa presente un valor soporte promedio de 6, esta arena limosa pasa en un 82% del tamiz Nº4 y un 20% el tamiz Nº200 es un material no plástico (N.P).

Sonde SM-14

El subsuelo en el sitio del Sondeo SM-14 se investigó hasta una profundidad de 1.50 m a partir de la superficie del terreno natural. El subsuelo en este sitio está constituido por los estratos descritos a continuación:

De 0.00 m a 0.30 m de profundidad: Se encuentra una capa de arena ligeramente limosa (SM), clasificada como A-2- 4, con un índice de grupo igual a cero (0). Esta capa presente un valor soporte promedio de 24. Cuenta con un 86% de material que pasa el tamiz Nº4 y un 35% por el tamiz Nº200, con un límite líquido de 37% y un índice plástico de 7%

De 0.30 m a 1.50 m de profundidad: Se encuentra una capa de arena ligeramente limosa (SM), clasificada como A-1- b, con un índice de grupo igual a cero (0). Esta capa presente un valor soporte promedio de 4. Este material cuenta con un 88% que pasa el tamiz Nº4 y el 24% que pasa el tamiz Nº200, con un límite liquido de 40%.

Sondeo SM-15

El subsuelo en el sitio del Sondeo SM-15 se investigó hasta una profundidad de 1.50 m a partir de la superficie del terreno natural. El subsuelo en este sitio está constituido por los estratos descritos a continuación:

De 0.00 m a 0.35 m de profundidad: Se encuentra una capa de arena ligeramente limosa (SM), clasificada como A-2- 4, con un índice de grupo igual a cero (0). Esta capa presenta un valor soporte promedio de 19, el porcentaje que pasa el tamiz Nº4 es de 86% y por el tamiz Nº200 un 35%.

De 0.35 m a 1.50 m de profundidad: Se encuentra una capa de arena ligeramente limosa (SM), clasificada como A-1- b, con un índice de grupo igual a cero (0). Esta capa presente un valor soporte promedio de 5. Su límite liquido es de 40% y un índice plástico de 5%.

Sondeo SM-16

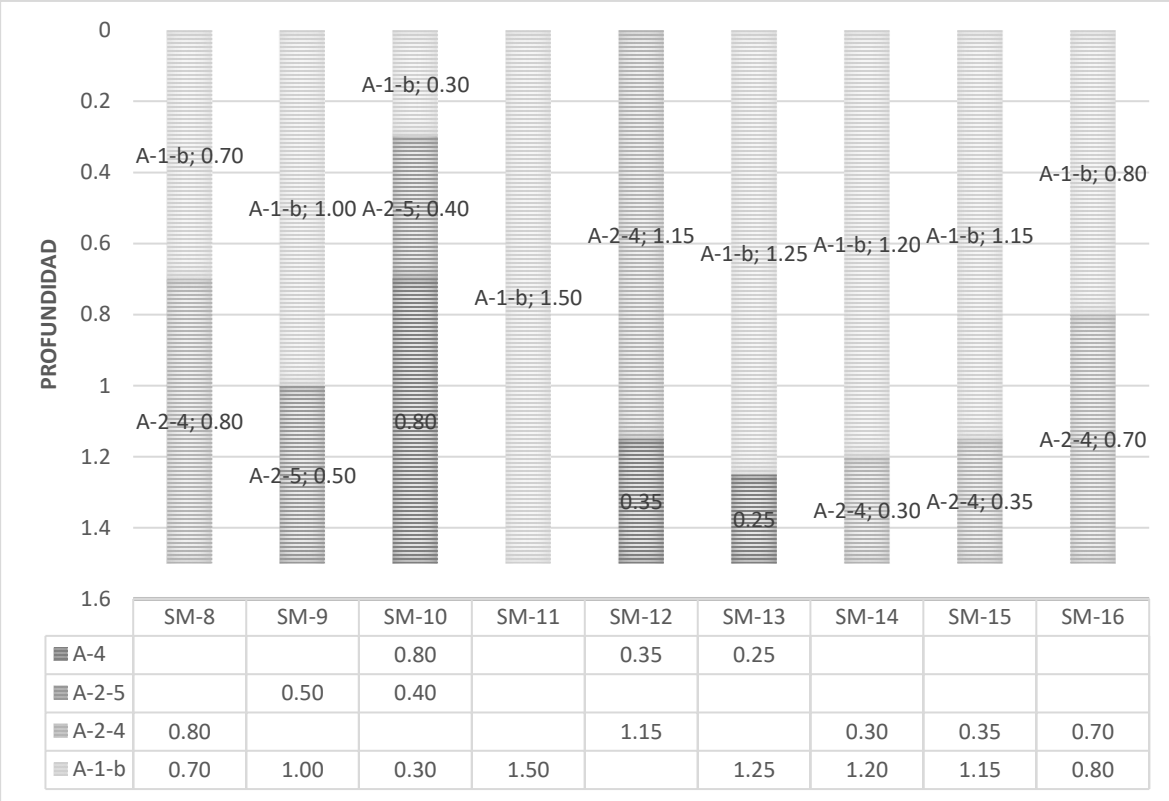
El subsuelo en el sitio del Sondeo SM-16 se investigó hasta una profundidad de 1.50 m a partir de la superficie del terreno natural. El subsuelo en este sitio está constituido por los estratos descritos a continuación:

De 0.00 m a 0.70 m de profundidad: Se encuentra una capa de arena ligeramente limosa (SM), clasificada como A-2- 4, con un índice de grupo igual a cero (0). Esta capa presente un valor soporte promedio de 6. Su límite líquido es de 37 con un índice plástico de 7% clasificado bajo el método ASTM D-423 y 424

De 0.70 m a 1.50 m de profundidad: Se encuentra una capa de arena arcillosa limosa ligeramente gravosa (SC-SM), clasificada como A-1-b, con un índice de grupo igual a cero (0). Esta capa presenta un valor soporte promedio de 4.

Según los resultados tanto en la inspección visual e inspección de campo, como los ensayes en el laboratorio nos indica que el tramo en estudio está conformado en un 50% por suelos correspondientes al grupo A-1 y subgrupo A-1-b, un 35% de suelos del grupo A-2 y subgrupos A-2-4 y A-2-5 y un 15% del grupo A-4.

Gráfico 11. Estratigrafía del suelo



	SM-8	SM-9	SM-10	SM-11	SM-12	SM-13	SM-14	SM-15	SM-16
A-4			0.80		0.35	0.25			
A-2-5		0.50	0.40						
A-2-4	0.80				1.15		0.30	0.35	0.70
A-1-b	0.70	1.00	0.30	1.50		1.25	1.20	1.15	0.80

Fuente: Elaboración propia

El gráfico 11 muestra los distintos estratos de suelo encontrados en cada sondeo

- **Bancos de préstamo**

Al revisar los resultados de los ensayes de los C.B.R de los suelos de la línea del proyecto, se determinó que era necesario utilizar material de préstamo para lograr establecer una base que soporte la estructura de la losa y las cargas que esta recibirá; se propone una base de 8 pulgadas con el fin de disminuir los esfuerzos que afectarán a la subrasante.

Se tomarán en cuenta dos bancos de préstamo, el banco de Nejapa ubicado al suroeste de la laguna de Nejapa y el banco de MATECSA ubicado frente a la entrada de Ciudad Sandino ambos ubicados en el municipio de Managua. Se realizaron los ensayos correspondientes al material de ambos bancos de forma individual no cumplen con los requisitos planteados en la norma NIC-2000 por lo que se propuso realizar una mezcla de materiales de ambos bancos de préstamo (70% de material selecto y 30% de hormigón) ya que generalmente se usan estos

bancos para trabajos realizados en Managua y se tiene buena experiencia del desempeño de ambos materiales combinados en estas proporciones. Se considera el uso de base debido al tipo de revestimiento de concreto hidráulico y también consideraremos una subbase para una propuesta de concreto asfáltico, durante el avance del estudio se determinará la factibilidad de esta decisión con el cumplimiento de los criterios de diseño. La tabla 31 presenta los resultados de análisis del banco de préstamo.

Tabla 31. Resultado de análisis a bancos de préstamo

Graduación ASTM D-854 (% que pasa)	Banco		Mezcla	
	Nejapa	MATEC SA		
Tamiz No. 200	2	8	8	
Tamiz No. 40	15	33	35	
Tamiz No. 10	40	88	77	
Tamiz No. 4	55	100	89	
Tamiz 3/8"	75	100	92	
Tamiz 3/4"	90	100	96	
Tamiz 1/2"	84	100	94	
Tamiz 1"	96	100	98	
Tamiz 1 1/2"	100	100	100	
Tamiz 2"	100	100	100	
Clasificación HRB AST D-282				
Clasificación	A-1-a (0)	A-1-b (0)	A-1-a (0)	
Color	Rojo	Gris	-	
Materiales	Grava con limo y arena	Arena limosa	Mezcla de hormigón y selecto	
Abundamiento	1.18	1.11	1.1	
Proctor	Modificado	Modificado	Modificado	
Valor relativo de soporte (CBR%)			90%	26.7
			95%	60
			100%	78.2

Fuente: (Alcaldía de Managua, 2018)

Según lo establecido por la NIC-2000 donde se especifica que, para el uso de una base el CBR de diseño al 95% de compactación debe cumplir un mínimo de 60%

para una base tipo 2 y para una subbase el CBR de diseño al 95% de compactación debe cumplir con un mínimo de 40%, logrando obtener con la mezcla propuesta el porcentaje recomendado por norma cumpliendo los requisitos establecidos. (MTI, 1999)

- **CBR de diseño**

Para determinar el CBR de diseño se hace necesario realizar varias pruebas cuyo número depende de la importancia del proyecto y de la longitud del mismo.
Existen muchos criterios, para seleccionar el CBR adecuado, siendo el más utilizado el del instituto del asfalto, quien recomienda tomar un valor tal, que el 60, el 75 o el 87.5% de los valores individuales sea mayor o igual que él, de acuerdo con el tránsito que se espera circule sobre el pavimento, como se muestra en la tabla 32.

Tabla 32. Límites para la selección de resistencia

Número de ejes en el carril de diseño	Percentil a seleccionar para hallar el CBR de diseño
$\leq 10^4$	60
10^4 a 10^6	75
$> 10^6$	87.5

Fuente: (Instituto Del Asfalto, 2006)

En la tabla 33 se muestra de manera resumida y ordenada el proceso de selección del CBR de diseño de la unidad estudiada, para esto se utilizaron los datos facilitados por Ingeniería de Materiales S.A NICASOLUM, consultores que realizaron el estudio de suelo.

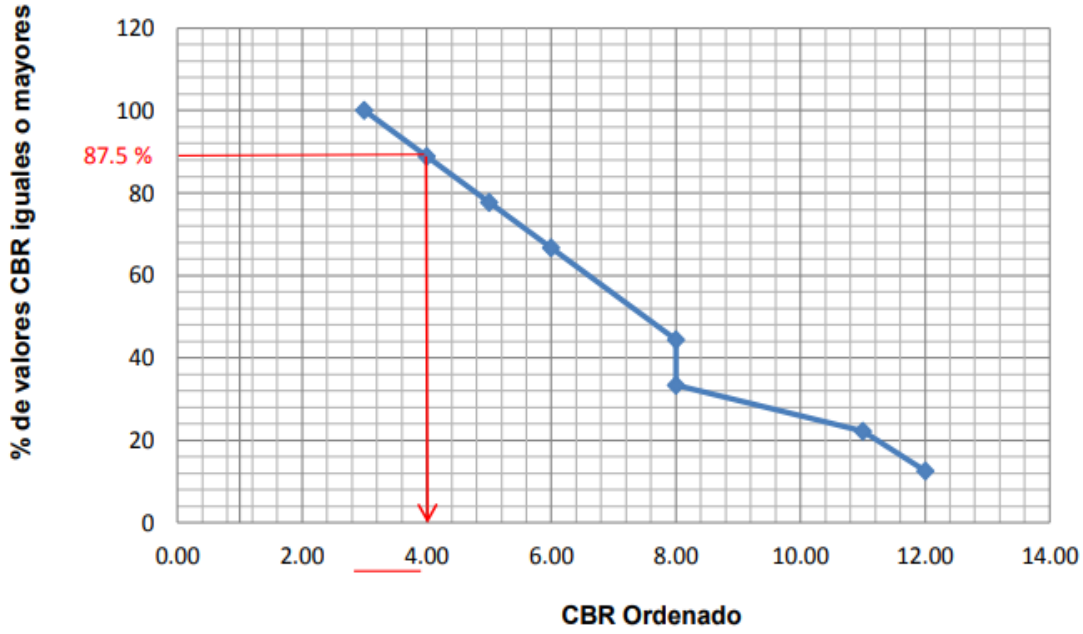
Tabla 33. Límites para la selección de resistencia

Clasificación		CBR	Frecuencia	Numero de valores iguales o mayores que	% de valores iguales o mayores
AASHTO	SUCS	95%			
A-1-b (0)	SC-SM	3	1	9	100
A-1-b (0)	SM	4	1	8	88.89
A-2-4(0)	SM	5	1	7	77.78
A-2-5(0)	SM	6	1	6	66.67
A-1-b (0)	SM	8	2	4	44.44
A-2-4(0)	SM	8	1	3	33.33
A-1-b (0)	SM	11	1	2	22.22
A-1-b (0)	SM	12	1	1	12.5

Fuente: Estudio de suelos por Ingeniería de Materiales S.A NICASOLUM

Se muestra a continuación el CBR de diseño para el percentil 87.5% según criterio del instituto de asfalto:

Gráfico 12. Selección CBR de Diseño



Fuente: Elaboración propia

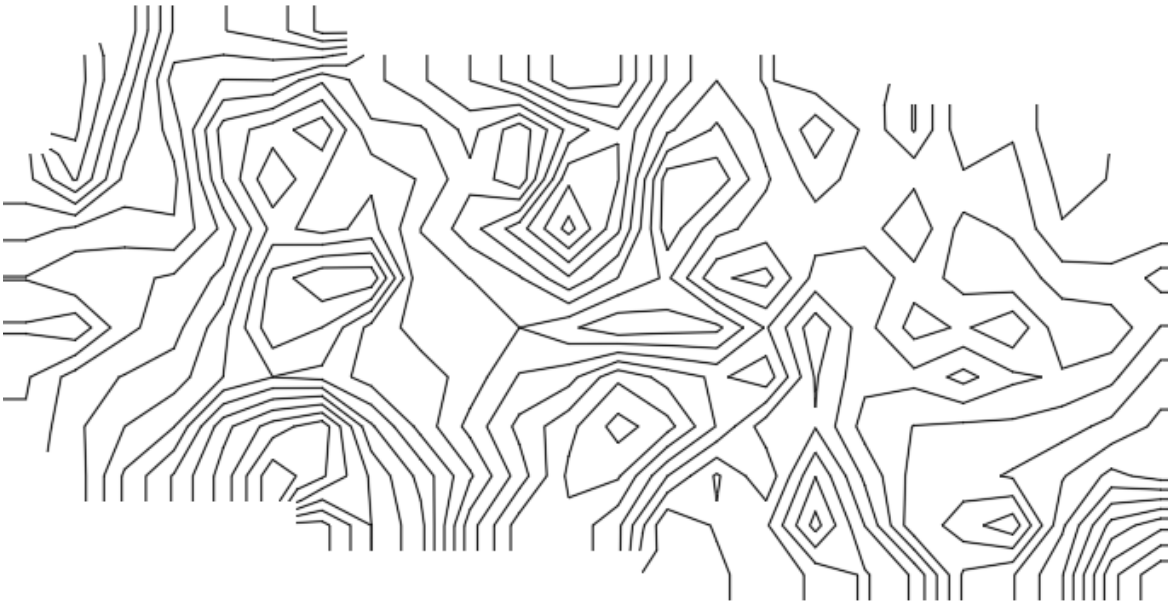
El gráfico 12 muestra que el CBR de diseño de la subrasante es igual a 4.

7.2.3. Topografía

El levantamiento topográfico realizado en el área muestra que el terreno es predominantemente plano, con cotas que oscilan entre los 67 y 89 metros sobre el nivel del mar. La mayor parte del terreno se encuentra dentro del rango más bajo, específicamente entre las cotas de 67 a 72 metros, lo que indica una relativa homogeneidad en la elevación.

El levantamiento también revela que el terreno tiene poca inclinación, lo que puede ser ventajoso para la construcción de la infraestructura vial, la escasa pendiente es vital para el drenaje, minimizando el riesgo de formación de charcas o inundaciones.

Ilustración 1. Topografía de terreno



Fuente: Elaboración propia en software QGis

7.2.4. Hidrología

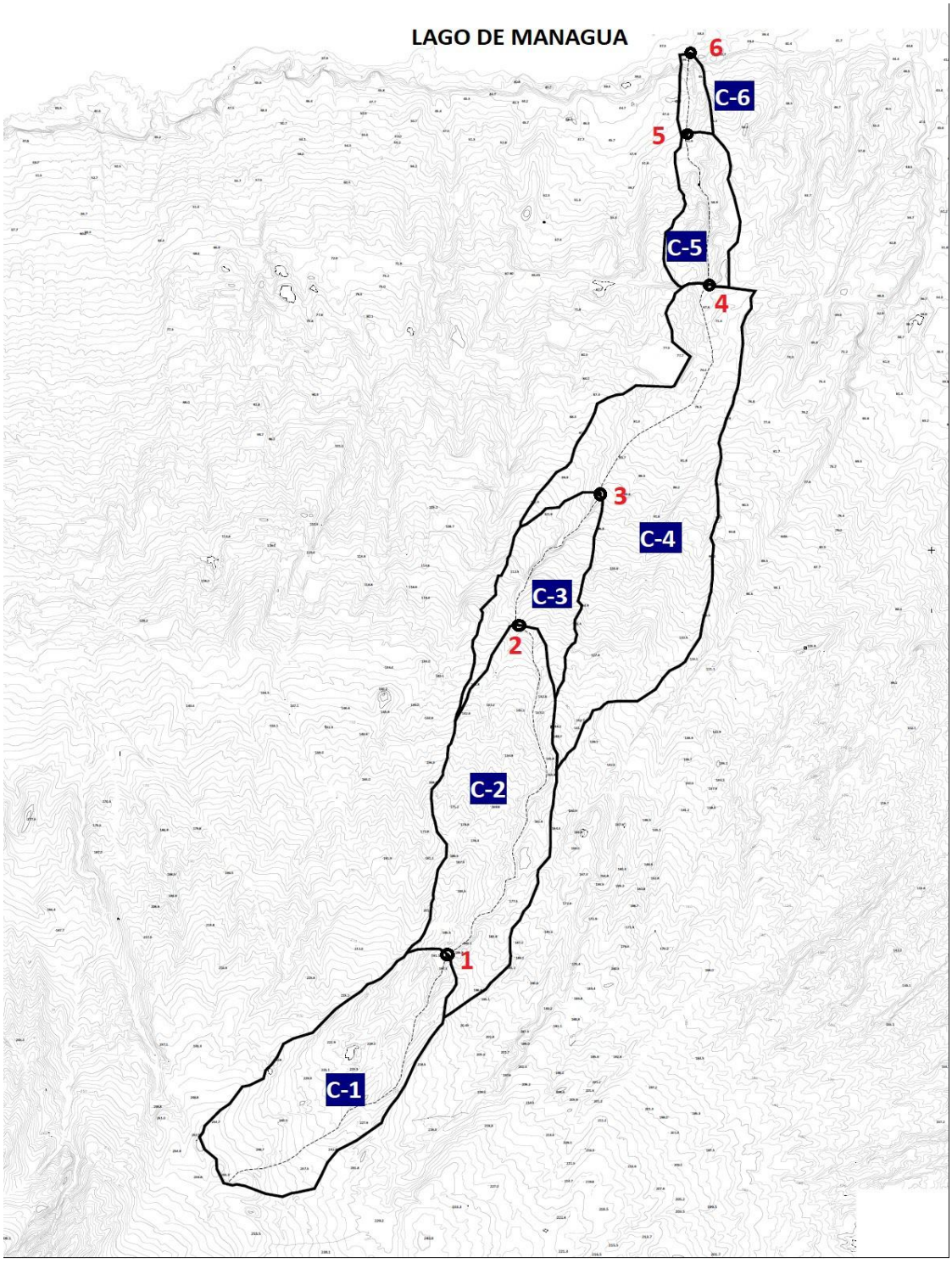
- **Ubicación del punto de interés.**

Como cierre de la cuenca o punto de interés, se tomó el punto de descarga en el Lago de managua, en la cota 40 (ver ilustración 5).

- **Delimitación de la cuenca.**

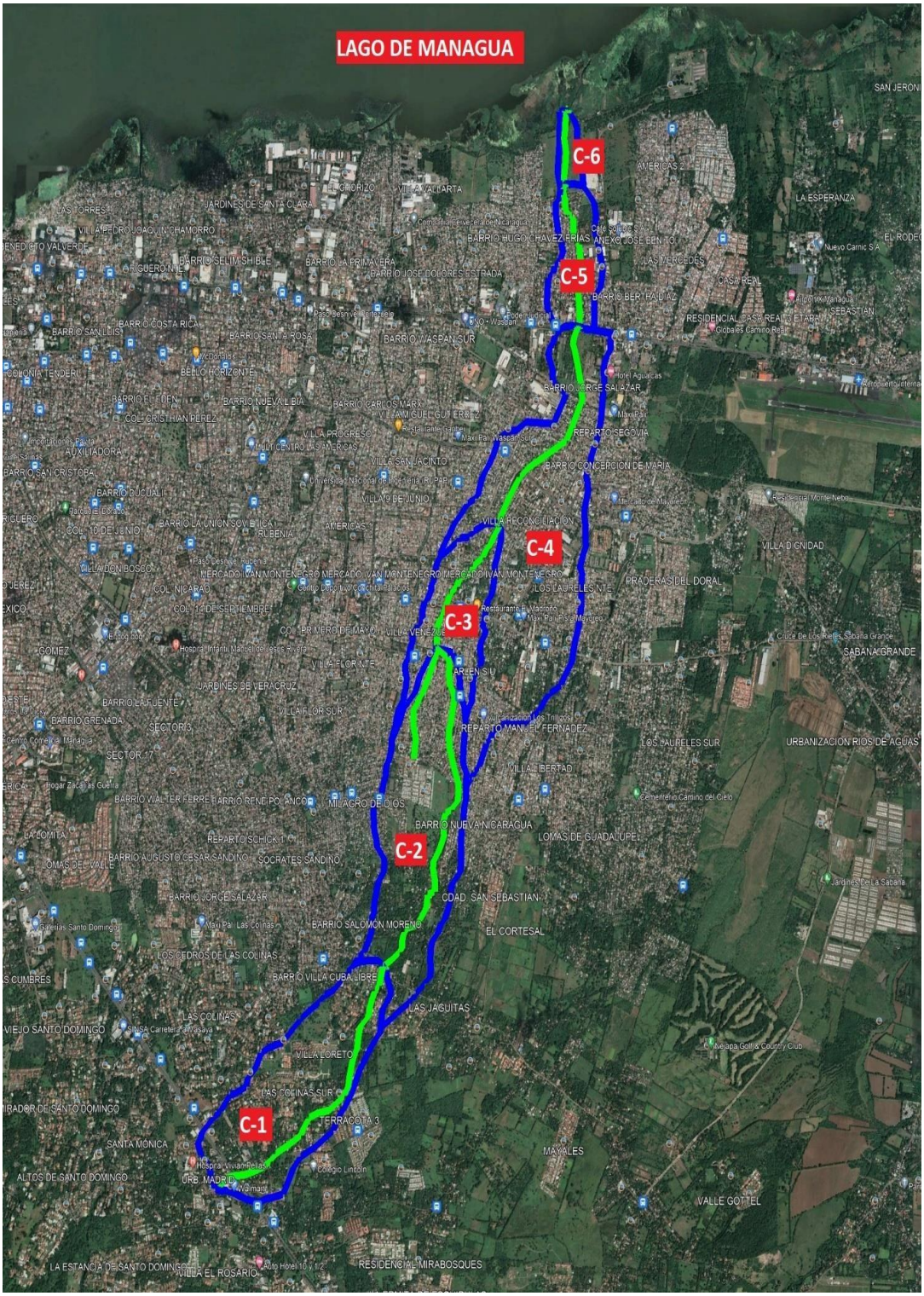
La cuenca se delimitó partiendo del punto de control identificado por el numero 6 (ilustración 8) hacia aguas arriba. El área total de aportación es de 8.14 Km² (814 ha).

Ilustración 2. Delimitación de cuenca



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 3. Vista de límite de cuenca en ortofoto mapa



Fuente: Elaboración propia

División de la cuenca en Subcuencas

La cuenca se dividió en 6 subcuencas, siendo la más grande de 2.95 Km² y la más pequeña de 0.13 Km². A cada subcuenca se le identificó utilizando la nomenclatura C - #. Las letras C corresponden a la inicial de Cuenca y el número arábigo representa la secuencia del comportamiento del agua, de mayor elevación hacia menor elevación en la ubicación de cada subcuenca como se muestra en la tabla 34.

Tabla 34. Subcuencas

Subcuenca	Área	Longitud	$H_{máx}$	$H_{mín}$
	Km^2	M	m	M
C-1	1.78	2670	255.3	186.8
C-2	1.98	3060	186.8	120.4
C-3	0.78	1280	120.4	90
C-4	2.95	4050	155	65.5
C-5	0.52	1250	65.5	50
C-6	0.13	630	50	40
TOTAL	8.14			

Fuente: Elaboración propia

- **Indicación del punto de control de cada subcuenca**

Cada punto de control se identifica con un numero arábigo (#) en orden ascendente partiendo de aguas arriba (parte más alta de la cuenca) hacia aguas abajo. Se identificaron 6 puntos de control o puntos de cierre (Figura 1).

- **Determinación de las características hidrometeorológicas de cada subcuenca**

Área (A)

La delimitación de las subcuencas de aportación se realizó en el plano ortofoto mapa de la ciudad de Managua editado por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER, 1996) y digitalizado mediante el programa CivilCAD a escala 1:10,000, se definieron los partes aguas y flujos de agua pertenecientes a la cuenca

hidrográfica (Ver Figura 1). Una vez definida la cuenca se procedió a determinar los parámetros influyentes en el cálculo del caudal.

Longitud del cauce (L)

La longitud se midió tomando en cuenta el cauce principal, que generalmente es el de mayor recorrido partiendo del punto más remoto hasta el punto de control de cada subcuenca.

Altura Máxima (Hmax)

Es la elevación máxima del punto más remoto del cauce principal donde se inicia el escurrimiento de agua.

Altura mínima (Hmin)

Es la elevación del punto de control de la subcuenca.

Pendiente del fondo del cauce (Sc)

Es la pendiente del fondo del cauce principal.

Ecuación 6: Pendiente del fondo del cauce

$$\mathrm{Sc} = (\mathrm{H_{max}} - \mathrm{H_{min}})/\mathrm{L}$$

Tiempo de concentración (tc)

Se visualiza este como el tiempo de viaje de una partícula de agua desde el punto más remoto a la salida de la cuenca hidrográfica, si una intensidad de lluvia uniforme y duración ilimitada.

tc: tiempo de concentración en minutos.

L: longitud del cauce principal en metros.

Sc: pendiente del cauce en m/m

Ecuación 7: Tiempo de concentración

$$\mathrm{tc} = 0.0041 * \mathrm{K}^{0.77}$$

Ecuación 8: Factor de tiempo de concentración

$$\mathrm{K} = 3.28 * \left(\frac{\mathrm{L}}{\mathrm{Sc}^{0.5}}\right)$$

Intensidad de precipitación (I)

Se calculó la intensidad de lluvia tomando datos pluviométricos de la estación del aeropuerto A.C. Sandino, este parámetro se encuentra en dependencia del tiempo de concentración y el periodo de retorno. Se realizó el cálculo tomando los valores

para un periodo de retorno (Tr) de 50 años utilizando los datos intensidad-duración-frecuencia (IDF).

Para este caso en concreto se muestran las intensidades de lluvia ajustadas para el periodo de retorno seleccionado para el proyecto.

I: intensidad de lluvias en mm/hora.

tc: tiempo de concentración en minutos.

Ecuación 9: Intensidad de precipitación

$$I = \frac{A}{(tc + d)^b}$$

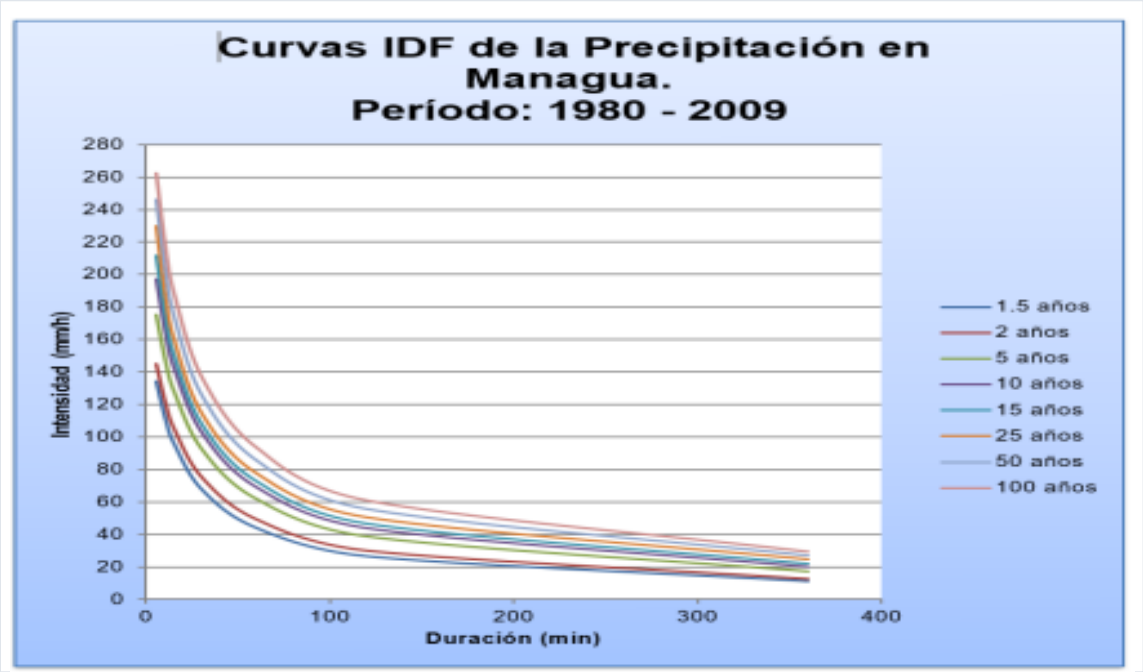
La tabla 35 muestra los parámetros de ajuste de la ecuación 17

Tabla 35. Parámetros de ajuste para las ecuaciones de la forma I=A/(tc+d)^b

TR	R	A	d	b
1.5	-0.9994	1700.394	15	0.847
2	-0.9995	1871.67	16	0.839
5	-0.9996	1878.513	15	0.791
10	-0.9993	1727.746	13	0.750
15	-0.9989	1548.233	11	0.717
25	-0.9981	1393.311	9	0.683
50	-0.9978	1585.839	10	0.687
100	-0.9975	1794.801	11	0.693

Fuente: (ALMA, 1982)

Gráfico 13. Curvas IDF



Fuente: (ALMA, 1982)

El grafico 13 muestra las distintas curvas que representan distintos tiempos de retorno que indica la probabilidad anual de cierta precipitación al año.

Coeficiente de escorrentía (C)

Para determinar el coeficiente de escorrentía en cada subcuenca se utilizó la tabla 36; donde se utilizaron los siguientes parámetros: Evaluación Uso de Suelo (Us), Tipo de Suelo (Ts) y Pendiente del Terreno (Pt).

Tabla 36. Parámetros de calculo

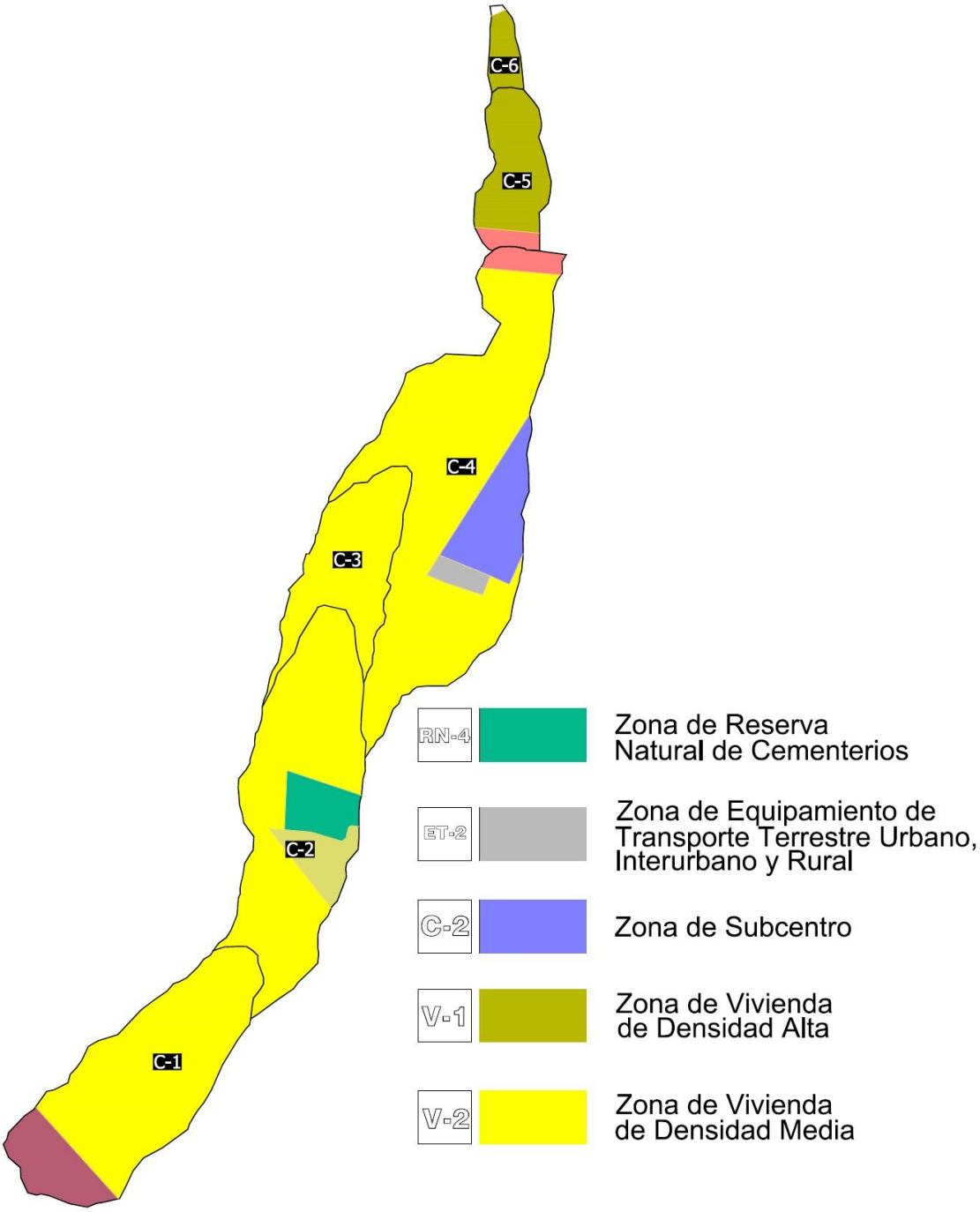
Uso del suelo	US
Vegetación densa, bosques, cafetales con sombra, pastos.	0.04
Maleza, arbustos, cultivos perennes, parques, cementerios campos deportivos.	0.06
Uso de Suelo	Us
Sin vegetación o cultivos anuales	0.1
Zonas urbanas (viviendas, negocios)	0.2
Casco urbano y zonas industriales	0.30 – 0.50

Tipo de suelo	TS
Permeable (terreno arenoso, ceniza volcánica, pómez)	1
Semipermeable (terreno arcilloso-arenoso)	1.25
Impermeable (terreno arcilloso, limoso, marga)	1.5
Pendiente del terreno %	PT
0.00 - 3	1
3.1 - 5	1.5
5.1 - 10	2
10.1 - 20	2.5
20 y mas	3

Fuente: (ALMA, 1982)

Pese a calcular todos los coeficientes para cada una de las subcuencas se decidió ajustar a los valores contemplados en la tabla de coeficientes de escorrentía del reglamento de drenaje de la alcaldía de Managua, en base a los usos de suelo del mapa de zonificación.

Ilustración 4. Usos de suelo presentes en la cuenca de estudio



Fuente: Elaboración propia

Tabla 37. Coeficientes de escorrentía “C” para el municipio de Managua

Componente del área	Coeficiente de escorrentía
Centro de la Ciudad Capital (API-N)	0.70-0.80
Zona de Producción de Industria Liviana (PI-1)	0.50-0.70
Zona de Producción de Industria Pesada (PI-2)	0.30-0.50
Zona de Producción Mixta y Vivienda (PM-1)	0.75-0.85
Zona de Producción Mixta de Industria y Comercio (PM-a)	0.75-085
Zona de equipamiento de Transporte Aéreo (ET-1)	0.60-0.80
Zona de Equipamiento de Transporte Lacustre (ET-2)	0.70-0.85
Zona de Equipamiento de Transporte Terrestre y Mercado (ET-3)	0.50-0.70
Zona de Equip. Institucional especializado (E.I.E)	0.60-0.80
Zona de Reserva Natural de Parques Nacionales (RN-1)	0.05-0.20
Zona de Reserva Natural de la costa del lago (RN-2)	0.10-0.25
Zona de Reserva Natural de Protección del Suelo (RN-3)	0.05-020
Zona de Reserva Natural de Parques Urbanos (RN-3)	0.05-0.20
Zona de Reserva Natural de Parques Urbanos (RN-4)	0.35-0.40
Zona de Reserva Natural de Cementerios (RN-5)	0.25-0.35
Zonas de Reserva Natural de Minas (RN-6)	0.05-0.20
Zona Urbana Regional, Terrenos planos	0.10-015
Zona Urbana Regional, Terrenos Ondulados	0.15-0.20
Zona Rural de producción Agropecuaria	0.05-0.20
Zona de Vivienda de Densidad Alta (V-1)	0.50-0.60
Zona de Vivienda de Densidad Media Alta (V-2)	0.40-0.50
Zona de Vivienda de Densidad Media Baja (V-3)	0.35-0.40
Zona de Vivienda de Densidad Baja (V-4)	0.30-0.35
Techos y Calles de Asfalto y Concreto	0.90-0.95

Componente del área	Coeficiente de escorrentía
Áreas con gramas y pastos o cultivos con pendientes no mayores del 5 % 0.10-0.20	0.10-0.20
Áreas con gramos y pastos o cultivos con pendientes del 5% al 10%	0.12-0.20
Áreas boscosas (depende de pendientes tipo de suelo o cobertura superficial).	0.05-0.20

Fuente: (ALMA, 1982)

En las subcuencas C-1, C-2, C-3, C-4, predomina en más de 95% el uso de suelo de clasificación V-2. Mientras en las subcuencas C-5 y C-6, predomina en su totalidad el uso de suelo de clasificación V-1

Cálculo del caudal por el método racional.

El cálculo del caudal (Q) de aportación de cada subcuenca, se realizó por medio del método racional cuya fórmula es la siguiente

Ecuación 10: Cálculo de caudal

$$Q = 0.2278 * C * I * A$$

Donde:

Q: caudal en m3 /s.

C: Coeficiente de escorrentía. (Adimensional)

I: intensidad de precipitación en mm/h.

A: área de la cuenca en Km2.

Cálculo del caudal por el método de Transición de Avenidas en la variante de Muskingum

Hidrogramas triangulares sintéticos

De los datos resultantes se crearán hidrogramas triangulares sintéticos, tomando en cuenta el tiempo de concentración y el Caudal Hidrológico resultante para cada subcuenca, siendo para este caso 6 subcuencas. Este intervalo de tiempo se genera

dividiendo en 2 el tiempo de concentración el que, sumado consecutivamente y de forma cronológica ascendente, contempla los tiempos del hidrograma.

- **Calculo hidráulico.**

En base a los resultados se efectuará la propuesta de diseño para definir la sección eficiente hidráulicamente mediante el programa Hcanales, desarrollado en la escuela de ingeniería agrícola del instituto tecnológico de Costa Rica para el diseño de canales y estructuras hidráulicas.

Ambos programas se basan en el principio de la continuidad y la ecuación de Manning.

Ecuación 11: Ecuación de Manning

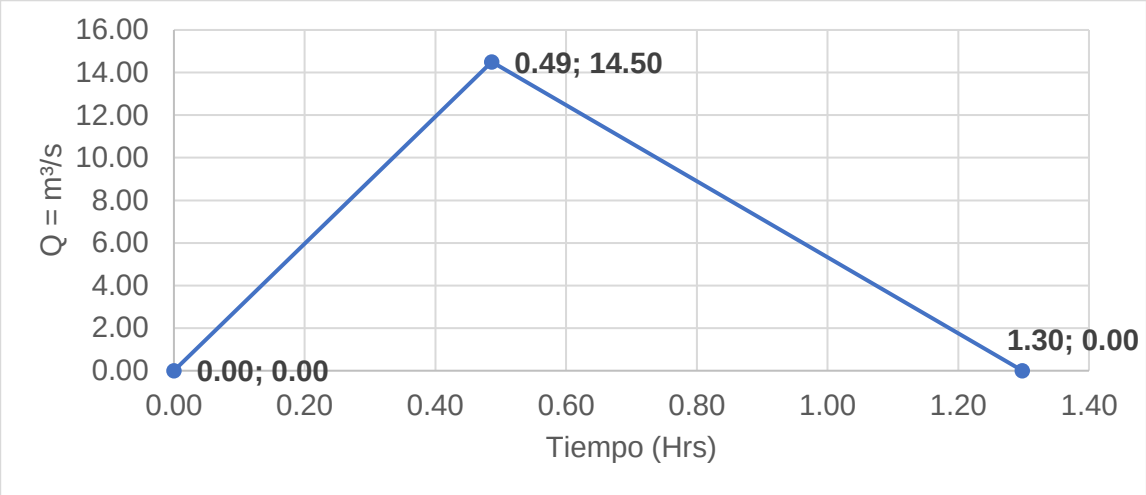
$$V = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} ; Q = VA = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * A$$

Donde Q corresponde al caudal que circula por el canal (m3 /s), n el coeficiente de rugosidad de Manning, A es el área de la sección transversal del canal, R el radio hidráulico y S la pendiente de fondo del canal.

De tal forma que será necesario ingresar los parámetros hidráulicos tales como: caudal de diseño obtenido en el estudio hidrológico, una pendiente de 0.65% propuesta para el canal, además del coeficiente de rugosidad (n) cuyo valor estuvo en dependencia del tipo de revestimiento del canal, en este caso concreto reforzado (n=0.017).

Una vez realizado el cálculo hidrológico se obtuvieron los siguientes resultados

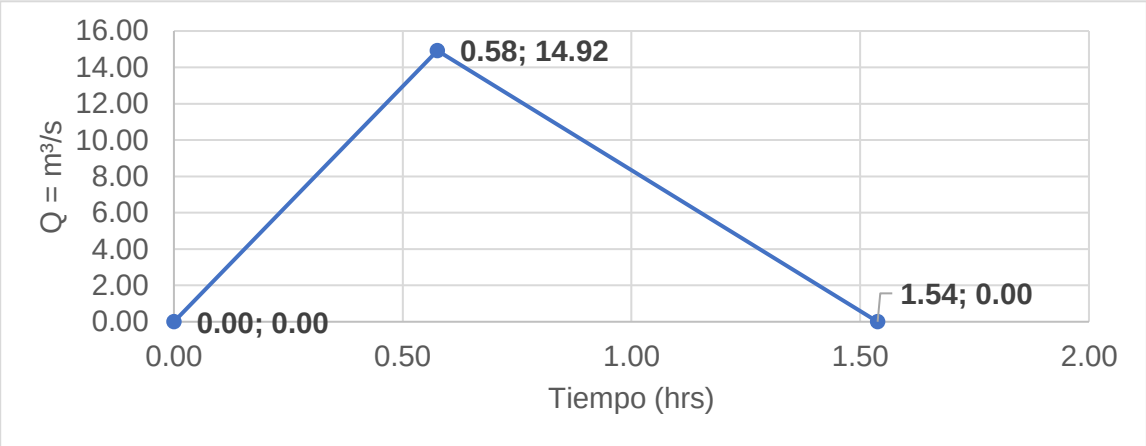
Gráfico 14. Hidrograma de crecida para C-1



Fuente: Elaboración propia

El gráfico 14 muestra que el caudal pico (Qp) alcanzado en la subcuenca C-1 es de 14.50 metros cúbicos por segundo en un tiempo de 0.49 horas, indicando una cuenca pequeña con respuesta relativamente rápida.

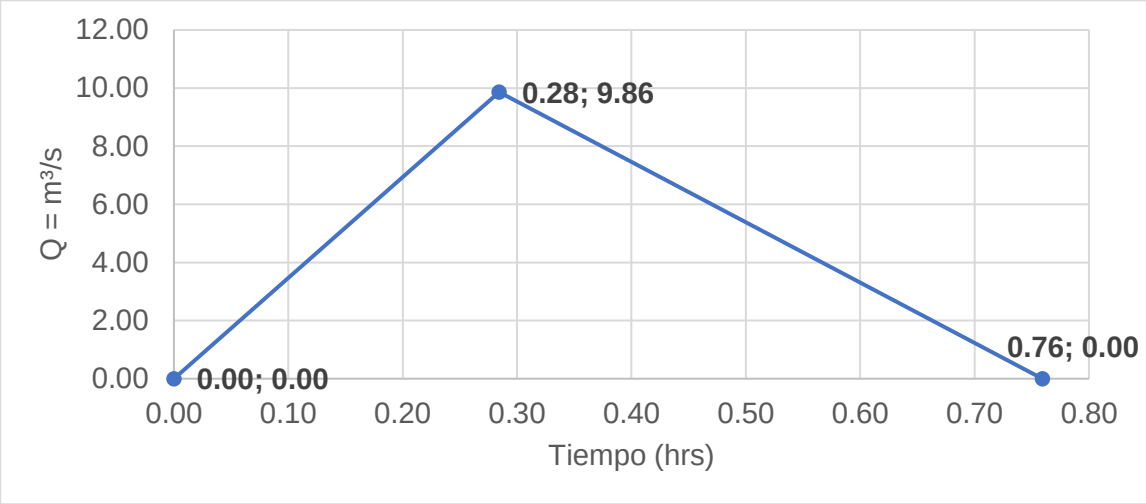
Gráfico 15. Hidrograma de crecida para C-2



Fuente: Elaboración propia

El gráfico 15 muestra que el caudal pico (Qp) alcanzado en la subcuenca C-2 es de 14.92 metros cúbicos por segundo en un tiempo de 0.58 horas, indicando una cuenca pequeña con respuesta rápida.

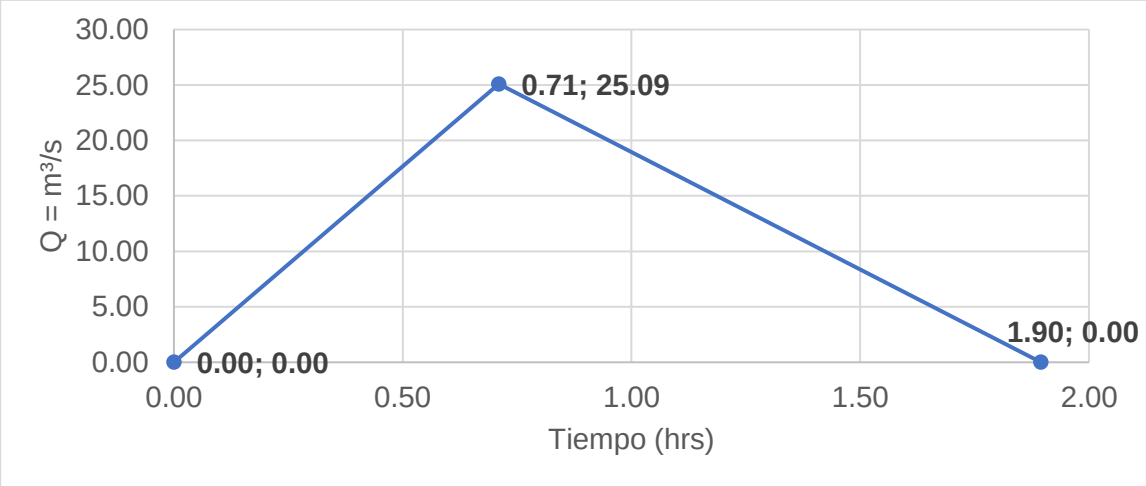
Gráfico 16. Hidrograma de crecida para C-3



Fuente: Elaboración propia

El gráfico 16 muestra que el caudal pico (Qp) alcanzado en la subcuenca C-3 es de 9.86 metros cúbicos por segundo en un tiempo de 0.28 horas, indicando una cuenca pequeña con respuesta muy rápida.

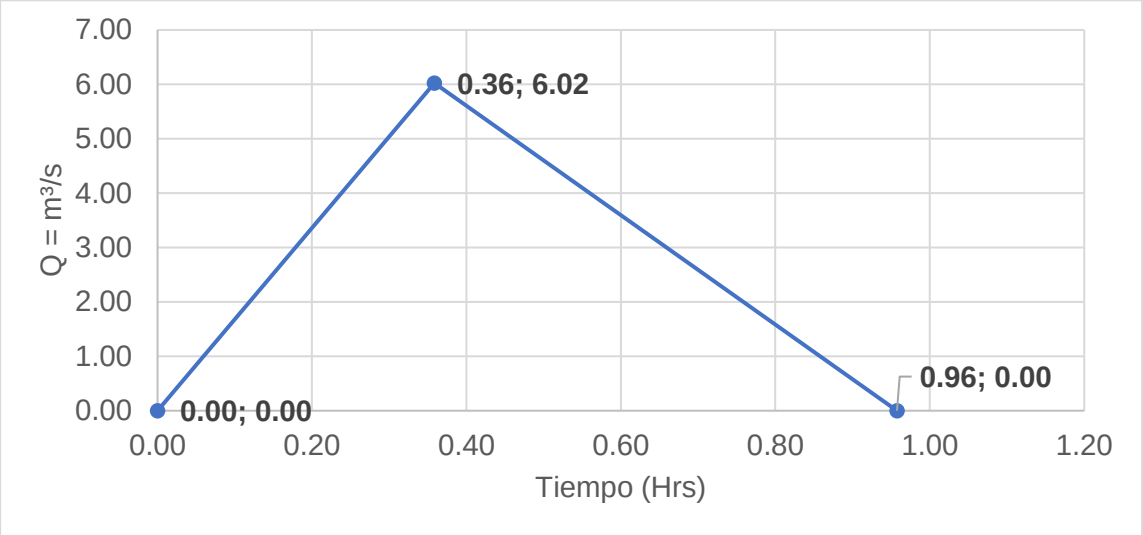
Gráfico 17. Hidrograma de crecida para C-4



Fuente: Elaboración propia

El gráfico 17 muestra que el caudal pico (Qp) alcanzado en la subcuenca C-4 es de 25.09 metros cúbicos por segundo en un tiempo de 0.71 horas, indicando una cuenca pequeña con respuesta rápida.

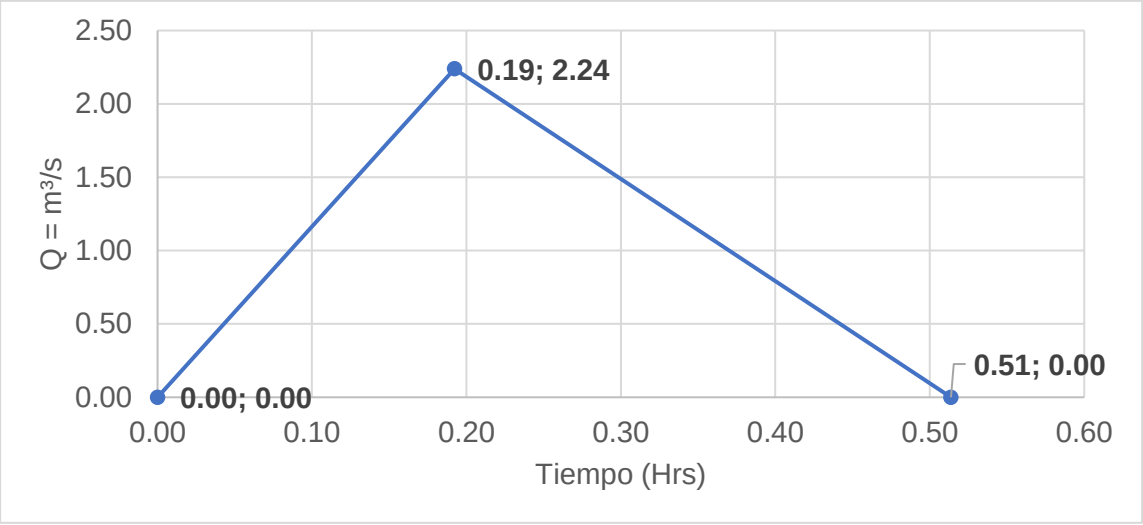
Gráfico 18. Hidrograma de crecida para C-5



Fuente: Elaboración propia

El gráfico 18 muestra que el caudal pico (Qp) alcanzado en la subcuenca C-5 es de 6.02 metros cúbicos por segundo en un tiempo de 0.36 horas, indicando una cuenca pequeña con respuesta rápida.

Gráfico 19. Hidrograma de crecida para C-6



Fuente: Elaboración propia

El gráfico 19 muestra que el caudal pico (Qp) alcanzado en la subcuenca C-6 es de 2.24 metros cúbicos por segundo en un tiempo de 0.19 horas, indicando una cuenca pequeña con respuesta rápida.

Estos hidrogramas brindan el caudal pico en dependencia del tiempo, el cual se ve reflejado en la tabla 38.

Tabla 38. Caudal Pico

Sub-Cuenca	Parámetros para Cálculo de Caudal Pico por Hidrograma Unitario Triangular									
	A (km^2)	Tc (Hr)	I mm/Hr	D (Hr)	Tr (Hr)	Tp (Hr)	Tb (Hr)	C	P (mm)	Qp (m^3/s)
C-1	1.78	0.30	156.63	0.30	0.33	0.49	1.30	0.40	19.04	14.50
C-2	1.98	0.36	144.86	0.36	0.40	0.58	1.54	0.40	20.86	14.92
C-3	0.78	0.18	194.45	0.18	0.20	0.28	0.76	0.50	17.28	9.86
C-4	2.95	0.44	130.80	0.44	0.49	0.71	1.90	0.50	29.01	25.09
C-5	0.52	0.22	178.15	0.22	0.25	0.36	0.96	0.50	19.96	6.02
C-6	0.13	0.12	220.69	0.12	0.13	0.19	0.51	0.60	15.92	2.24
Qp Total										72.64 m^3/s

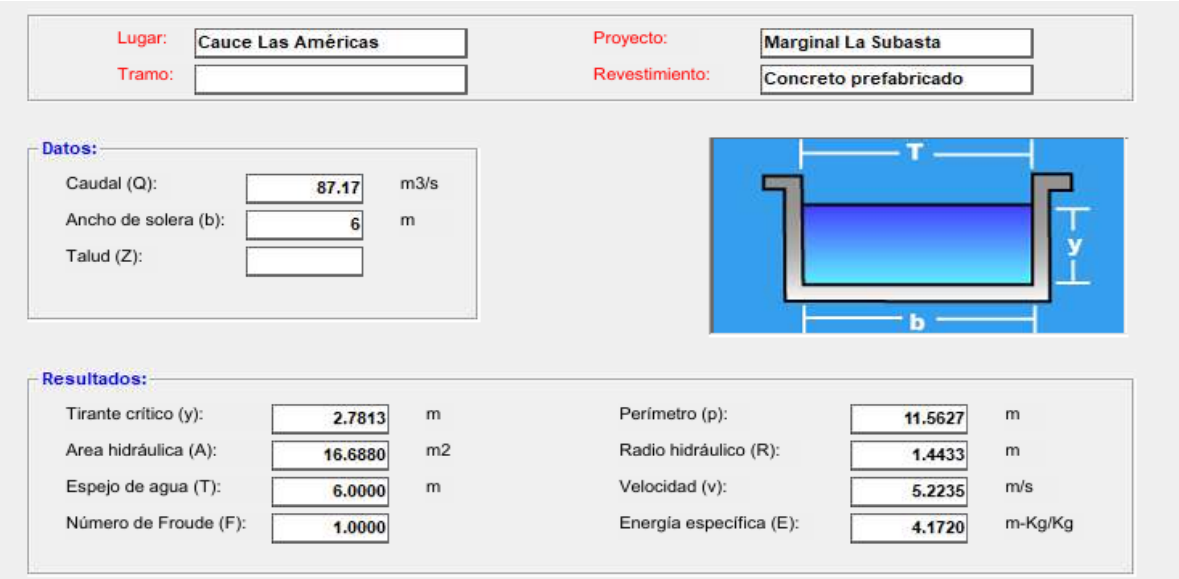
Fuente: Elaboración propia

Una vez calculado el caudal total se procede a multiplicar por el factor de sedimentación:

$Q_{Máx}$= 72.64 m^3/s x 1.2 = 87.17 m^3/s

Luego se procede a ingresar este dato en el software HCanales para obtener las dimensiones de diseño para la caja puente.

Ilustración 5. Dimensiones de diseño de caja puente



Fuente: Elaboración propia en software HCanales

Del software HCanales ose obtuvieron los datos de tirante (y) = 1.8576m, un área hidráulica A de 11.1455 m^2, el espejo de agua T será del mismo valor que el ancho de solera b = 6 m. Al poseer una dimensión de ancho de solera muy grande, se propondrá el uso de dos cajas puente prefabricada de 3m x 3m, para que ambas logren soportar el peso del tránsito vehicular y de la carpeta de rodamiento que tendrán encima.

7.2.5. Diseño de carpeta de rodamiento

- **Concreto asfáltico (Pavimento Articulado)**
    - **Variables de diseño**

Los niveles de confiabilidad dependen de diversos factores que influyen directamente en el grado de serviciabilidad que ofrecerá el diseño del pavimento. La AASHTO propone un cuadro de porcentajes de confiabilidad según el grado funcional, el cual se presenta en la tabla 39.

Tabla 39. Niveles de confiabilidad

Tipo de Camino	Confiabilidad recomendada	
	Zona Urbana	Zona Rural
Rutas interestatales y autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterias principales	80 - 99	75 – 99
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 - 80

Fuente: (AASHTO, 1993)

Dado que el tramo en estudio se clasifica como colectora menor urbana, se adopta un nivel de confiabilidad (R) del 80 %, conforme a los criterios establecidos para este tipo de vía. Una vez definido el valor de R, se procede a determinar el valor correspondiente de Zr, utilizando la tabla 40.

Tabla 40. Desviación normal estándar Zr

Confiabilidad R	Desviación normal estándar Zr
50	0
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.34
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751

Confiabilidad R	Desviación normal estándar Zr
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.09
99.99	-3.75

Fuente: (SIECA, Manual Centroamericano para Diseño de Pavimento, 2002)

Al adoptar un nivel de confiabilidad del 80 %, el valor correspondiente de la desviación normal estándar (Zr) es de −0.841, de acuerdo con la tabla de la distribución normal estándar.

- **Desviación estándar So**

Para la determinación de la desviación estándar So, la AASHTO ha dispuesto ciertos valores que fueron desarrollados a partir de un análisis de varianza y en base a predicciones futuras del tránsito. Estos valores sugeridos se muestran en la tabla 41, y para el caso en estudio, se seleccionó un valor de 0.5.

Tabla 41. Desviación estándar So

Condición	Desviación estándar So
Pavimentos flexibles	0.4 – 0.5
Construcción nueva	0.35 - 0.4
Sobre - capas	0.5

Fuente: (SIECA, Manual Centroamericano para Diseño de Pavimento, 2002)

- **Serviciabilidad**

Para el diseño del pavimento se consideran una serviciabilidad inicial y una final. La serviciabilidad inicial (Po) depende directamente del diseño de la estructura del pavimento y de la calidad de la construcción de la vía. La serviciabilidad final o terminal (Pt) se elige según la categoría de la carretera y el criterio del diseñador. En este caso se empleará el valor indicado en la tabla 42, Po = 4.2. De la tabla 43

se adoptó un índice de serviciabilidad final Pt = 2.5, ya que el tramo analizado corresponde a una carretera igual para caminos principales.

Tabla 42. Serviciabilidad inicial

Elementos	Índice de serviciabilidad inicial
Pavimento rígido	4.5
Pavimento flexible	4.2

Fuente: (SIECA, Manual Centroamericano para Diseño de Pavimento, 2002)

Tabla 43. Serviciabilidad final

Tipo de tráfico	Índice de serviciabilidad final
Igual o más para caminos principales	2.5
Caminos de tránsito menor	2

Fuente: (SIECA, Manual Centroamericano para Diseño de Pavimento, 2002)

La pérdida por serviciabilidad se puede determinar mediante la ecuación 6, dando como resultado un valor de pérdida total en el índice de serviciabilidad de 1.7.

Ecuación 12: Pérdida por serviciabilidad

$$\Delta \mathrm{PSI} = \mathrm{Po} - \mathrm{Pt}$$

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.5 = 1.7$$

- **Módulo de resiliencia**

Para determinar este módulo se han definido ecuaciones de correlación derivadas de ensayos que vinculan el módulo resiliente con el CBR; a continuación, se muestran dichas ecuaciones:

Para materiales de subrasante con valores de CBR mayores a 10%

Ecuación 13: CBR mayores a 10%

$$\mathrm{MR} = 4326 * \mathrm{Ln}(\mathrm{CBR}) + 241$$

Para materiales de subrasante con valores de CBR menores a 7.2%

Ecuación 14: CBR menores a 7.2%

$$\mathrm{MR} = 1500 * \mathrm{CBR}$$

Como ya se conoce el CBR de diseño y, al ser un CBR de 4, se hará uso de la ecuación 14

$$MR = 1500 * 4 = 6000Psi$$

Conociendo así que el módulo de resiliencia es de 6000 Psi.

- **Coeficientes estructurales:**

Coeficiente de drenaje: En el capítulo 7 de la AASTHO-93 sugiere los coeficientes de drenaje para el cálculo de los espesores de diseño, los cuales se presentan en las tablas 44 Y 45.

Tabla 44. Coeficiente de drenaje de la capa

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

Fuente: (AASHTO, 1993)

Tabla 45. Tabla de valores recomendados para el coeficiente de drenaje

Calidad del drenaje	P = % del tiempo que el pavimento está expuesto a niveles de saturación			
Calificación	< 1%	1% - 5%	5% - 25%	> 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.2
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.8
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.6
Muy pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.4

Fuente: (AASHTO, 1993)

Coeficientes de capa: Los coeficientes de capa, denominados a1, a2 y a3, corresponden respectivamente a la superficie de rodadura, la capa base y la subbase. Estos coeficientes son fundamentales porque cuantifican la influencia de cada estrato en el comportamiento estructural del pavimento, ponderando la aportación de cada componente al rendimiento total.

La norma AASHTO 93 recomienda el uso de gráficos nominales para evaluar dichos parámetros.

A través de la consulta del nomograma mostrado en la ilustración 2, se determinó que el coeficiente a1 tiene un valor de 0.44, al considerar un módulo elasticidad del asfalto de 426,700 Psi, valor comúnmente utilizado para construcciones en nuestra región.

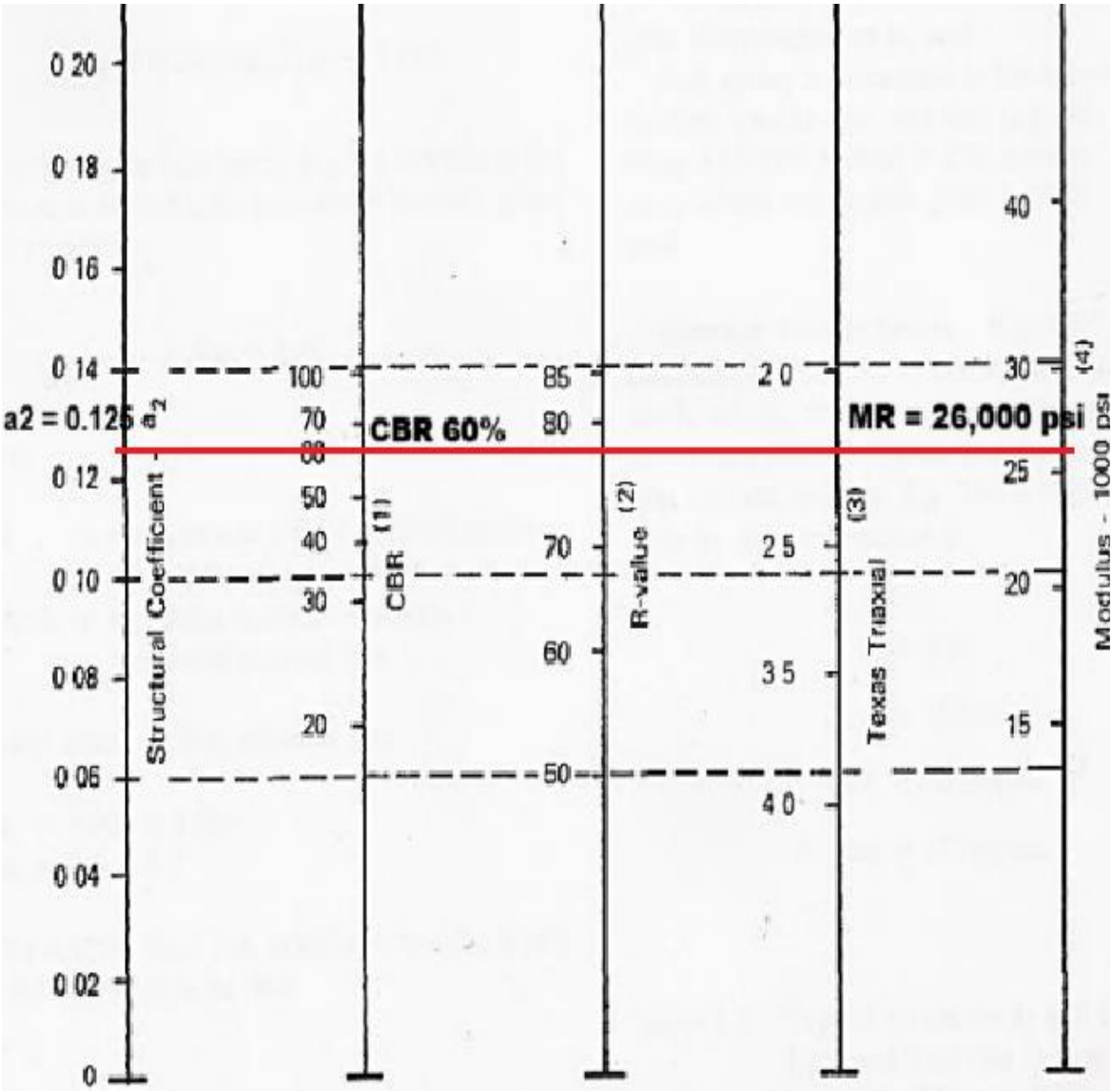
Ilustración 6. Gráfico para determinar el coeficiente estructural (a1) de la mezcla asfáltica



Fuente: (AASHTO, 1993)

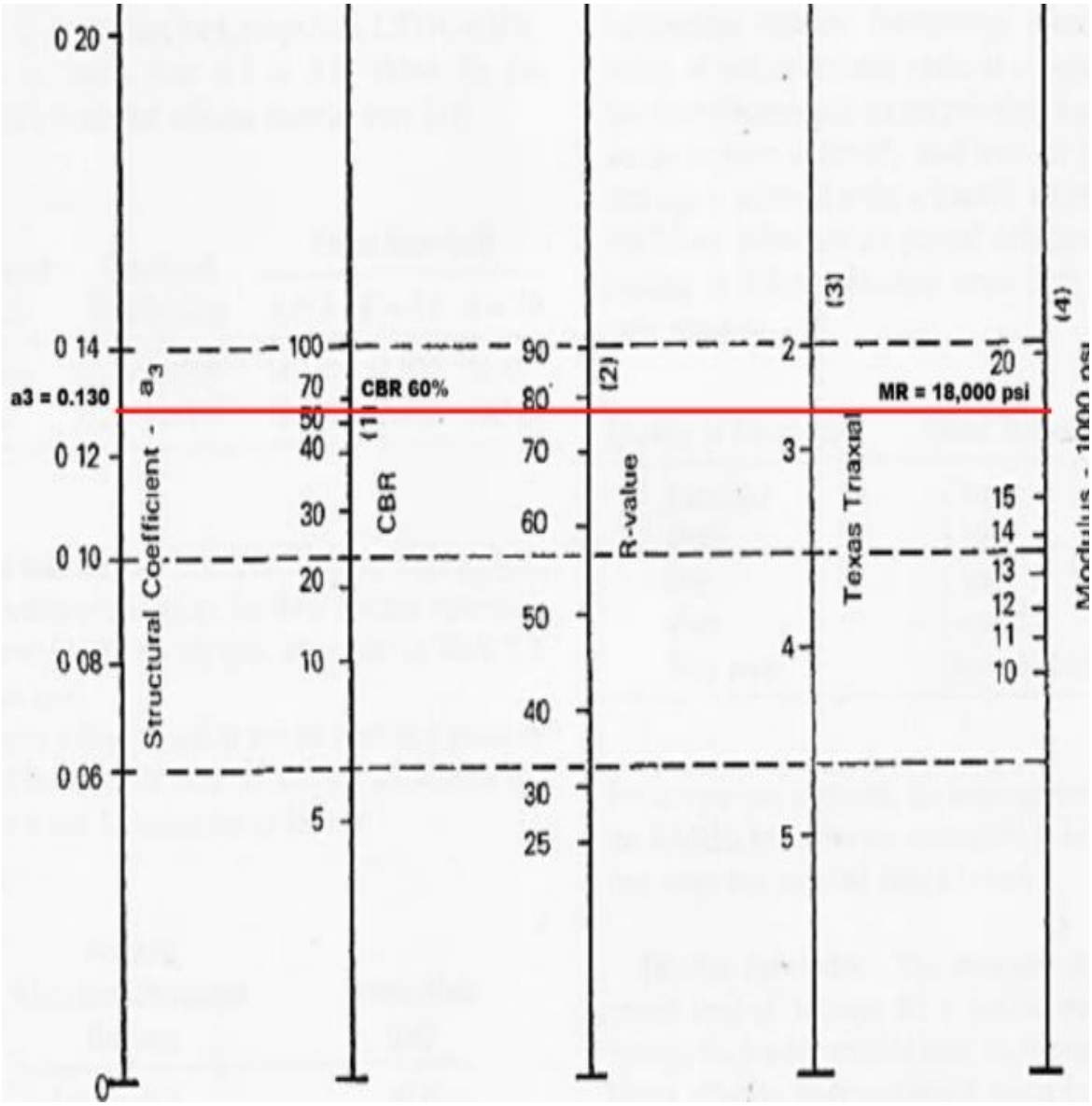
Una vez determinados los valores de CBR para la base y la subbase, se procedió a utilizar los nomogramas correspondientes (Ilustraciones 7 y 8) para la obtención de los coeficientes estructurales de capa. Como resultado, se obtuvo para la base un coeficiente a2=0.125, asociado a un módulo resiliente de 26,000 psi, y para la subbase un coeficiente a3=0.130, correspondiente a un módulo resiliente de 18,000 psi.

Ilustración 7. Gráfico para determinar el coeficiente estructural (a2) de la base granular



Fuente: (AASHTO, 1993)

Ilustración 8. Gráfico para determinar el coeficiente estructural (a3) de la subbase granular

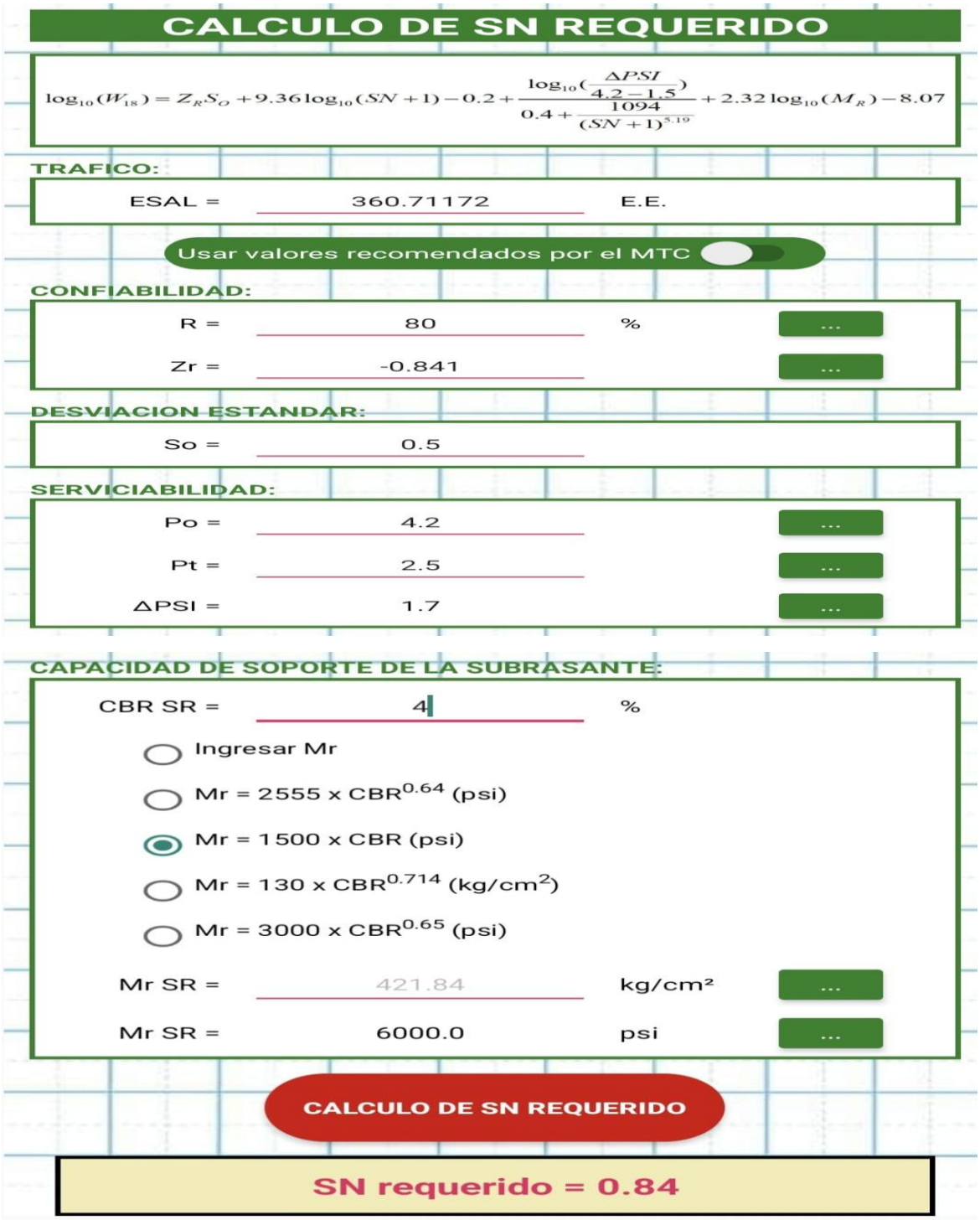


Fuente: (AASHTO, 1993)

- **Espesores de capa**

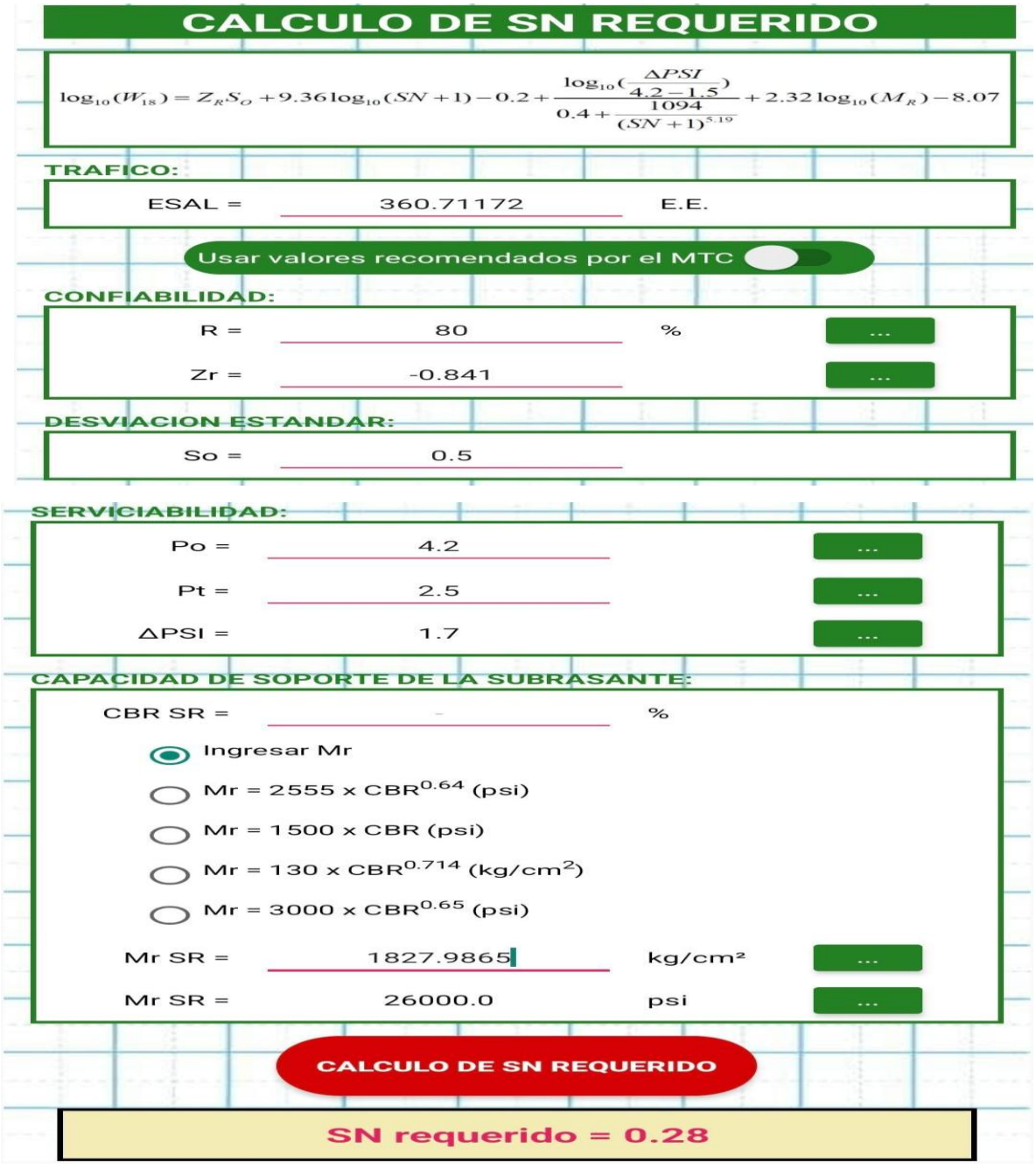
Para determinar los espesores de las capas, primero se deben conocer los números estructurales para cada capa correspondientes (SN3, SN2 y SN1). Estos números se conocerán haciendo uso de los datos calculados con anterioridad y también de la app móvil DPA93, los resultados se muestran en las ilustraciones 9-11.

Ilustración 9. Cálculo de SN3



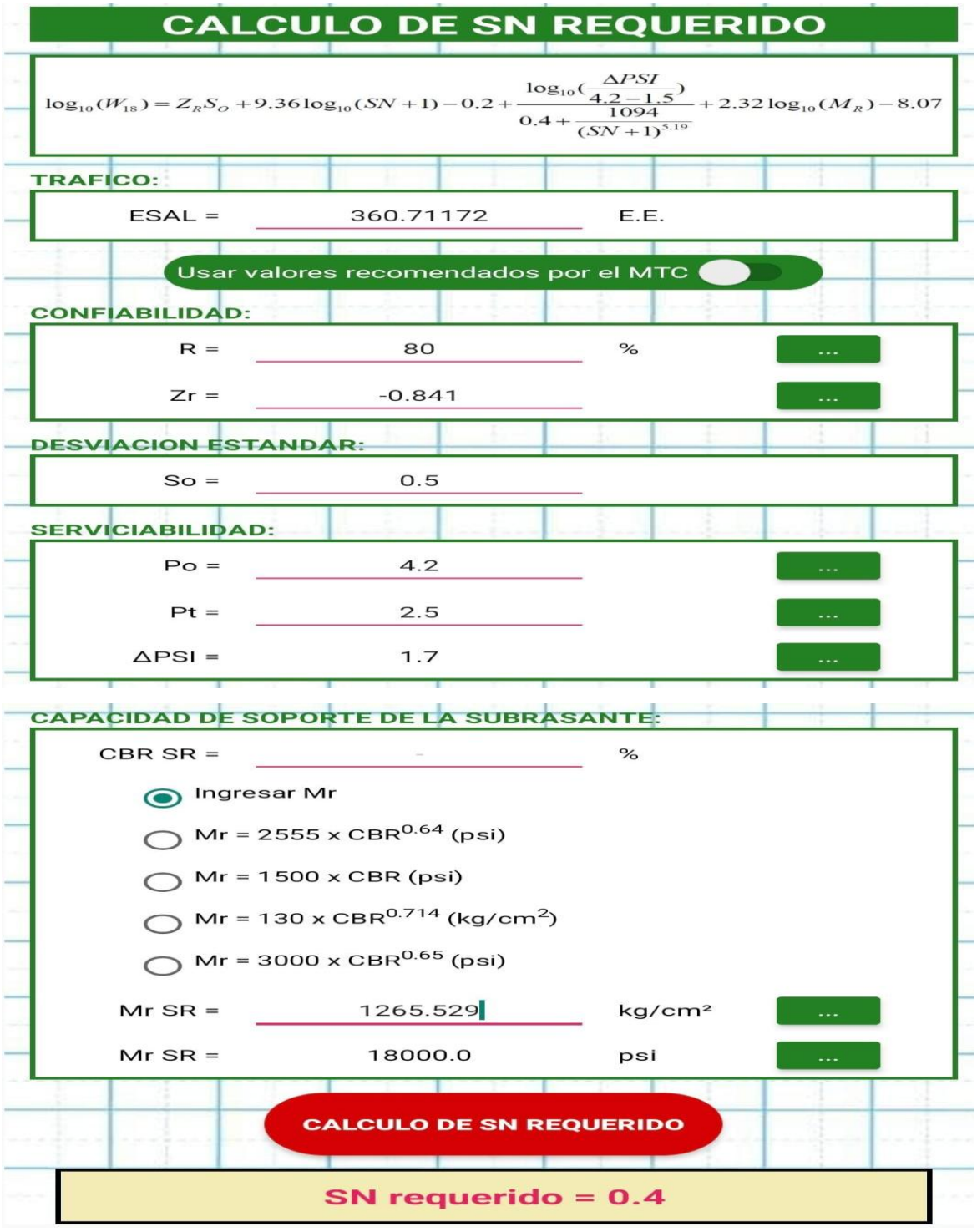
Fuente: Elaboración propia con software DPA93

Ilustración 10. Cálculo de SN2



Fuente: Elaboración propia con software DPA93

Ilustración 11. Cálculo de SN1



Fuente: Elaboración propia con software DPA93

Se obtuvieron los valores estructurales parciales correspondientes a cada capa, siendo SN1= 0.4. SN2 = 0.28 y SN3 = 0.84. Con estos resultados, se procederá a determinar los espesores requeridos para cada una de las capas del pavimento, mediante la aplicación de las ecuaciones que se presentan a continuación.

Carpeta de rodamiento:

Para calcular el espesor de la carpeta de rodamiento se hará uso de la ecuación 15

Ecuación 15: Espesor de Capa D1

$$\mathrm{D1} \geq \frac{\mathrm{SN1}}{\mathrm{a1}}$$

Dando como resultado

$$D1 = \frac{0.4}{0.44} = 0.9"$$

Según la AASTHO el espesor mínimo para una carpeta de concreto asfáltico con un ESAL menor a 50,000 es de 1”, según se muestra en la tabla 46.

Tabla 46. Espesor mínimo por capas

Número de ESAL´S	Espesor mínimo (plg)	
	Concreto Asfáltico	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: (AASHTO, 1993)

Se usará un valor de D1 igual a 2” ya que tenemos un número de ESAL´S igual a 360.71172. Una vez determinado el valor de D1 debe corregir el valor de SN1

Ecuación 16: Corrección de SN1

$$\mathrm{D1} * \mathrm{a1} = \mathrm{SN1}$$

$$2" * 0.44 = 0.88$$

Base granular

Para calcular el espesor de la base granular se hará uso de la ecuación 17

Ecuación 17: Espesor de Capa D2

$$\mathrm{D2} \geq \frac{\mathrm{SN2} - \mathrm{SN1}}{\mathrm{a2} * \mathrm{m2}}$$

Dando como resultado

$$D2 = \frac{0.28 - 0.88}{0.125 * 1} = -4.8"$$

El valor negativo indica que no deberá ser necesario la colocación de una base granular, sin embargo, por recomendación de la normativa AASHTO 93 se usará el valor mínimo de D2 = 4" para colocado de una base (Ver tabla 46).

Una vez determinado el valor de D2 se debe corregir el valor de SN2:

Ecuación 18: Corrección de SN2

$$\mathrm{a2} * \mathrm{m2} * \mathrm{D2} = \mathrm{SN2}$$

$$0.125 * 1 * 4 = 0.5$$

Subbase granular:

Para calcular el espesor de la subbase granular se hará uso de la ecuación 19

Ecuación 19: Espesor de Capa D3

$$\mathrm{D3} \geq \frac{\mathrm{SN3} - (\mathrm{SN1} + \mathrm{SN2})}{\mathrm{a3} * \mathrm{m3}}$$

Dado como resultado

$$\mathrm{D3} = \frac{0.84 - (0.88 + 0.5)}{0.13 * 1} = -4.15"$$

Al obtener como resultado un número de espesor negativo se puede prescindir de colocar una subbase. Obteniendo un espesor total de estructura de pavimento de 6" (Ver tabla 47). (Ver detalles en anexo XI)

Tabla 47. Espesor total

Capa	Espesor	
	Pulgadas	Centímetros
Concreto Asfáltico	2	5.08
Base	4	10.16
Espesor total	6	15.24

Fuente: Elaboración propia

- **Concreto Hidráulico (Pavimento Rígido)**

Para este tipo de pavimento se utilizará el diseño de estructura proporcionado por la Alcaldía de Managua, departamento de construcción. Este diseño propone una base compuesta por material selecto y hormigón rojo con un espesor de 30 cm desde la subrasante, además propone un espesor de losa de concreto hidráulico MR-36 de 12 cm y un bordillo fundido con el concreto hidráulico de 22.5 cm de altura desde el suelo y un espesor de 10 cm, también se propone un andén de espesor de 7.5 cm y un ancho de 120 cm con modulaciones a cada 150 cm.

Para la carpeta de concreto hidráulico, la Alcaldía de Managua propone una modulación de losa de 3.5 m x 4.5 m, con un refuerzo de varillas corrugadas Gr. 40 de 1” x 0.80 m en las juntas longitudinales ubicadas a cada 70 cm y refuerzo de varillas lisas Gr. 40 de 1” x 0.40 m en las juntas transversales ubicadas a cada 30 cm (Ver detalles en anexo XII).

7.3. Evaluación comparativa técnica de alternativas de pavimento

Para el diseño de la calle marginal se analizaron dos alternativas pavimentos siendo asfalto (pavimento flexible) y concreto hidráulico MR (pavimento rígido), se compararon sus características técnicas considerando criterios de vida útil, mantenimiento, comportamiento estructural y desempeño climático guiado por criterios expuestos por AASHTO (1993), SIECA (2002) y El Manual Vial del MTI (2008) de los cuales se extrae la información resumida en la tabla 48.

Tabla 48. Comparativa técnica de alternativas de pavimento

Característica	Pavimento Asfáltico	Pavimento Concreto MR
Vida útil de diseño	10 – 20 años	20 – 40 años
Frecuencia de mantenimiento rutinario	Cada 3 – 5 años (bacheo, sello superficial)	Cada 5 – 10 años (sellado de juntas)
Rehabilitación mayor	Refuerzo cada 8 – 12 años	Puede requerir después de 20 – 30 años
Sensibilidad a temperatura alta	Alta: susceptibilidad a ahuellamiento y reblandecimiento	Baja: mínima deformación por calor
Sensibilidad a temperatura baja	Fisuración térmica en climas fríos	Puede presentar fisuración por contracción
Deformación permanente	Puede presentar ahuellamiento	Prácticamente nula
Resistencia a cargas pesadas	Buena, pero depende del espesor	Muy alta, trabaja por rigidez
Módulo estructural	Flexible (depende de capas granulares)	Rígido (trabaja como losa)
Tiempo de habilitación al tráfico	24 – 48 horas	7 – 14 días (curado)
Costo inicial	Menor	Mayor
Costo de ciclo de vida	Mayor por mantenimiento frecuente	Menor a largo plazo
Reflectividad solar	Baja (absorbe calor)	Alta (reduce efecto isla de calor)
Comportamiento ante inundaciones	Puede perder adherencia y desintegrarse	Mejor desempeño estructural

Característica	Pavimento Asfáltico	Pavimento Concreto MR
Facilidad de reparación	Alta, rápida intervención	Reparación más especializada

Fuente: Elaboración propia

Del análisis comparativo se concluye que el pavimento rígido de concreto hidráulico MR es la alternativa más conveniente para el diseño de la calle marginal. Aunque el pavimento flexible presenta menor costo inicial y rápida habilitación al tránsito, el pavimento rígido ofrece mayor vida útil, menor frecuencia de mantenimiento y mejor desempeño ante cargas repetitivas y variaciones climáticas. Su comportamiento como losa de alta rigidez permite una distribución más eficiente de esfuerzos hacia la subrasante, reduciendo deformaciones y prolongando la funcionalidad de la vía.

7.4. Estudio socioeconómico

Para determinar los costos directos del proyecto se tomaron como referencia los costos unitarios de la Guía de Costos del Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE) del año 2023. De esta guía se basan todos los proyectos del país de esta categoría, donde se establecen los costos unitarios para cada una de las actividades, ya sea para obras verticales u horizontales, incluyendo mano de obra en cada una de las actividades.

7.4.1. Costos directos

En las tablas 49 y 50 se pueden ver los costos directos del proyecto para los dos tipos de carpeta de rodamiento que se propusieron:

Tabla 49. Costos directos para asfalto

Costos Directos (Asfalto)					
Etapa	Sub etapa	Cantidad	U/M	Precio C$	Total C$
Preliminares	Limpieza Inicial	9166.50	M2	C$ 24.23	C$ 222,104.30
	Trazo y nivelación	9166.50	M2	C$ 14.54	C$ 133,246.08
Movilización y desmovilización	Movilización y desmovilización de equipos	30.00	KM	C$ 1,762.33	C$ 52,869.97
Movimiento de tierra	Acarreo de materiales (Selecto)	651.92	M3	C$ 354.05	C$ 230,810.32
	Acarreo de materiales (Hormigón)	279.39	M3	C$ 228.09	C$ 63,726.57
	Corte y relleno compensado (con motoniveladora y vibro compactadora)	45298.99	M3	C$ 197.87	C$ 8,963,456.70
	Revestimiento (Base de material selecto)	561.19	M3	C$ 297.02	C$ 166,681.95
	Revestimiento (Base de hormigón rojo)	240.51	M3	C$ 246.44	C$ 59,271.66
	Conformación y compactación	6615.00	M2	C$ 73.86	C$ 488,566.70
	Explotación o corte (con tractor sobre orugas D-6D) en banco de material	931.32	M3	C$ 200.00	C$ 186,263.28
Carpeta de Rodamiento	Carpeta de mezcla asfáltica en caliente (con asfalto ac-20) (tendido con pavimentadora asfáltica)	336.04	M3	C$ 3,457.88	C$ 1,161,993.82
	Conformación y compactación	6615.00	M2	C$ 73.86	C$ 488,566.70

Andenes y bordillos	Anden de concreto 3000psi (Con mezcladora) espesor 7.5cm y modulación de 1.2 m x 1.5 m	1890.00	M	C$ 856.95	C$ 1,619,640.22
	Bordillo de concreto	1890.00	M	C$ 180.33	C$ 340,829.18
Obras de drenaje	Mezcla de suelo cemento (Incluye acarreo con camión volquete)	48.00	M3	C$ 3,839.92	C$ 184,316.33
	Caja puente de concreto prefabricado de 3m x 3m x 1m	15.00	C/U	C$ 95,681.70	C$ 1,435,225.50
Señalización horizontal y vertical	Señales viales permanentes (señalización horizontal)	980.00	M	C$ 7.00	C$ 6,860.59
Barandales de protección	Barandal de protección (En la caja puente)	15.4	M	C$ 7,163.63	C$ 110,319.84
Limpieza y entrega final	Limpieza final	9166.50	M2	C$ 24.23	C$ 222,104.30
Costos Directos totales para carpeta de rodamiento de asfalto					C$ 16,136,854.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 50. Costos directos para concreto hidráulico MR 36

Costos Directos (Concreto MR)					
Etapa	Sub etapa	Cantidad	U/M	Precio C$	Total C$
Preliminares	Limpieza Inicial	9166.50	M2	C$ 24.23	C$ 222,104.30
	Trazo y nivelación	9166.50	M2	C$ 14.54	C$ 133,246.08
Movilización y desmovilización	Movilización y desmovilización de equipos	30.00	KM	C$ 1,762.33	C$ 52,869.97
Movimiento de tierra	Acarreo de materiales (Selecto)	1924.97	M3	C$ 354.05	C$ 681,528.08
	Acarreo de materiales (Hormigón)	824.99	M3	C$ 228.09	C$ 188,169.01
	Corte y relleno compensado (con motoniveladora y vibro compactadora)	45298.99	M3	C$ 197.87	C$ 8,963,456.70
	Revestimiento (Base de material selecto)	1924.97	M3	C$ 297.02	C$ 571,743.67
	Revestimiento (Base de hormigón rojo)	824.99	M3	C$ 246.44	C$ 203,310.54
	Conformación y compactación	6615.00	M2	C$ 73.86	C$ 488,566.70
	Explotación o corte (con tractor sobre orugas D-6D) en banco de material	2749.95	M3	C$ 200.00	C$ 549,990.00
Carpeta de Rodamiento	Concreto Hidráulico MR 36	793.80	M3	C$ 3,899.65	C$ 3,095,542.17
	Varilla corrugada G40 #8	164.00	C/U	C$ 412.00	C$ 67,568.00
	Varilla lisa G40 #8	42.00	C/U	C$ 423.00	C$ 17,766.00

Costos Directos (Concreto MR)					
Etapa	Sub etapa	Cantidad	U/M	Precio C$	Total C$
Andenes y bordillos	Anden de concreto 3000psi (Con mezcladora) espesor 7.5cm y modulación de 1.2 m x 1.5 m	1890.00	M	C$ 856.95	C$ 1,619,640.22
	Bordillo de concreto	1890.00	M	C$ 180.33	C$ 340,829.18
Obras de drenaje	Mezcla de suelo cemento (Incluye acarreo con camión volquete)	48.00	M3	C$ 3,839.92	C$ 184,316.33
	Caja puente de concreto prefabricado de 3m x 3m x 1m	15.00	C/U	C$ 95,681.70	C$ 1,435,225.50
Señalización horizontal y vertical	Señales viales permanentes (señalización horizontal)	980.00	M	C$ 7.00	C$ 6,860.59
Barandales de protección	Barandal de protección (En la caja puente)	15.4	M	C$ 7,163.63	C$ 110,319.84
Limpieza y entrega final	Limpieza final	9166.50	M2	C$ 24.23	C$ 222,104.30
Costos Directos totales para carpeta de rodamiento de Concreto hidráulico					C$ 19,155,157.18

Fuente: Elaboración propia

Para la carpeta de asfalto se tiene un valor total por costos directos de C$16,136,854.00, mientras que para la carpeta de concreto hidráulico se tiene un valor total por costos directos de C$19,155,157.18, teniendo una diferencia de C$3,018,303.18 más que la del asfalto.

7.4.2. Costos indirectos

Para calcular los costos indirectos se utilizará, de los costos directos, un valor del 15% para administración, el 8% para utilidades, un 15% de IVA, para el IR el 2% y

para el IM el 1%. En las tablas 51 y 52 se presentarán los costos indirectos del proyecto para los dos tipos de carpeta de rodamiento que se propusieron:

Tabla 51. Costos indirectos para asfalto

Costos indirectos (Asfalto)		
Descripción	Porcentaje	Total
Administración	15%	C$2,420,528.10
Utilidades	8%	C$1,290,948.32
IVA	15%	C$2,420,528.10
IR	2%	C$322,737.08
IM	1%	C$161,368.54
Costos Indirectos totales para carpeta de rodamiento de asfalto		C$6,616,110.14

Fuente: Elaboración propia

Tabla 52. Costos indirectos para concreto hidráulico MR

Costos indirectos (Concreto MR 36)		
Descripción	Porcentaje	Total
Administración	15%	C$2,873,273.58
Utilidades	8%	C$1,532,412.57
IVA	15%	C$2,873,273.58
IR	2%	C$383,103.14
IM	1%	C$191,551.57
Costos indirectos totales para carpeta de rodamiento de Concreto hidráulico		C$7,853,614.44

Fuente: Elaboración propia

Al igual que en las tablas anteriores, se puede observar el valor total de los costos para cada carpeta de rodamiento que se propusieron: para el asfalto se tiene un costo indirecto total de C$ 6,616,110.14 mientras que para el concreto MR se tiene un costo indirecto total de C$ 7,853,614.44, teniendo una diferencia de C$

1,237,504.3 más que el costo del asfalto. Esto respecta a los costos de inversión fija del proyecto, la cual aún no se refiere a la inversión total que se tendrá que realizar.

7.4.3. Inversión diferida

El capital de trabajo corresponde a la resta entre el Activo Circulante y el Pasivo Circulante. En términos prácticos, representa los recursos que una empresa necesita para operar después de haber realizado las inversiones en activos fijos y diferidos; siempre es necesario al comenzar la operación del proyecto.
La inversión diferida comprende los gastos indispensables para poner en marcha el proyecto. Entre ellos se incluyen, por ejemplo, los costos de formulación y supervisión.

Se consideró un 3% del monto de construcción para la formulación y la supervisión respectivamente, ya que estas son las etapas iniciales de todo proyecto de construcción, ya sea en el sector público o privado, la formulación es la que definirá la viabilidad del proyecto en cualquiera de sus etapas. La tabla 53 muestra la inversión diferida para asfalto.

Tabla 53. Inversión diferida para asfalto

Inversión diferida (Asfalto)		
Descripción	Porcentaje	Total
Formulación del proyecto	3%	C$ 198,483.30
Supervisión del proyecto	3%	C$ 198,483.30
Costo de inversión diferida para asfalto		C$ 396,966.61

Fuente: Elaboración propia

Este 3% antes mencionado, está en base a los cálculos del costo directo más los indirectos del proyecto, la cual se estima en un monto de C$ 22,752,964.13, obteniendo un total de C$ 198,483.30 para cada uno de los casos para la estructura de pavimento de asfalto. Con C$ 396,966.61 de costos de inversión diferida.

La tabla 54 muestra la inversión diferida para el concreto hidráulico MR

Tabla 54. Inversión diferida para concreto MR 36

Inversión diferida (Concreto MR 36)		
Descripción	Porcentaje	Total
Formulación del proyecto	3%	C$235,608.43
Supervisión del proyecto	3%	C$235,608.43
Costo de inversión diferida para concreto MR 36		C$471,216.87

Fuente: Elaboración propia

Al igual que en el caso anterior, este 3% está en base a los cálculos del costo directo más los indirectos del proyecto, los cuales dan un monto de C$ 27,008,771.62, obteniendo un total de C$ 235,608.43 para cada uno de los casos para la estructura de pavimento de concreto MR 36. Con C$ 471,216.87 de costos de inversión diferida.

7.4.4. Inversión total inicial

La inversión total engloba todos los desembolsos definidos al calcular los activos fijos y los activos diferidos. A partir de esos cálculos se establece la inversión total inicial del proyecto de 945 m de una de una marginal ubicada en el costado noroeste del cauce Las Américas, intersección La Subasta.

La inversión total incluye los montos correspondientes a la inversión fija y a la inversión diferida necesarios para llevar a cabo el proyecto. Se presentan en las tablas 55 y 56.

Tabla 55. Inversión total para asfalto

Inversión total (Asfalto)	
Descripción	Monto C$
Activos Fijos	C$22,752,964.13
Activos Diferidos	C$396,966.61
Total	C$23,149,930.74

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que el costo de inversión total inicial para el proyecto con carpeta de rodamiento de concreto asfáltico considerando costos directos, costos indirectos e inversión diferida alcanza una sima de C$ 23,149,930.74.

Tabla 56. Inversión total para concreto MR 36

Inversión total (Concreto MR 36)	
Descripción	Monto C$
Activos Fijos	C$27,008,771.62
Activos Diferidos	C$471,216.87
Total	C$27,479,988.49

Fuente: Elaboración propia

Al igual que con el asfalto, se observa en la tabla 55 que el costo de inversión total inicial para el pavimento de concreto hidráulico MR 36 asciende hasta C$ 27,479,988.49, siendo este último mayor que el costo del asfalto por C$ 4,330,057.75.

7.4.5. Costos de operación

La vida útil de la calle se estima en 20 años, considerando los tipos de materiales a utilizar. Se calculó un monto de C$ 23,149,930.74 para el asfalto y C$ 27,479,988.49 para el concreto hidráulico como inversión total inicial. Es importante señalar que esta cifra se considera una inversión preliminar, ya que el proyecto puede experimentar modificaciones. Dado que se trata de una propuesta de prefactibilidad, pueden surgir cambios al realizar el estudio completo de factibilidad.

Hasta ahora, solo se han tenido en cuenta los gastos de inversión del proyecto, es decir, los costos de operación inicial. Una vez que el proyecto esté en funcionamiento, será necesario considerar los gastos de mantenimiento, que se proyectarán a lo largo de su vida útil.

Nicaragua ya tiene su partida presupuestaria para dar el debido mantenimiento a las redes viales, así lo informó el Fondo de Mantenimiento Vial (FOMAV), para 2026 proyecta una asignación presupuestaria de aproximadamente 2,338 millones de córdobas, enfocada en la rehabilitación y mantenimiento preventivo de la red vial nacional. El FOMAV tiene programado para cada año, atender intervenciones de carácter periódica y rutinaria en un total de 3.107 kilómetros (Km) a nivel nacional en los diversos tipos de superficie.

Los costos de operación del proyecto están referidos a los costos de mantenimiento que llevará consigo la puesta en funcionamiento de la obra una vez que se encuentre culminada y en funcionamiento. En las tablas 57 y 58 se muestran los costos por mantenimiento de cada carpeta respectivamente:

Tabla 57. Costo de mantenimiento cada 3 años (Asfalto)

Costos de mantenimiento cada 3 años (Asfalto)				
Descripción	U/M	Cantidad	Costo unitario C$	Costo total C$
Costos directos				
Carpeta de rodamiento	M2	6615	C$ 474.04	C$ 3,135,774.60
Limpieza de derecho de vía	HA	0.2835	C$ 19,608.64	C$ 5,559.05
Señalización	M2	980	C$ 7.00	C$ 6,860.59
Total de costos directos				C$ 3,148,194.24
Costos indirectos				
Administración	10%			C$ 314,819.42
Utilidades	6%			C$ 188,891.65
IVA	15%			C$ 472,229.14
IM	1%			C$ 31,481.94
IR	2%			C$ 62,963.88
Total de costos indirectos				C$ 1,070,386.04
Total de costos directos + costos indirectos				C$ 4,218,580.28

Fuente: Elaboración propia

Para las carpetas de rodamiento de asfalto se recomienda realizar mantenimiento preventivo cada 3 años, dándonos un costo de mantenimiento de C$ 4,218,580.28.

Tabla 58. Costo de mantenimiento cada 5 años (Concreto hidráulico MR 36)

Costos de mantenimiento cada 5 años (Concreto hidráulico MR 36)				
Descripción	U/M	Cantidad	Costo unitario C$	Costo total C$
Costos directos				
Carpeta de rodamiento	M2	1,470	C$724.29	C$1,064,706.30
Limpieza de derecho de vía	HA	0.2835	C$19,608.64	C$5,559.05
Señalización	M2	980	C$7.00	C$6,860.59
Total de costos directos				C$1,077,125.35
Costos indirectos				
Administración	10%			C$314,819.42
Utilidades	6%			C$188,891.65
IVA	15%			C$472,229.14
IM	1%			C$31,481.94
IR	2%			C$62,963.88
Total de costos indirectos				C$1,070,386.04
Total de costos directos + costos indirectos				C$2,147,511.39

Fuente: Elaboración propia

A diferencia del asfalto, el concreto hidráulico puede soportar más tiempo sin mantenimiento preventivo, siendo recomendable darle mantenimiento cada 5 años, esto nos da un costo de mantenimiento de C$ 2,147,511.39, siendo menor que el del asfalto por C$ 2,071,068.89.

Como el período de diseño está contemplado para 20 años, se muestran los costos de inversión total y de mantenimiento para cada carpeta en el período de diseño en la tabla 59.

Tabla 59. Costo total del proyecto en el período de diseño

Periodo de diseño		
Mantenimientos en el período de diseño	Asfalto	6
	Concreto hidráulico	4
Costo total del proyecto		
Descripción	Asfalto	Concreto hidráulico
Costo total de inversión	C$23,149,930.74	C$27,479,988.49
Costo de mantenimiento en el período de diseño	C$25,311,481.67	C$8,590,045.56
Monto total C$	C$48,461,412.41	C$36,070,034.05

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, el costo de inversión total del concreto hidráulico para un período de diseño de 20 años es menor que el del asfalto, resultando una mejor opción económicamente hablando.

7.4.6. Beneficios del proyecto

Los proyectos de infraestructura vial no generan ingresos directos, ya que, hasta el momento de este estudio, no se cobra peaje en el país, lo cual sería la única fuente de ingresos monetarios para este tipo de iniciativa social. Dado que se trata de un proyecto social, los beneficios se miden en términos de las ventajas que aportarán a la comunidad beneficiaria, tales como el aumento en el valor de las propiedades, la disminución de los costos de operación de los vehículos que transitarán por la vía, y la mejora en la calidad de vida de los residentes.

- **Plusvalía generada por la propiedad:**

El proyecto beneficiará a un total de 10 edificaciones comerciales ubicadas a lo largo del camino, así como a aproximadamente 5 predios vacíos en sus alrededores. Debido a que no se dispone de un valor específico y definido para dichas edificaciones y terrenos, se recurrió al uso de referencias bibliográficas y fuentes del sector inmobiliario para estimar sus valores. Con base en estas fuentes, se establece que el valor promedio actual de las edificaciones, en ausencia del proyecto, ronda los $85,400.00, mientras que el valor promedio de los terrenos se

estima en $55,000.00. Cabe destacar que estos predios corresponden a áreas de gran extensión, con potencial para el desarrollo de infraestructuras como escuelas, centros de salud, bancos o parques. Asimismo, se considera que la ejecución del proyecto generará un incremento aproximado del 4 % en el valor tanto de las edificaciones como de los terrenos. La tabla 60 muestra los valores referentes al aumento de la plusvalía de la zona.

Tabla 60. Aumento en la plusvalía de la propiedad

Descripción	Edificación comercial	Predios
Cantidad	10	5
Costo unitario promedio $	$85,400.00	$55,000.00
Costo unitario promedio C$	C$3,127,715.22	C$2,014,336.50
Costo promedio total $	$854,000.00	$275,000.00
Costo promedio total C$	C$31,277,152.20	C$10,071,682.50
Aumento de valor %	4%	4%
Nuevo valor $	$88,816.00	$57,200.00
Nuevo valor C$	C$3,252,823.83	C$2,094,909.96
Plusvalía $	$3,416.00	$2,200.00
Plusvalía C$	C$125,108.61	C$80,573.46

Fuente: Elaboración propia

El incremento de la plusvalía por vivienda es de $ 3,416.00 (C$ 125,108.61) y el incremento por predio es de $ 2,200.00 (C$ 80,573.46) gracias a la implementación del proyecto.

- **Reducción de costo de transporte:**

La nueva calle puede proporcionar una ruta más directa, lo que reduce el tiempo de viaje y un ahorro en combustible, además, menos tiempo en la carretera y mejores condiciones de camino puede traducirse en menores costos de mantenimiento como se muestra en la tabla 61.

Suponiendo que:

- Costo promedio del combustible: C$ 50 por litro.

- Eficiencia promedio de combustible: 10 km/litro.
- Costo promedio de mantenimiento por kilómetro: C$ 0.5.
- Salario promedio por hora: C$ 50.

Tabla 61. Reducción de costos de transporte

Descripción	Antes de la calle	Después de la calle	Ahorro
Distancia (KM)	1.43	1.3	0.13
Tiempo de viaje (h)	0.5	0.4	0.1
Costo de combustible	C$7.15	C$6.50	C$0.65
Costo de mantenimiento	C$0.72	C$0.65	C$0.06
Costo laboral	C$25.00	C$20.00	C$5.00
Costo total por viaje	C$32.87	C$27.15	C$5.72
TPDA = 2012 veh/día	C$66,124.38	C$54,625.80	C$11,498.58

Fuente: Elaboración propia

La construcción de la calle puede resultar en un ahorro de C$ 5.72 por viaje y si consideramos que cada vehículo que transita la zona hace solo 1 viaje al día, nos da una reducción de C$ 11,498.58 al día. Además, la reducción en el tiempo de viaje también puede mejorar la productividad de los trabajadores, permitiéndoles dedicar más tiempo a actividades productivas, ya que solo consideramos el tiempo de viaje sin tráfico pesado, en hora pico el tiempo de viaje se puede extender aún más.

- **Fomento del comercio local:**

Una mejor infraestructura vial facilita el acceso a tiendas y servicios, incentivando a más clientes a visitar los negocios locales. A medida que se mejora el acceso, los negocios pasan a tener mayor visibilidad, lo que puede atraer a nuevos clientes, no solo a los residentes locales, sino también aquellas personas que transitan por la carretera se verían incentivados a detenerse y consumir en los negocios.

7.4.7. Tasa interna de retorno económico (TIRE)

Dos parámetros comúnmente utilizados para evaluar la viabilidad de un proyecto son el VANE (Valor Actual Neto Económico) y el TIRE (Tasa Interna de Retorno Económico). Ambos se fundamentan en la estimación de los flujos de caja de la empresa, que se simplifica como ingresos menos gastos netos.

La tasa interna de retorno económico (TIRE) de una inversión o proyecto se refiere a la tasa efectiva anual compuesta de retorno o la tasa de descuento que iguala el valor actual neto de todos los flujos de efectivo (tanto positivos como negativos) de una inversión específica a cero.

En general, las tasas internas de retorno son utilizadas para determinar la idoneidad de las inversiones o proyectos. Cuanto más alta sea la tasa interna de retorno de un proyecto, más atractivo resultará su ejecución. Debido a que nuestra evaluación es una evaluación socioeconómica, el cálculo de la TIRE se realizará con los beneficios económicos antes presentados. En las tablas 61 y 62 se muestran los flujos netos por períodos para cada carpeta de rodamiento propuesta.

Tabla 62. Flujo neto por períodos (Asfalto)

Flujo de caja (Asfalto)					
Año	Ingresos		Egresos		Flujo neto
	Plusvalía	Reducción de costos de transporte	Inversión inicial	Costo de mantenimiento	
2025			C$23,149,930.74		-C$23,149,930.74
2026	C$205,682.07	C$4,196,981.70			C$4,402,663.77
2027		C$4,301,906.24			C$4,301,906.24
2028		C$4,409,453.90		C$4,218,580.28	C$190,873.62
2029		C$4,519,690.25			C$4,519,690.25
2030		C$4,632,682.50			C$4,632,682.50
2031		C$4,748,499.56		C$4,218,580.28	C$529,919.29
2032		C$4,867,212.05			C$4,867,212.05
2033		C$4,988,892.36			C$4,988,892.36
2034		C$5,113,614.66		C$4,218,580.28	C$895,034.39
2035		C$5,241,455.03			C$5,241,455.03
2036		C$5,372,491.41			C$5,372,491.41
2037		C$5,506,803.69		C$4,218,580.28	C$1,288,223.41
2038		C$5,644,473.78			C$5,644,473.78

Año	Ingresos		Egresos		Flujo neto
	Plusvalía	Reducción de costos de transporte	Inversión inicial	Costo de mantenimiento	
2039		C$5,785,585.63			C$5,785,585.63
2040		C$5,930,225.27		C$4,218,580.28	C$1,711,644.99
2041		C$6,078,480.90			C$6,078,480.90
2042		C$6,230,442.92			C$6,230,442.92
2043		C$6,386,204.00		C$4,218,580.28	C$2,167,623.72
2044		C$6,545,859.10			C$6,545,859.10
2045		C$6,709,505.57			C$6,709,505.57

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de la TIRE se usó la función en Excel “TIR”, obteniendo un resultado de una tasa interna de retorno de 15%, siendo una tasa muy positiva.

Tabla 63. Flujo neto por períodos (Concreto hidráulico MR 36)

Flujo de caja (Concreto hidráulico MR 36)					
Año	Ingresos		Egresos		Flujo neto
	Plusvalía	Reducción de costos de transporte	Inversión inicial	Costo de mantenimiento	
2025			C$27,479,988.49		-C$27,479,988.49
2026	C$205,682.07	C$4,196,981.70			C$4,402,663.77
2027		C$4,301,906.24			C$4,301,906.24
2028		C$4,409,453.90			C$4,409,453.90
2029		C$4,519,690.25			C$4,519,690.25
2030		C$4,632,682.50		C$2,147,511.39	C$2,485,171.11
2031		C$4,748,499.56			C$4,748,499.56
2032		C$4,867,212.05			C$4,867,212.05
2033		C$4,988,892.36			C$4,988,892.36
2034		C$5,113,614.66			C$5,113,614.66
2035		C$5,241,455.03		C$2,147,511.39	C$3,093,943.64
2036		C$5,372,491.41			C$5,372,491.41
2037		C$5,506,803.69			C$5,506,803.69
2038		C$5,644,473.78			C$5,644,473.78

Año	Ingresos		Egresos		Flujo neto
	Plusvalía	Reducción de costos de transporte	Inversión inicial	Costo de mantenimiento	
2039		C$5,785,585.63			C$5,785,585.63
2040		C$5,930,225.27		C$2,147,511.39	C$3,782,713.88
2041		C$6,078,480.90			C$6,078,480.90
2042		C$6,230,442.92			C$6,230,442.92
2043		C$6,386,204.00			C$6,386,204.00
2044		C$6,545,859.10			C$6,545,859.10
2045		C$6,709,505.57		C$2,147,511.39	C$4,561,994.18

Fuente: Elaboración propia

Al igual que en caso anterior, se usó la función “TIR” en Excel para conocer la tasa interna de retorno, resultando en un valor del 16%, siendo igual de beneficiosa.

Para verificar la veracidad de estos datos se debe hacer uso de la siguiente ecuación:

Ecuación 20: Valor actual neto económico (VANE)

$$\mathrm{VANE} = -\mathrm{I}_0 + \sum_{\mathrm{n}=0}^{\mathrm{n}} \frac{\mathrm{Fn}}{(1+\mathrm{t})^{\mathrm{n}}} = 0$$

Donde

- I_0: Costo de inversión inicial en valor negativo
- Fn: Flujo neto a partir del año 1
- t: Tasa interna de retorno económico (TIRE)
- n: Período

Al utilizar el valor de la tasa interna de retorno económico en la ecuación, el valor del VANE debe resultar en 0. (Tabla 64)

Tabla 64. VANE y TIRE

Pavimento	TIRE	VANE
Asfalto	15%	C$0.00
Concreto hidráulico MR	16%	C$0.00

Fuente: Elaboración propia

De esta manera queda corroborado que los valores de ambas tasas son correctos y el proyecto es rentable para ambos tipos de pavimentos.

7.4.8. Valor actual neto (VANE)

El valor actual neto económico (VANE) es un indicador financiero que se utiliza para evaluar la viabilidad de un proyecto. Si al medir los flujos de ingresos y egresos futuros y descontar la inversión inicial se obtiene una ganancia, el proyecto se considera viable.

El VANE, también conocido como VAN, es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto para determinar si la inversión resultará rentable.

El valor actual neto económico nos ayudará a tomar decisiones en dos aspectos. Primero, nos permite saber si vale la pena realizar las inversiones para obtener

beneficios, y segundo, nos ayuda a identificar cuál inversión es más favorable. Para esto, se deben considerar los siguientes parámetros:

- VANE superior a 0: el proyecto de inversión generará ganancias y beneficios.
- VANE inferior a 0: la inversión debe ser rechazada, ya que causaría pérdidas.
- VANE igual a 0: el proyecto no produce ni pérdidas ni beneficios, resultando en una situación de indiferencia ante su ejecución.

Se realizó el cálculo del valor actual neto económico haciendo uso del manual de costos del FISE, el cual establece que las tasas de descuento que se utilizan para estos proyectos de interés social oscilan entre un 8% y 9%, para este caso se ha tomado una tasa de descuento del 8% y, haciendo uso de la ecuación 20 se consiguieron los resultados que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 65. VANE

Pavimento	Tasa de descuento	VANE
Asfalto	8%	C$14,343,566.42
Concreto hidráulico MR	8%	C$18,597,936.30

Fuente: Elaboración propia

Para ambos casos, al usar una tasa de descuento del 8% se obtienen valores positivos: para el asfalto se obtiene un VANE de C$14,343,566.42 y para el concreto hidráulico se obtiene un VANE de C$18,597,936.30, siendo esta última la que brinda un mayor valor económico.

7.4.9. Relación beneficio – costo

La relación beneficio - costo (B/C) en carreteras es un indicador económico que compara el valor presente de los beneficios (ahorro de tiempo, menores costos de operación vehicular, seguridad) frente al valor presente de los costos (inversión).

Un proyecto es viable si:

- B/C > 1: El proyecto es rentable.
- B/C = 1: Beneficios igualan a los costos.
- B/C < 1: El proyecto no es viable económicamente

Para calcular la relación beneficio – costo se deberá dividir el valor del VAN entre la inversión inicial del proyecto, según indica la ecuación 21:

Ecuación 21: Relación beneficio – costo (RBC)

$$\mathrm{RBC} = \frac{\sum_{n=0}^{n} \frac{Fn}{(1+t)^n}}{I_i}$$

En la tabla 66 se muestran las relaciones beneficio – costo para cada carpeta de rodamiento propuesta:

Tabla 66. Relación beneficio – costo

Pavimento	Relación beneficio - costo
Asfalto	1.62
Concreto hidráulico MR 36	1.68

Fuente: Elaboración propia

Para ambos casos el proyecto es viable económicamente, por lo que sus relaciones beneficio – costo son mayores que 1.

7.4.10. Análisis socioeconómico

El análisis y social, son dos herramientas complementarias que deberían ser consideradas en cualquier proyecto serio de intervenciones, tanto públicas como privadas. Hay protocolos para cuantificar impactos que no se refieren solo a números.

Para el análisis socioeconómico del proyecto de construcción de una marginal en el sector de la subasta, se ha logrado observar la necesidad de este, ya que las personas se han visto afectadas por la situación actual de la oferta vigente.

Se obtuvo información tanto económica como social, la cual facilitó la estructuración del flujo económico y, para este escenario se han realizado los cálculos del valor actual neto económico (VANE) y la tasa interna de retorno económico (TIRE) para dos propuestas de carpetas de rodamiento.

Ambas alternativas presentan VANE, TIRE y RBC positivos, lo que indica que, pese a las diferencias entre las dos propuestas de estructura de pavimento, las dos son económicamente viables. El concreto hidráulico muestra una mayor tasa interna de retorno (16 % frente al 15 % del asfalto) y una relación beneficio–costo superior

(1.68 frente a 1.62). Además, su VANE resulta también mayor: C$18,597,936.30 con una tasa de descuento del 8 %, frente a C$14,343,566.42 del asfalto.

Por otro lado, dentro de lo social, ambas propuestas tienden a producir menores costos operativos vehiculares y menor tiempo de viaje, además se espera que la construcción aumente la plusvalía de las edificaciones y los lotes que se encuentran en la zona del proyecto, al igual que se espera un mayor flujo comercial. Dados estos beneficios, se espera que el proyecto sea bien recibido por los usuarios, ya que, según el análisis de la encuesta realizada, la construcción de la calle marginal sería beneficiosa para la gente que circula y habita en el sitio del proyecto.

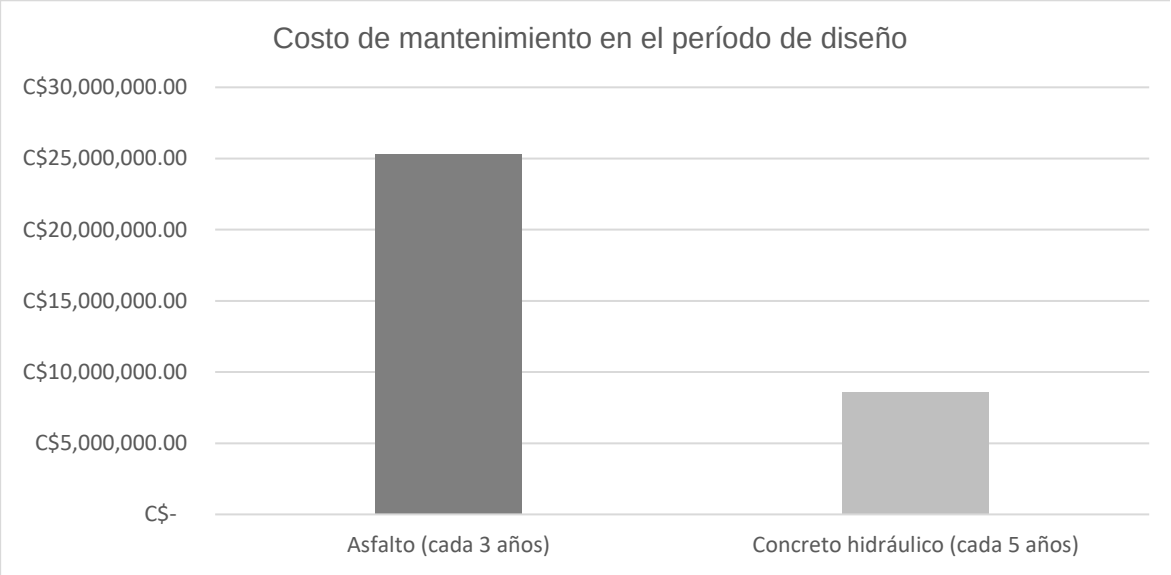
7.4.11. Evaluación comparativa económica de alternativas de pavimento

Aunque ambas opciones son económicamente viables (según lo visto en el análisis socioeconómico), el pavimento de concreto hidráulico MR 36 es la opción recomendada, esto debido a que:

- Costo total del proyecto:

  Si bien, el concreto hidráulico presenta un mayor costo de inversión inicial de C$ 27,479,988.49, a diferencia del asfalto que presenta un costo de inversión inicial de C$ 23,149,930.74, el concreto hidráulico presenta menores intervenciones y coste de mantenimiento (cada 5 años) que el asfalto (cada 3 años). Esto provoca que, en 20 años, el concreto hidráulico tenga menor costo total a diferencia del asfalto.

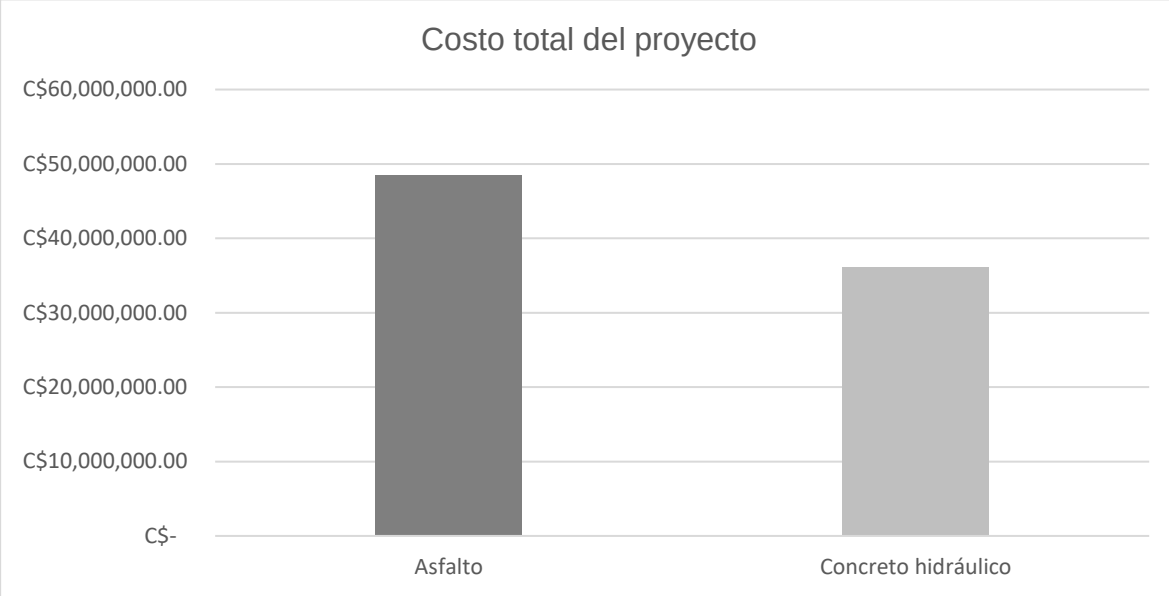
Gráfico 20. Costo de mantenimiento en el período de diseño



Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en el gráfico 20 que el costo total de mantenimiento del concreto hidráulico en el período de diseño del proyecto es mucho menor que el del asfalto (C$8,590,045.56 del concreto hidráulico y C$25,311,481.67 del asfalto), esto se debe a que el concreto hidráulico puede durar más tiempo sin intervenciones preventivas, pudiendo durar hasta 5 años sin mantenimiento, al contrario que el asfalto el cual necesita mantenimiento al menos cada 3 años, lo que aumenta su costo total siendo mayor que el del concreto hidráulico.

Gráfico 21. Costo total del proyecto



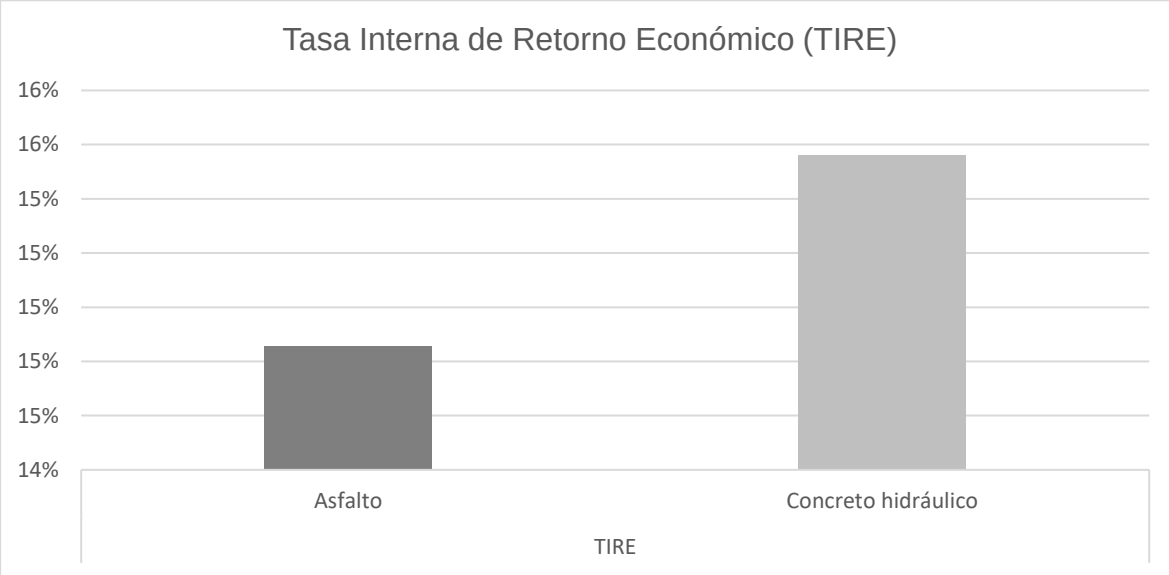
Fuente: Elaboración propia

De igual modo, en el gráfico 21 se puede observar como el costo total del proyecto con pavimento de asfalto es notablemente mayor que el del concreto hidráulico, alcanzando los C$48,461,412.41 mientras que el concreto hidráulico llega a los C$36,070,034.05, una diferencia de C$12,391,378.36.

- Tasa interna de retorno económico (TIRE), valor actual neto económico (VANE) y relación beneficio – costo (RBC):

  El concreto hidráulico MR 36 presenta un VANE mayor (C$18,597,936.30), una TIRE bastante beneficiosa (16%) y una RBC muy positiva (1.68), a diferencia del asfalto que presenta un VANE menor (C$14,343,566.42), una TIRE también menor (15%) e igual una RBC menor (1.62), esto indica mayor rentabilidad y mayor generación de valor económico a lo largo del periodo considerado para ambos pavimentos, pero el concreto hidráulico destaca por tener valores económicos mayores.

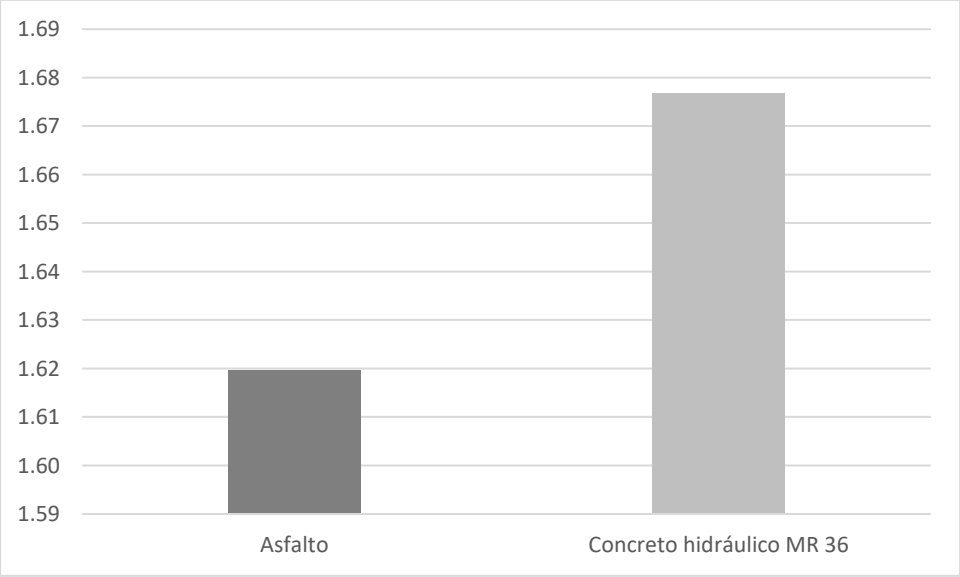
Gráfico 22. Tasa interna de retorno económico (TIRE)



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 22 se observa la diferencia entre la tasa interna de retorno del asfalto y la del concreto hidráulico, siendo superior la del concreto hidráulico.

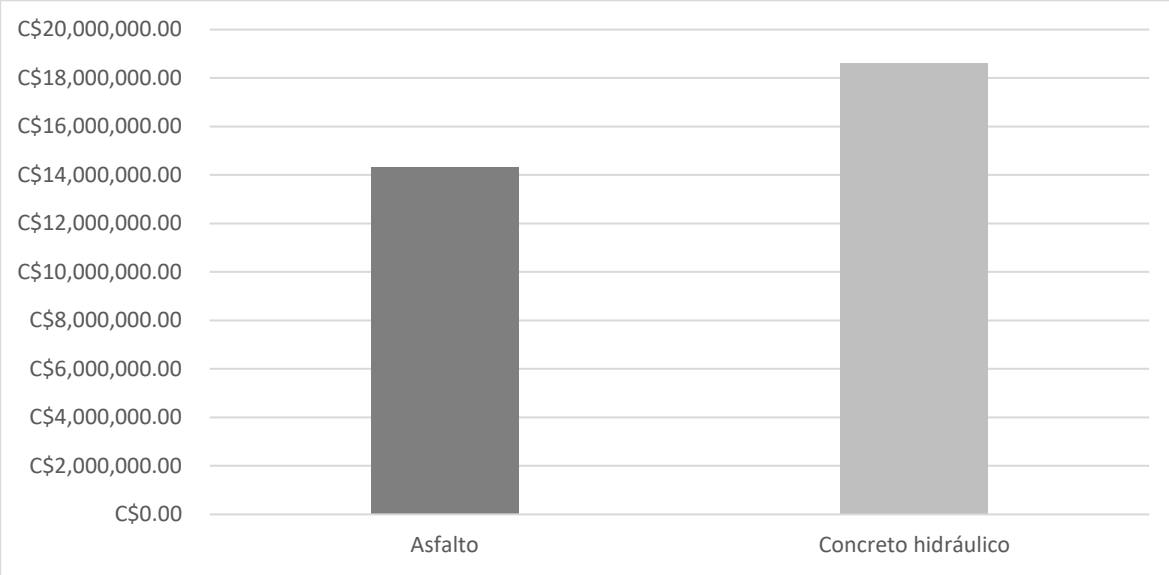
Gráfico 23. Relación beneficio – costo (RBC)



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 23 se observa la diferencia entre la RBC del asfalto y la del concreto hidráulico, siendo superior la del concreto hidráulico.

Gráfico 24. Valor actual neto económico (VANE)



Fuente: Elaboración propia

Un VANE positivo y mayor significa que, descontando los costos e ingresos al 8%, el proyecto con pavimento de concreto hidráulico genera un valor presente neto adicional de C$18,597,936.30, frente a C$14,343,566.42 del asfalto. Si el presupuesto disponible y las restricciones técnicas lo permiten, económicamente conviene más el concreto hidráulico. Mayor VANE también sugiere mayor capacidad de generar beneficios sociales/económicos como: reducción de costos de operación vehicular y menor necesidad de mantenimiento frecuente.

Una TIRE alta y una RBC alta indican que la rentabilidad relativa anual del flujo de caja (flujo neto de efectivo) es mayor. Además, como la TIRE del concreto (16%) excede ampliamente la tasa de descuento (8%) y la TIRE del asfalto (15%) también la excede, ambas son aceptables, pero el concreto hidráulico es más atractivo para inversionistas o para justificar costo inicial más alto.

En conclusión, el pavimento de concreto hidráulico MR 36 es más viable tanto económicamente como socialmente, tiene valores financieros positivos y a largo plazo resulta más económico y con mayores beneficios que el asfalto.

8. CONCLUSIONES

En el diagnóstico de la situación actual se identificaron las necesidades de la población. La demanda de tráfico fue de un TPDA de 2,012 vehículos, principalmente motocicletas y automóviles livianos, la población objetivo fue de 1077 habitantes, con una muestra obtenida de 284 habitantes, quienes sugieren que el proyecto es necesario.

En el estudio técnico se determinaron las características del tramo conforme a normas de diseño vial y se utilizó la demanda proyectada a un período de diseño de 20 años. La carpeta de rodamiento contará con dos carriles en una sola dirección, cada uno con un ancho de 3.5 m y su clasificación según el volumen de tráfico de colectora menor urbana.

Del análisis comparativo técnico entre el pavimento asfáltico y el pavimento rígido de concreto hidráulico MR 36 se concluye que, aunque el asfalto presenta ventajas iniciales (menor costo de inversión y rápida habilitación al tráfico), el concreto hidráulico MR 36 resulta ser la opción más conveniente desde una perspectiva técnica y de ciclo de vida ya que ofrece una vida útil significativamente mayor, menor frecuencia de intervenciones de mantenimiento mayor, mejor resistencia frente a cargas repetitivas y mayor estabilidad ante variaciones climáticas e inundaciones.

El estudio socioeconómico evidencia que la obra generará beneficios colectivos que trascienden la rentabilidad financiera. Entre ellos destacan el aumento de la plusvalía de la zona y la reducción de costos asociados al transporte. Estos impactos se alinean con los objetivos de desarrollo nacional y con los compromisos internacionales en materia de sostenibilidad. La evaluación socioeconómica del proyecto en estudio arroja como resultado final que el proyecto si es viable y que generará beneficios a largo plazo, debido a que los 3 indicadores utilizados (VANE, TIRE y RBC) dieron resultados positivos mayores a 1, cumpliendo con el criterio de aceptación.

Por tanto, la construcción de la marginal representa una oportunidad estratégica que permitirá consolidar un modelo de infraestructura vial resiliente, con capacidad de responder a las demandas actuales y futuras de la ciudad.

9. RECOMENDACIONES

- Llevar un control detallado de los costos de la obra y de los costos de mantenimiento al ser ejecutado el proyecto.
- Se sugiere la implementación de campañas de concientización dirigidas a la población, con el fin de fomentar el adecuado cuidado de la infraestructura pública.
- Conservar una cuadrilla de mantenimiento preventivo que se encargue de restaurar las deficiencias que se puedan presentar en la construcción y preserven la geometría transversal de la vía.
- Para garantizar el buen funcionamiento y duración de vida útil de la carpeta y estructura de rodamiento, se deben realizar mantenimientos periódicos de manera preventiva, como máximo cada 5 años, lo que también evita los altos costos del mantenimiento correctivo y/o rehabilitación.

10. REFERENCIAS

1. Alcaldía de Managua. (2018). Estudio de bancos de materiales. Alcaldía de Managua.

2. Alcaldía de Managua. (s.f.). Permiso de construcción. https://www.managua.gob.ni/acerca-de-alcaldia-de-managua/servicios/urbanismo/permiso-de-construccion/

3. Alcaldía de Managua (ALMA). (1982). Reglamento de drenaje pluvial para el municipio de Managua. Alcaldía de Managua.

4. American Association of State Highway and Transportation Officials. (1993). Guide for design of pavement structures. AASHTO.

5. Asphalt Institute. (2006). Thickness design: Asphalt pavements for highways and streets (Manual Series No. 1, 9th ed.). Asphalt Institute.

6. Baca Urbina, G. (2013). Evaluación de proyectos (7.ª ed.). McGraw-Hill.

7. Banco Central de Nicaragua. (2025). Informe anual del producto interno bruto. BCN.

8. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (s.f.). Metodología para la reducción del riesgo de desastres en infraestructura pública: Nicaragua. https://observatorioplanificacion.cepal.org/sites/default/files/methodology/MetodologiaRRDInfraestructura%20NIC.pdf

9. El 19 Digital. (s.f.). MTI presenta libro sobre especificaciones generales en construcción de caminos, calles y puentes. https://www.el19digital.com/articulos/ver/titulo:97613-mti-presenta-libro-sobre-especificaciones-generales-en-construccion-de-caminos-calles-y-puentes

10. Expediente Público. (2020). Obras públicas en Nicaragua. https://www.expedientepublico.org/wp-content/uploads/2020/03/obras-publicas-en-nicaragua.pdf

11. Galvin, R. M. (2014). Control de calidad en las aguas residuales. Tecnoaqua, (14).

12. Geonicsa. (s.f.). Laboratorio de suelos. https://www.geonicsa.com/servicios/laboratorio-de-suelos

13. Instituto Nacional de Información de Desarrollo. (2008, marzo). Cifras municipales: Managua. https://www.inide.gob.ni/docu/censos2005/CifrasMun/Managua/Managua.pdf

14. Ministerio de Transporte e Infraestructura. (1999). Especificaciones generales para la construcción de caminos, calles y puentes (NIC-2000). MTI.

15. Ministerio de Transporte e Infraestructura. (2008). Manual vial de Nicaragua. https://studylib.es/doc/8935949/mti-2008-manual-vial-nicaragua

16. Ministerio de Transporte e Infraestructura. (2022, junio). Anuario de aforos de tráfico 2022. MTI.

17. Ministerio de Transporte e Infraestructura. (s.f.). Señalización vial en la República de Nicaragua. https://1library.co/article/lan-e%C3%B1alizaci%C3%B3n-ial-rep%C3%BAblica-nicaragua-ministerio-transporte-infraestruct.z1dmkrd3

18. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. (s.f.). Requisitos ambientales. https://www.marena.gob.ni/requisitos/

19. Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (2002). Manual centroamericano para diseño de pavimentos. SIECA.

20. Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (2011). Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras. SIECA.

21. Secretaría Jurídica Enrique Bolaños. (s.f.). Revisión y demanda de BRT. https://sajurin.enriquebolanos.org/docs/Revision_y_Demanda_de_BRT.pdf

11. ANEXOS

Anexo I Macro localización



Fuente: Google maps

Anexo II Micro localización



Fuente: Google maps

Anexo III Encuesta aplicada

Proyecto*:* Estudio de prefactibilidad del proyecto “Construcción de 945 m de una vía marginal ubicada en el costado noroeste del cauce Las Américas, intersección La Subasta, distrito 6, Managua”

- Fecha: _____
- Barrio / Sector: _____
- Nombre del encuestador(a): _____

I. Datos Generales de la Encuesta

Sexo:

☐ Masculino ☐ Femenino ☐ Otro

Edad:

☐ 18–25 años

☐ 26–35 años

☐ 36–45 años

☐ 46–55 años

Nivel educativo alcanzado:

☐ Ninguno

☐ Primaria incompleta

☐ Primaria completa

☐ Secundaria incompleta

☐ Secundaria completa

☐ Técnico

☐ Universitario

II. Características del Hogar

Número de personas que habitan en la vivienda:

☐ 1–2

☐ 3–4

☐ 5–6

☐ Más de 6

Tipo de vivienda:

☐ Casa propia

☐ Alquilada

☐ Prestada

☐ Comercio con vivienda

☐ Otro: _____

III. Situación Económica

Actividad principal del jefe(a) de hogar:

☐ Empleado(a) formal

☐ Empleado(a) informal

☐ Comerciante

☐ Trabajador(a) por cuenta propia

☐ Desempleado(a)

☐ Jubilado(a)

Ingreso mensual aproximado del hogar:

☐ Menos de C$5,000

☐ C$5,001 – C$10,000

☐ C$10,001 – C$15,000

☐ C$15,001 – C$20,000

☐ Más de C$20,000

Principal fuente de ingreso del hogar:

☐ Salario

☐ Comercio

☐ Remesas

☐ Pensiones

☐ Otros: _____

IV. Actividad Comercial y Laboral en la Zona

¿Realiza usted alguna actividad laboral o comercial en el área de La Subasta?

☐ Sí ☐ No

En caso afirmativo, indique el tipo de actividad:

☐ Comercio formal

☐ Comercio informal

☐ Transporte

☐ Servicios

☐ Otro: _____

¿Considera que la infraestructura vial actual afecta su actividad económica?

☐ Sí ☐ No

☐ A veces

V. Movilidad y Transporte

Medio de transporte utilizado con mayor frecuencia:

☐ A pie

☐ Transporte público

☐ Motocicleta

☐ Vehículo particular

☐ Bicicleta

Tiempo promedio de desplazamiento diario en el sector:

☐ Menos de 15 minutos

☐ 15–30 minutos

☐ 31–45 minutos

☐ Más de 45 minutos

Principales problemas viales identificados en la zona:

☐ Congestionamiento

☐ Falta de vías alternas

☐ Mal estado de las calles

☐ Riesgo de accidentes

☐ Inundaciones

☐ Falta de señalización

VI. Percepción Social del Proyecto

¿Tiene conocimiento sobre lo que es una vía marginal?

☐ Sí ☐ No

¿Considera necesaria la construcción de una vía marginal?

☐ Muy necesaria

☐ Necesaria

☐ Poco necesaria

☐ Innecesaria

¿Cree usted que el proyecto mejorará su calidad de vida?

☐ Sí

☐ No

☐ No está seguro(a)

Principales beneficios que espera del proyecto (puede marcar más de uno):

☐ Mejora del tráfico

☐ Reducción de accidentes

☐ Aumento de actividades comerciales

☐ Mayor seguridad vial

☐ Mejor acceso a servicios

Posibles impactos negativos percibidos:

☐ Ruido

☐ Polvo

☐ Afectación a comercios

☐ Ninguno

☐ Otros: _____

Fuente: Elaboración propi

Anexo IV Aforo de tránsito vehicular día lunes 1 de diciembre 2025

Estudio de prefactibilidad del proyecto "Construcción de 945 m de una marginal ubicada en el costado noroeste del cauce Las Américas", intersección La Subasta, distrito 6, Managua.												
Diagrama vehicular	Motos	Vehiculos Livianos							Vehiculos Pesados			Total
Hora		Auto	Jeep	Pick Up	Microbús	Minibus	Bus	CL	C2	C3	T3-S-2	
06:00 - 07:00	75	40	5	15	6	2	8	12	3	1	2	169
07:00 - 08:00	92	45	6	30	10	3	12	15	4	1	4	222
08:00 - 09:00	65	30	4	12	0	2	1	11	2	0	1	128
09:00 - 10:00	50	8	0	10	0	0	0	3	1	0	0	72
10:00 - 11:00	50	6	1	6	0	0	0	5	0	0	0	68
11:00 - 12:00	50	5	1	8	0	0	0	2	0	0	0	66
12:00 - 13:00	90	19	0	18	0	3	5	3	6	2	4	150
13:00 - 14:00	80	15	1	9	0	0	3	5	2	0	0	115
14:00 - 15:00	51	9	0	7	0	2	0	2	2	0	0	73
15:00 - 16:00	63	14	2	6	3	3	1	6	0	0	1	99
16:00 - 17:00	83	24	1	15	2	3	8	12	8	1	4	161
17:00 - 18:00	97	40	4	25	0	2	6	13	6	1	2	196
Sub-Total	846	255	25	161	21	20	44	89	34	6	18	1519
Total vehículos por día												1519

Fuente: Elaboración propia

Anexo V Aforo de tránsito vehicular día martes 2 de diciembre 2025

Estudio de prefactibilidad del proyecto "Construcción de 945 m de una marginal ubicada en el costado noroeste del cauce Las Américas", intersección La Subasta, distrito 6, Managua.												
Diagrama vehicular	Motos	Vehiculos Livianos							Vehiculos Pesados			Total
Hora		Auto	Jeep	Pick Up	Microbús	Minibus	Bus	CL	C2	C3	T3-S-2	
06:00 - 07:00	72	40	5	18	8	1	7	11	2	0	1	165
07:00 - 08:00	90	45	6	32	12	3	11	14	3	1	3	220
08:00 - 09:00	60	25	1	15	0	0	1	10	2	0	0	114
09:00 - 10:00	48	6	0	10	0	0	0	3	1	0	0	68
10:00 - 11:00	43	5	0	6	0	0	0	4	0	0	0	58
11:00 - 12:00	40	5	1	8	0	0	0	2	0	0	0	56
12:00 - 13:00	90	15	0	20	0	2	5	3	5	1	3	144
13:00 - 14:00	80	13	1	9	0	0	3	4	2	0	0	112
14:00 - 15:00	50	10	0	7	0	0	0	2	2	0	0	71
15:00 - 16:00	63	15	0	6	4	1	1	6	0	0	1	97
16:00 - 17:00	83	24	3	18	2	5	7	12	7	1	3	165
17:00 - 18:00	97	38	2	26	0	2	5	13	6	1	1	191
Sub-Total	816	241	19	175	26	14	40	84	30	4	12	1461
Total vehículos por día												1461

Fuente: Elaboración propia

Anexo VI Aforo de tránsito vehicular día miércoles 3 de diciembre 2025

Estudio de prefactibilidad del proyecto "Construcción de 945 m de una marginal ubicada en el costado noroeste del cauce Las Américas", intersección La Subasta, distrito 6, Managua.												
Diagrama vehicular	Motos	Vehiculos Livianos							Vehiculos Pesados			Total
Hora		Auto	Jeep	Pick Up	Microbús	Minibus	Bus	CL	C2	C3	T3-S-2	
06:00 - 07:00	72	35	4	15	6	2	8	10	2	1	2	**157**
07:00 - 08:00	88	40	6	30	8	4	12	12	5	2	4	**211**
08:00 - 09:00	58	20	1	12	0	0	1	8	0	0	0	**100**
09:00 - 10:00	48	4	0	8	0	0	0	2	0	0	0	**62**
10:00 - 11:00	43	4	0	4	0	0	0	4	0	0	0	**55**
11:00 - 12:00	40	3	1	7	0	0	0	2	0	0	0	**53**
12:00 - 13:00	90	12	0	18	2	3	6	3	4	2	5	**145**
13:00 - 14:00	80	10	1	9	1	1	3	4	2	0	2	**113**
14:00 - 15:00	50	8	0	8	0	0	0	2	0	0	0	**68**
15:00 - 16:00	63	15	0	6	1	2	1	6	0	0	1	**95**
16:00 - 17:00	83	24	3	16	2	5	7	10	6	2	4	**162**
17:00 - 18:00	97	38	2	22	0	3	6	12	5	1	2	**188**
Sub-Total	**812**	**213**	**18**	**155**	**20**	**20**	**44**	**75**	**24**	**8**	**20**	**1409**
Total vehículos por día												**1409**

Fuente: Elaboración propia

Anexo VII Aforo de tránsito vehicular día jueves 4 de diciembre 2025

Estudio de prefactibilidad del proyecto "Construcción de 945 m de una marginal ubicada en el costado noroeste del cauce Las Américas", intersección La Subasta, distrito 6, Managua.												
Diagrama vehicular	Motos	Vehiculos Livianos							Vehiculos Pesados			Total
Hora		Auto	Jeep	Pick Up	Microbús	Minibus	Bus	CL	C2	C3	T3-S-2	
06:00 - 07:00	85	24	2	10	4	1	6	9	3	1	3	148
07:00 - 08:00	85	38	3	12	6	1	10	15	7	1	5	183
08:00 - 09:00	60	15	1	9	0	0	0	8	0	0	0	93
09:00 - 10:00	45	4	0	5	0	0	0	2	0	0	0	56
10:00 - 11:00	42	3	0	4	0	0	0	3	0	0	0	52
11:00 - 12:00	45	6	0	7	0	0	0	2	0	0	0	60
12:00 - 13:00	80	14	2	18	5	1	4	5	5	1	6	141
13:00 - 14:00	75	10	0	9	4	0	2	4	3	0	2	109
14:00 - 15:00	60	5	0	8	0	0	0	2	0	0	0	75
15:00 - 16:00	75	14	0	6	0	0	1	4	0	0	1	101
16:00 - 17:00	90	35	2	20	4	1	5	14	7	2	5	185
17:00 - 18:00	90	40	2	15	3	1	4	10	5	1	2	173
Sub-Total	832	208	12	123	26	5	32	78	30	6	24	1376
Total vehículos por día												1376

Fuente: Elaboración propia

Anexo VIII Aforo de tránsito vehicular día viernes 5 de diciembre 2025

Estudio de prefactibilidad del proyecto "Construcción de 945 m de una marginal ubicada en el costado noroeste del cauce Las Américas", intersección La Subasta, distrito 6, Managua.												
Diagrama vehicular	Motos	Vehiculos Livianos							Vehiculos Pesados			Total
Hora		Auto	Jeep	Pick Up	Micribú	Microbús	Bus	CL	C2	C3	T3-S-2	
06:00 - 07:00	98	50	3	15	3	2	1	10	2	2	2	188
07:00 - 08:00	105	55	4	25	5	3	1	13	3	3	3	220
08:00 - 09:00	60	35	2	12	0	2	0	10	0	1	1	123
09:00 - 10:00	50	15	0	8	0	0	0	5	0	0	0	78
10:00 - 11:00	44	16	1	6	0	0	0	8	0	0	0	75
11:00 - 12:00	25	15	1	6	0	0	0	3	0	0	0	50
12:00 - 13:00	80	28	0	14	0	3	0	4	4	0	3	136
13:00 - 14:00	60	15		7	0	0	0	5	1	1	1	90
14:00 - 15:00	48	12	0	7	0	2	0	2	0	1	0	72
15:00 - 16:00	35	14	1	6	0	3	0	6	0	0	2	67
16:00 - 17:00	90	25	1	12	5	4	1	12	6	3	3	162
17:00 - 18:00	95	45	2	20	0	2	1	13	6	1	1	186
Sub-Total	790	325	15	138	13	21	4	91	22	12	16	1447
Total vehículos por día												1447

Fuente: Elaboración propia

Anexo IX Aforo de tránsito vehicular día sábado 6 de diciembre 2025

Estudio de prefactibilidad del proyecto "Construcción de 945 m de una marginal ubicada en el costado noroeste del cauce Las Américas", intersección La Subasta, distrito 6, Managua.												
Diagrama vehicular	Motos	Vehiculos Livianos							Vehiculos Pesados			Total
Hora		Auto	Jeep	Pick Up	Microbús	Minibus	Bus	CL	C2	C3	T3-S-2	
06:00 - 07:00	92	28	4	20	6	3	10	11	2	1	4	**181**
07:00 - 08:00	102	38	5	35	10	5	14	14	4	1	5	**233**
08:00 - 09:00	70	25	3	15	0	2	3	8	1	0	1	**128**
09:00 - 10:00	60	8	0	12	0	0	0	1	0	0	0	**81**
10:00 - 11:00	55	6	1	6	0	0	0	0	0	0	0	**68**
11:00 - 12:00	55	5	1	8	0	0	1	1	0	0	0	**71**
12:00 - 13:00	94	16	0	18	0	4	8	2	4	2	4	**152**
13:00 - 14:00	89	15	1	9	0	0	4	1	0	0	0	**119**
14:00 - 15:00	76	9	0	7	0	2	1	1	2	0	0	**98**
15:00 - 16:00	74	14	2	6	3	3	1	2	0	0	0	**105**
16:00 - 17:00	98	35	2	26	2	4	9	13	5	1	6	**201**
17:00 - 18:00	93	25	2	20	0	3	5	10	2	1	4	**165**
Sub-Total	**958**	**224**	**21**	**182**	**21**	**26**	**56**	**64**	**20**	**6**	**24**	**1602**
Total vehículos por día												**1602**

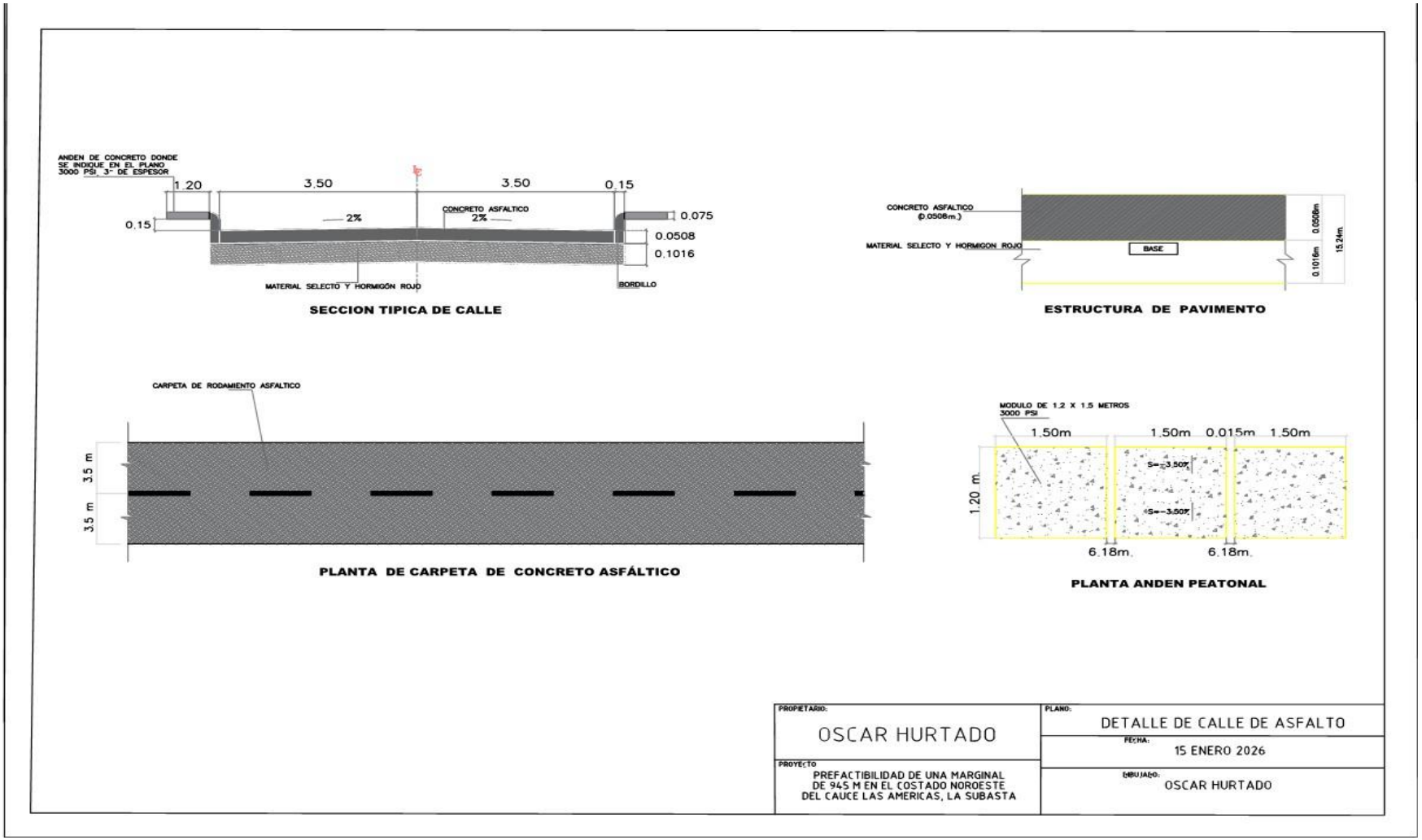
Fuente: Elaboración propia

Anexo X Aforo de tránsito vehicular día domingo 7 de diciembre 2025

Estudio de prefactibilidad del proyecto "Construcción de 945 m de una marginal ubicada en el costado noroeste del cauce Las Américas", intersección La Subasta, distrito 6, Managua.												
Diagrama vehicular	Motos	Vehiculos Livianos							Vehiculos Pesados			Total
Hora		Auto	Jeep	Pick Up	Microbús	Minibus	Bus	CL	C2	C3	T3-S-2	
06:00 - 07:00	97	30	3	25	6	4	7	8	1	1	3	185
07:00 - 08:00	88	35	4	30	12	8	11	10	3	3	5	209
08:00 - 09:00	75	25	1	15	0	1	1	8	1	0	1	128
09:00 - 10:00	55	8	0	12	0	0	0	3	0	0	0	78
10:00 - 11:00	55	6	0	10	0	0	0	4	0	0	0	75
11:00 - 12:00	55	5	0	14	0	0	0	0	0	0	0	74
12:00 - 13:00	95	15	3	30	4	5	5	6	4	2	3	172
13:00 - 14:00	85	14	0	13	2	3	3	3	3	0	0	126
14:00 - 15:00	64	9	0	10	0	2	0	0	0	0	0	85
15:00 - 16:00	61	10	2	8	0	2	1	0	0	0	1	85
16:00 - 17:00	99	35	2	30	3	6	7	8	7	2	6	205
17:00 - 18:00	86	20	1	24	2	3	5	6	5	2	3	157
Sub-Total	915	212	16	221	29	34	40	56	24	10	22	1579
Total vehículos por día												1579

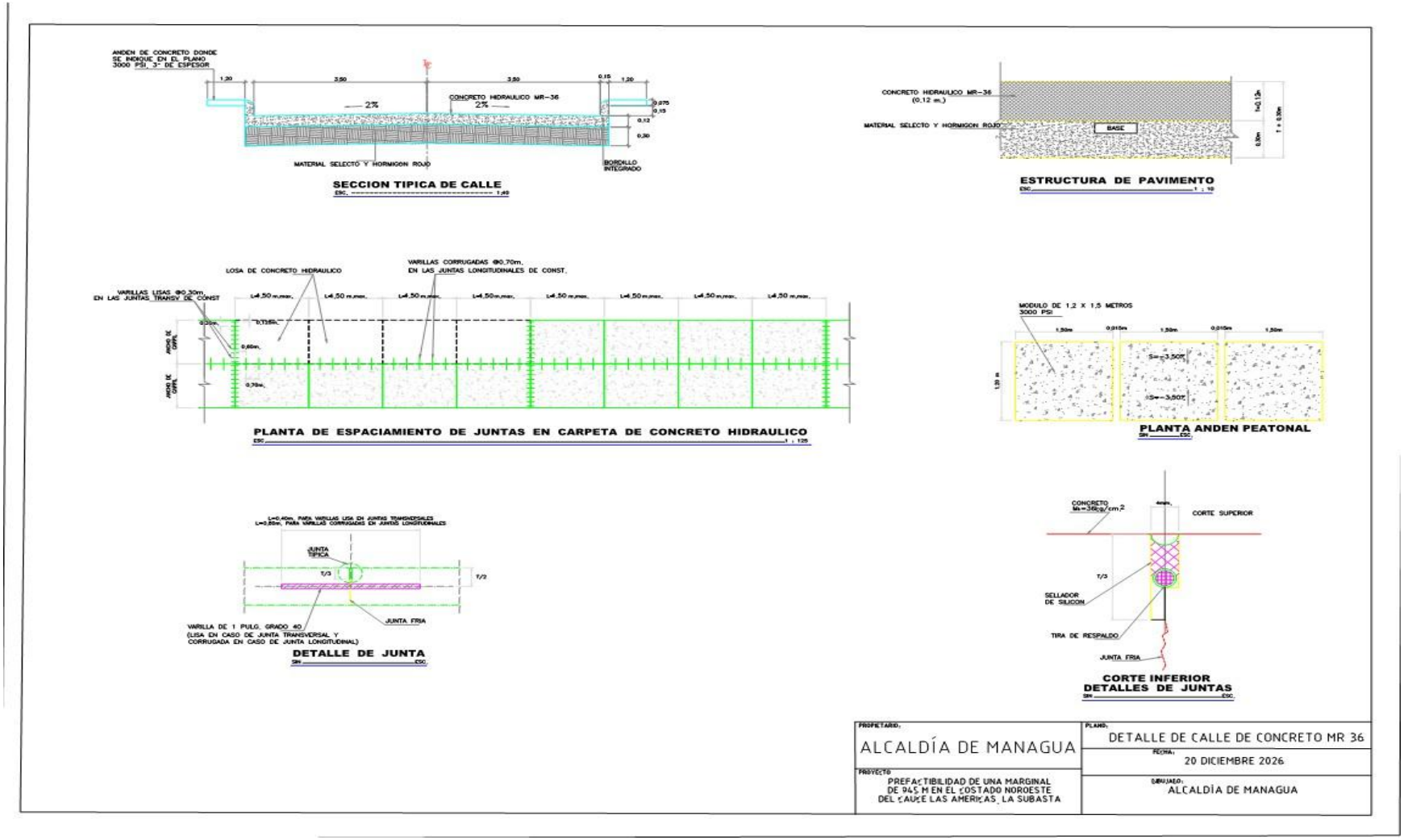
Fuente: Elaboración propia

Anexo XI Detalle de pavimento asfáltico



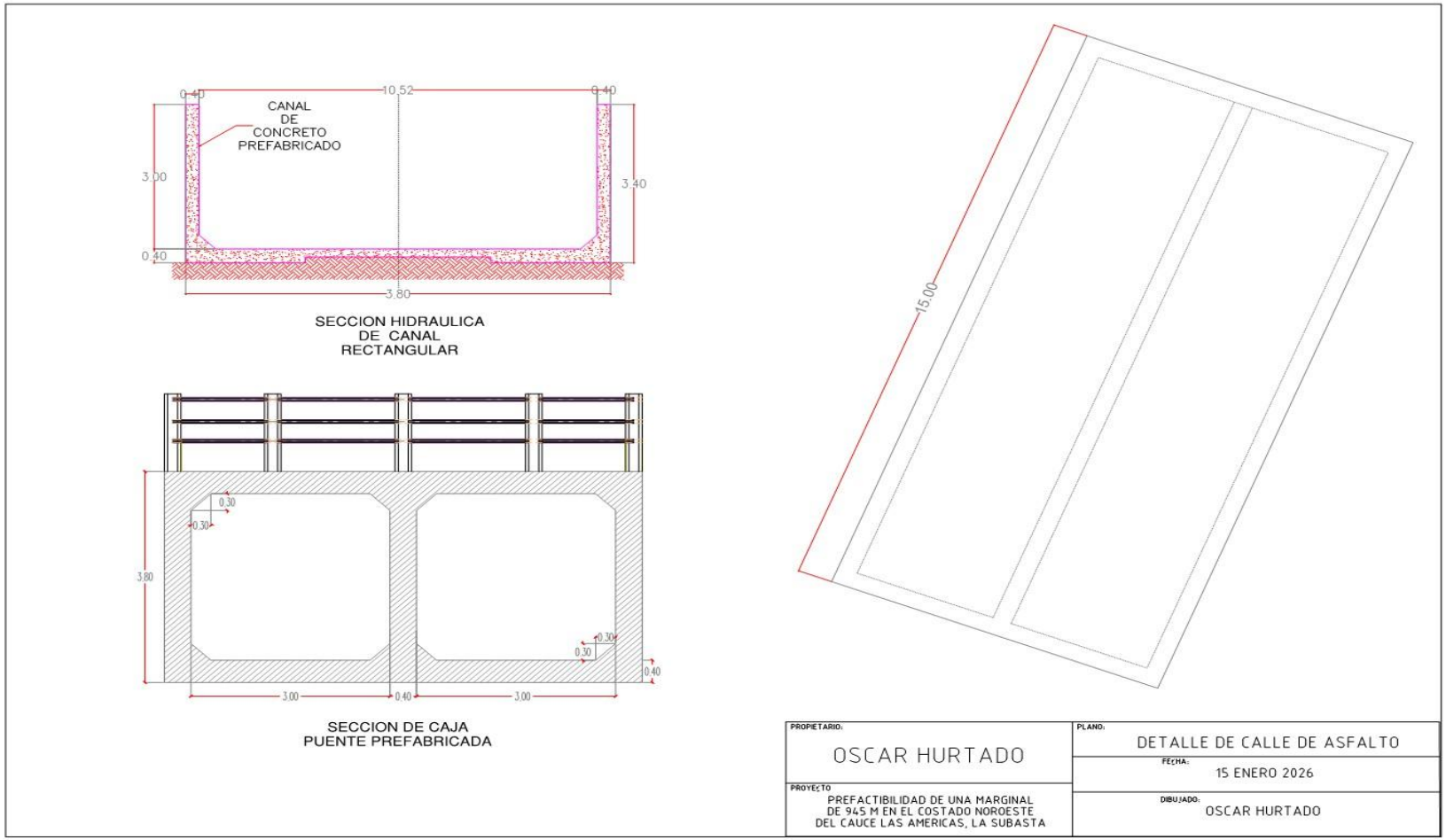
Fuente: Elaboración propia

Anexo XII Detalle de pavimento hidráulico



Fuente: Alcaldía de Managua, departamento de construcción

Anexo XIII Detalle de caja puente



Fuente: Elaboración propia

Secretaría Académica de
Área de Conocimiento
Arquitectura y Construcción

CONSTANCIA DE CULMINACION DE ESTUDIOS

La suscrita Secretaria Académica del Área de Conocimiento Arquitectura y Construcción, de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), hace constar que:

KENIA VANESSA MENA DAVILA

Carnet: **2002-14725**, Con plan de Estudios **2015**, de conformidad con el Reglamento Académico vigente, ha aprobado las asignaturas del **Programa Académico de Ingeniería Civil** en el **I Semestre del 2025,** quedando pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio que lo acredite como **INGENIERO CIVIL.**

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

Dado en la ciudad de Managua, a los veinticuatro días del mes de marzo del año dos mil veintiséis.

Atentamente,

MSc. Beatriz de los Angeles Torrez Rodríguez
Secretaria Académica
Área de Conocimiento Arquitectura y Construcción

CC: Archivo

Teléfono (505) 8379 8901

Recinto Universitario Simón Bolívar RUSB
Avenida Universitaria.
Managua, Nicaragua. Apdo.5595

beatriz.torrez@uni.edu.ni
www.registro.uni.edu.ni

Universidad Nacional de Ingeniería

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
UNI
RECINTO UNIVERSITARIO SIMÓN BOLÍVAR

MATRICULA ORDINARIA CURSO 2026 SEMESTRE 1

CÓDIGO DE ESTUDIANTE	61-C693F-7		
NOMBRE	MENA DAVILA KENIA VANESSA		
ÁREA/CUR	DIRECCIÓN ÁREA DE CONOCIMIENTO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN		
CARRERA	Ingeniería Civil		
TURNO	Nocturno	**SEXO**	F
AÑO MATRICULADO	7	**GRUPO**	N1FCE-CIV-S
SIT. ESC	REINGRESO	**AÑO ING. EDUC. SUP**	2

AÑO	GRUPO	ASIGNATURA
7	N1FCE-CI	FORMA DE CULMINACIÓN DE ESTUDIOS

LAS ASIGNATURAS MARCADAS CON (*) SON LLEVADAS POR TERCERA VEZ.
Para Consultar Informe de Calificaciones en https://singu.setec.edu.ni/

FECHA: 03/03/2026 11:28:15

Creado Por: ISOZA
Actualizado Por:

INICIO DE CLASES:
-- NUEVO INGRESO 2026:
--PRESENCIAL: LUNES 2 DE FEBRERO
--SABATINO: SÁBADO 31 DE ENERO
--DOMINICAL: DOMINGO 1 DE FEBRERO
--REINGRESO 2026:
-- CARRERAS DE CIENCIAS DE LA SALUD (II AÑO - VI AÑO): LUNES 26 DE ENERO.
--PRESENCIAL: 9 DE MARZO
--SABATINO: 7 DE MARZO
--DOMINICAL: 8 DE MARZO

Secretaría Académica de
Área de Conocimiento
Arquitectura y Construcción

CONSTANCIA DE CULMINACION DE ESTUDIOS

La suscrita Secretaria Académica del Área de Conocimiento Arquitectura y Construcción, de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), hace constar que:

OSCAR MIGUEL HURTADO PALMA

Carnet: **2019-0578U**, Con plan de Estudios **2015**, de conformidad con el Reglamento Académico vigente, ha aprobado las asignaturas del **Programa Académico de Ingeniería Civil** en el **II Semestre del 2024,** quedando pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio que lo acredite como **INGENIERO CIVIL.**

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

Dado en la ciudad de Managua, a los dieciocho días del mes de marzo del año dos mil veintiséis.

Atentamente,

MSc. Beatriz de los Ángeles Tórrez Rodríguez
Secretaria Académica
Área de Conocimiento Arquitectura y Construcción

CC: Archivo

Teléfono (505) 8379 8901

Recinto Universitario Simón Bolívar RUSB
Avenida Universitaria.
Managua, Nicaragua. Apdo.5595

beatriz.torrez@uni.edu.ni
www.registro.uni.edu.ni

Universidad Nacional de Ingeniería

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
UNI
RECINTO UNIVERSITARIO SIMÓN BOLÍVAR

MATRICULA ORDINARIA CURSO 2026 SEMESTRE 1

REPOSICIÓN HOJA DE MATRÍCULA

CÓDIGO DE ESTUDIANTE	6C-A459A-6		
NOMBRE	HURTADO PALMA OSCAR MIGUEL		
ÁREA/CUR	DIRECCIÓN ÁREA DE CONOCIMIENTO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN		
CARRERA	Ingeniería Civil		
TURNO	Diurno	**SEXO**	M
AÑO MATRICULADO	6	**GRUPO**	D1FCE-CIV-S
SIT. ESC	REINGRESO	**AÑO ING. EDUC. SUP**	2019

E. M	AÑO	GRUPO	ASIGNATURA
M	6	D1FCE-CI	FORMA DE CULMINACIÓN DE ESTUDIOS

LAS ASIGNATURAS MARCADAS CON (*) SON LLEVADAS POR TERCERA VEZ.
Para Consultar Informe de Calificaciones en https://singu.setec.edu.ni/

FECHA: 03/03/2026

Creado Por: ISOZA
Actualizado Por:

Secretaría Académica de
Área de Conocimiento
Arquitectura y Construcción

CONSTANCIA DE CULMINACION DE ESTUDIOS

La suscrita Secretaria Académica del Área de Conocimiento Arquitectura y Construcción, de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), hace constar que:

KATHERINE DANIELA GUTIERREZ GUIDO

Carnet: **2019-0533U**, Con plan de Estudios **2015**, de conformidad con el Reglamento Académico vigente, ha aprobado las asignaturas del **Programa Académico de Ingeniería Civil** en el **II Semestre del 2023,** quedando pendiente la realización de una de las formas de culminación de estudio que lo acredite como **INGENIERO CIVIL.**

Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

Dado en la ciudad de Managua, a los veintiséis días del mes de marzo del año dos mil veintiséis.

Atentamente,

Secretaria Academica
REPUBLICA DE NICARAGUA
DACAC

MSc. Beatriz de los Ángeles Torrez Rodríguez
Secretaria Académica
Área de Conocimiento Arquitectura y Construcción

CC: Archivo

Teléfono (505) 8379 8901

Recinto Universitario Simón Bolívar RUSB
Avenida Universitaria.
Managua, Nicaragua. Apdo.5595

beatriz.torrez@uni.edu.ni
www.registro.uni.edu.ni

Universidad Nacional de Ingeniería

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
UNI
RECINTO UNIVERSITARIO SIMÓN BOLÍVAR

MATRICULA ORDINARIA CURSO 2026 SEMESTRE 1

REPOSICIÓN HOJA DE MATRÍCULA

CÓDIGO DE ESTUDIANTE	25-31740-5		
NOMBRE	GUTIERREZ GUIDO KATHERINE DANIELA		
ÁREA/CUR	DIRECCIÓN ÁREA DE CONOCIMIENTO DE ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN		
CARRERA	Ingeniería Civil		
TURNO	Diurno	**SEXO**	F
AÑO MATRICULADO	6	**GRUPO**	D1FCE-CIV-S
SIT. ESC	REINGRESO	**AÑO ING. EDUC. SUP**	19

E. M	AÑO	GRUPO	ASIGNATURA
M	6	D1FCE-CI	FORMA DE CULMINACIÓN DE ESTUDIOS

LAS ASIGNATURAS MARCADAS CON (*) SON LLEVADAS POR TERCERA VEZ.
Para Consultar Informe de Calificaciones en https://singu.setec.edu.ni/

FECHA: 26/03/2026

Creado Por: 25317405
Actualizado Por: