



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL ADOQUINADO DE 1.2 KM DE
LONGITUD DE CALLE EN EL MUNICIPIO DE ACOYAPA DEPARTAMENTO DE
CHONTALES.**

Para optar al título de Ingeniero civil

Elaborado por

Br. Darwing Eliezer Espinales Centeno

Br. Francisco Gabriel Sobalvarro Iazo

Br. Juan Daniel Urbina Álvarez

Tutor

Ing. Manuel de Jesús González Murillo

Managua, Julio de 2019

Agradecimiento

Agradecemos primeramente a nuestro Dios todo poderoso por darnos la vida para poder llegar a esta etapa de nuestros estudios, largo fue el camino y con muchas dificultades pero con la ayuda de nuestro Dios logramos llegar al final de esta historia gracias a su infinita y soberana ayuda.

A nuestros padres y familia que nos brindan su apoyo y nos alientan a seguir adelante a pesar de las malas situaciones y momentos que se presentan a lo largo de la trayectoria de nuestros estudios que en ocasiones nos hicieron perder las fuerzas y la esperanza de ver nuestras metas hechas realidad.

A nuestro amigo y colega Ing. Fernando Torrez por tener ese espíritu de ayuda hacia los demás, por su apoyo incondicional al brindarnos parte de sus conocimientos, por facilitar de su tiempo para dedicárselo a este arduo trabajo, la información brindada, la paciencia suficiente para lidiar con las problemáticas que se nos presentaron en el proceso de organizar y recopilación de información para nuestra monografía.

A nuestro tutor Ing. Manuel González por aportar de sus conocimientos hacia nosotros, brindar nuevas habilidades para resolver situaciones complejas, por animarnos en todo momento y darnos esa seguridad que si nos esforzamos se pueden cumplir las metas planeadas en nuestra vida y estar a la disposición en todo momento.

“Dedicación, Perseverancia y disciplina la fórmula del éxito”

Francisco Sobalvarro

Darwin Espinales

Juan Urbina

RESUMEN

La presente monografía es un estudio que tiene como principal objetivo el estudio de prefactibilidad de calles en el municipio de Acoyapa departamento de Chontales perteneciente a la zona central del país, brindar una propuesta para la solución de una problemática que actualmente afecta a muchos pobladores del lugar y la ventaja de optar por una mejor calidad de vida. El estudio se divide en 6 capítulos los cuales tiene la siguiente estructura:

Se presenta la introducción que inicia con una pequeña reseña histórica de como la infraestructura vial del país ha ido evolucionando a lo largo de la historia, caracterizaciones del municipio, población, comercio entre otros aspectos. Los antecedentes del sitio en estudio, justificación del trabajo a realizarse, objetivos en los cuales el tema parte de una idea inicial la cual es el objetivo principal con sus respectivos objetivos específicos y por último se tiene un marco teórico o marco conceptual donde se encuentran los principales conceptos técnicos que intervinieron en la realización del trabajo monográfico.

Consta de un estudio de mercado donde se determina la necesidad de la población y la importancia del proyecto mediante información clasificada de primera mano en este caso la alcaldía de la municipalidad y observación en el sitio y necesidad de la población que principalmente en épocas de invierno se encuentra expuesta a diferentes tipos de enfermedades que son comunes en el país. Y por ende presentando una necesidad evidente.

El estudio de suelos que se presenta el procedimiento la realización de sondeos manuales y la extracción de muestras representativas a lo largo de las calles de la misma forma a los bancos de materiales existentes para la realización de estudios y conocer sus propiedades mecánicas.

Comportamiento del tránsito este se estructura inicialmente de un aforo en ambas bandas de la vía realizado por una semana consecutiva en el sitio con el objetivo de conocer el comportamiento del flujo vehicular en esa zona, determinar el TPD,

TPDA y la proyección al año horizonte, mediante estos datos obtenidos conocer las cargas de diseño a las que se someterá la estructura de pavimento.

Utilizando el método de diseño de la AASTHO 1993 en este capítulo se diseña la estructura que pavimento que tendrán las calles, partiendo del tránsito de diseño y otros datos importantes como son serviciabilidad, desviación estándar, confiabilidad, ejes equivalentes todo en base al estudio realizado por la AASTHO en el año 1993, por último se realiza una pequeña comprobación por medio de un Software establecido por la AASTHO.

Tomando como referencia el manual de estudios de drenaje menor del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), se realizó un análisis para determinar las dimensiones de lo que corresponden al estudio.

Estudio económico Cuando se obtiene los datos del estudio técnico se procedió a realizar el presupuesto con respecto a estos datos analizando, los costos directos e indirectos de la obra, de inversión en mantenimiento de infraestructura y salud.

Posteriormente se precedió a analizar los costos mediante un flujo de caja con la ayuda de la herramienta Microsoft Excel y con sus respectivos análisis de resultados.

ÍNDICE

Contenido	Pág.
I. CAPITULO I: GENERALIDADES	1
1.1 INTRODUCCION	1
1.2 ANTECEDENTES	3
1.3 JUSTIFICACIÓN	4
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivos específicos	5
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Estudio de tránsito	6
2.2 Aforo vehicular	6
2.3 Capacidad de la vía	6
2.4 Carga equivalente	6
2.5 Tránsito	6
2.6 Equipo pesado	6
2.7 Volumen de tránsito	7
2.8 Tránsito promedio diario	7
2.9 Tránsito promedio diario anual (TPDA).....	7
2.10 Tasa de crecimiento vehicular.....	7
2.11 Proyecciones de tránsito	7
2.12 Tránsito de diseño.....	7
2.13 Factor direccional (FD).....	8
2.14 Estudio de suelo.....	8
2.15 Propiedades físico-mecánicas	8
2.16 Límites de Atterberg.....	8
2.17 Limite líquido	8
2.18 Limite plástico	9
2.19 Método Proctor estándar.....	9

2.20 Ensayo proctor estándar	9
2.21 Ensayo de CBR.....	9
2.22 Subrasante.....	9
2.23 Base.....	9
2.24 Sub base.....	10
2.25 Diseño estructural de pavimento.....	10
2.26 El Índice de serviciabilidad Inicial (po)	10
2.27 El Índice de serviciabilidad final (pt).....	10
2.28 Pérdida de serviciabilidad (Δ PSI).....	10
2.29 ESAL´S (Wt18).....	10
2.30 Numero Estructural (SN).....	10
2.31 Confiabilidad	11
2.32 Desviación estándar (So).....	11
2.33 Módulo de resiliente (MR)	11
2.34 Diseño de drenaje menor.....	11
2.35 Área de escurrimiento	11
2.36 Intensidad media de precipitación.....	11
2.37 Coeficiente de esorrentía	11
2.39 Estudio Hidráulico	12
2.40 Bombeo de calzada	12
2.41 Hombros	12
2.42 Drenaje transversal.....	12
2.43 Cunetas.....	12
2.44 Costos de inversión.....	13
2.45 Inversión en activos diferidos.....	13
2.46 Beneficios del proyecto.	13
2.47 Determinación de los precios sociales.	13
II. CAPITULO II: ESTUDIO DE MERCADO.....	14
2.1 Análisis del mercado con respecto al proyecto	14
2.2 Recopilación de la información	14
2.2.1 Necesidades de la población	14

2.2.2 Fuentes de información	15
2.2.3 Técnica de investigación cuantitativa.....	15
CAPITULO III: ESTUDIO TÉCNICO	17
3.1 ESTUDIO DE SUELOS.....	17
3.2 Trabajo de campo.....	18
3.3 Datos de laboratorio.....	21
3.4 Límites de consistencia (norma técnica ASTM 4318-84)	33
3.5 Clasificación de muestras (norma técnica AASHTO m-145).....	46
3.6 Compactación de suelos (norma técnica ASTM D 1557-91)	47
3.7 Ensayo de valor relativo de soporte (C.B.R.) norma técnica (ASTM D 1883-73)	51
3.4 ESTUDIO DE TRANSITO	59
3.4.1 Tránsito promedio diario (TPDiurno).....	60
3.4.2 Tránsito promedio diario anual (TPDA).....	62
3.4.3 Proyección de tránsito	63
3.4.4 Tasa de crecimiento vehicular (TC)	64
3.4.5 Cálculo de tasa de crecimiento de tránsito (i)	65
3.4.6 Tránsito de diseño	66
3.4.7 Cálculo de tránsito de diseño.....	69
3.5 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO.....	70
3.5.1 Espesores de pavimento.....	70
3.5.2 Análisis de cargas y ejes equivalentes (ESAL`s de diseño)	74
3.5.3 Desviación estándar (S0).....	76
3.5.4 Coeficiente de drenaje	77
3.5.5 Módulo de Resiliente de la sub rasante. (MR)	77
3.5.6 Módulo de Resiliente de la sub base (MR)	78
3.5.6 Cálculo de los espesores de capa	81
3.6 DRENAJE MENOR	83
3.6.1 Métodos de diseño.....	84
3.6.3 El bombeo de la calzada.....	85
3.6.4 Dimensionamiento de cunetas.....	86

CAPITULO IV: ESTUDIO ECONÓMICO	90
5.1 Costos de Inversión	90
5.1.1 Inversión fija.....	90
5.1.2 Inversión diferida.....	92
VI.1.3 Inversión total	92
5.1.3 Costos de Operación.	93
5.1.4 Beneficios del proyecto.....	94
5.1.5 Flujos de beneficios	96
5.1.6 Flujo de caja del proyecto.	96
5.1.7 Tasa interna de retorno (TIR)	97
5.1.8 Valor actual neto (VAN)	98
5.1.9 Evaluación Económica Social.....	100
V CONCLUSIONES	102
VI. BIBLOGRAFIA.....	105

INDICE DE TABLA

Tablas	Pág.
Tabla 1 Tipos de prueba que se realizan en un estudio de suelos.....	18
Tabla 2. Ubicación de sondeos manuales.....	19
Tabla 3. Análisis Granulométrico de muestra 1.....	23
Tabla 4. Análisis Granulométrico de muestra 2.....	24
Tabla 5. Análisis Granulométrico de muestra 3.....	25
Tabla 6. Análisis Granulométrico de muestra 4.....	26
Tabla 7. Análisis Granulométrico de muestra 5.....	27
Tabla 8. Análisis Granulométrico de muestra 6.....	28
Tabla 9. Análisis Granulométrico de muestra 7.....	29
Tabla 10. Análisis Granulométrico de muestra 8.....	30
Tabla 11. Análisis Granulométrico de muestra 9.....	31
Tabla 12. Análisis granulométrico Banco de Material.....	32
Tabla 13. Límites de Consistencia Muestra 1.....	36
Tabla 14. Límites de Consistencia Muestra 2.....	37
Tabla 15. Límites de Consistencia Muestra 3.....	38
Tabla 16. Límites de Consistencia Muestra 4.....	39
Tabla 17. Límites de Consistencia Muestra 5.....	40
Tabla 18. Límites de Consistencia Muestra 6.....	41
Tabla 19. Límites de Consistencia Muestra 7.....	42
Tabla 20. Límites de Consistencia Muestra 8.....	43
Tabla 21. Límites de Consistencia Muestra 9.....	44
Tabla 22. Límites de Consistencia del Banco de Material.....	45
Tabla 23. Formato utilizado para clasificar suelo AASHTO M-145.....	46
Tabla 24. Clasificación de muestras de suelo método AASTHO.....	47
Tabla 25. Resultados de Proctor de la línea.....	49
Tabla 26. Proctor del banco.....	50
Tabla 27. Distancia de penetración de pistón ensayo de CBR.....	53
Tabla 28. Ensayo CBR para 56 golpes.....	54
Tabla 29. CBR Final para 56 golpes.....	54
Tabla 30. Resultado de lectura de ensayo de CBR.....	55
Tabla 31. CBR Final para 25 Golpes.....	55
Tabla 32. Resultados de lectura ensayo CBR.....	57
Tabla 33. CBR de diseño.....	57
Tabla 34. Clasificación de valor de soporte relativo en estructura de pavimento.....	58
Tabla 35. Aforo vehicular en ambos sentidos.....	60
Tabla 36. Factores de ajuste vehicular.....	61
Tabla 37. Transito Promedio Diario con sus respectivos valores de ajuste.....	61

Tabla 38. Calculo del tránsito promedio diario anual (TPDA) con factor semana y factor de expansión.	62
Tabla 39. Crecimiento poblacional del municipio de Acoyapa, Chontales.....	63
Tabla 40. TPDA histórico por tipo de vehículo.....	64
Tabla 41. Comportamiento del Producto Interno Bruto en los últimos 10 años ..	65
Tabla 42. Periodos de diseño para diferentes tipos de carreteras.....	66
Tabla 43. Factor de distribución por dirección (FD)	67
Tabla 44. Factores de Distribución por carril	68
Tabla 45. Cálculo de Tránsito Promedio Diario proyectado 2038.....	69
Tabla 46. Tránsito de Diseño proyectado al año horizonte	70
Tabla 47. Pérdidas de serviciabilidad	73
Tabla 48. Ejes equivalentes	75
Tabla 49. Niveles de confiabilidad.....	76
Tabla 50. Desviación estándar para pavimentos rígidos y flexibles	76
Tabla 51. Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles.....	77
Tabla 52. Limites para Selección de Resistencia	79
Tabla 53. Bombeos típicos utilizados en carreteras	86
Tabla 54. Dimensiones de cunetas	88
Tabla 55. Costos Directos del Proyecto	91
Tabla 56. Costos Indirectos y costo total del Proyecto	92
Tabla 57. Inversión diferida	92
Tabla 58. Inversión Total	93
Tabla 59. Costo de Mantenimiento.....	94
Tabla 60. Aumento de valor de las viviendas y Predios	95
Tabla 61. Cálculo del ahorro por gasto en enfermedad.....	95
Tabla 62. Proyección de gastos en enfermedades (C\$).....	96
Tabla 63. Flujo de Caja	97

INDICE DE IMAGEN

Imágenes	Pág.
Imagen 1. Mapa de Macro localización Acoyapa, Chontales	1
Imagen 2 Mapa de ubicación de calle en estudio.....	2
Imagen 3 Estado actual de calle en estudio del Barrio la Cruz	16
Imagen 4. Mapa de localización de Banco de Material	20
Imagen 5. Algunos equipos usados en Granulometría.....	22
Imagen 6. Equipo de Casa Grande para determinación de Límite Líquido	33
Imagen 7. Descripción de colocación de la muestra y apertura con el ranurador	33
Imagen 8. Curva de saturación del Proctor de las calles.....	49
Imagen 9. Curva de saturación Proctor del Banco de Material	50
Imagen 10. Descripción de equipos para ensayos de CBR	52
Imagen 11. Gráfica Esfuerzo-Penetración para 56 golpes	55
Imagen 13. Grafica Esfuerzo Deformación.....	56
Imagen 12. Gráfica Esfuerzo-Penetración para 25 golpes	56
Imagen 14. Gráfica CBR de diseño	58
Imagen 15. Ábaco para la determinación del coeficiente estructural de la capa base.....	80
Imagen 16. Determinación del coeficiente estructural de la capa sub base	81
Imagen 17. Monograma para el cálculo del SN (número estructural) de diseño	82
Imagen 18. Fórmulas para el dimensionamiento de canales para carreteras inter urbanas	87

I. CAPITULO I: GENERALIDADES

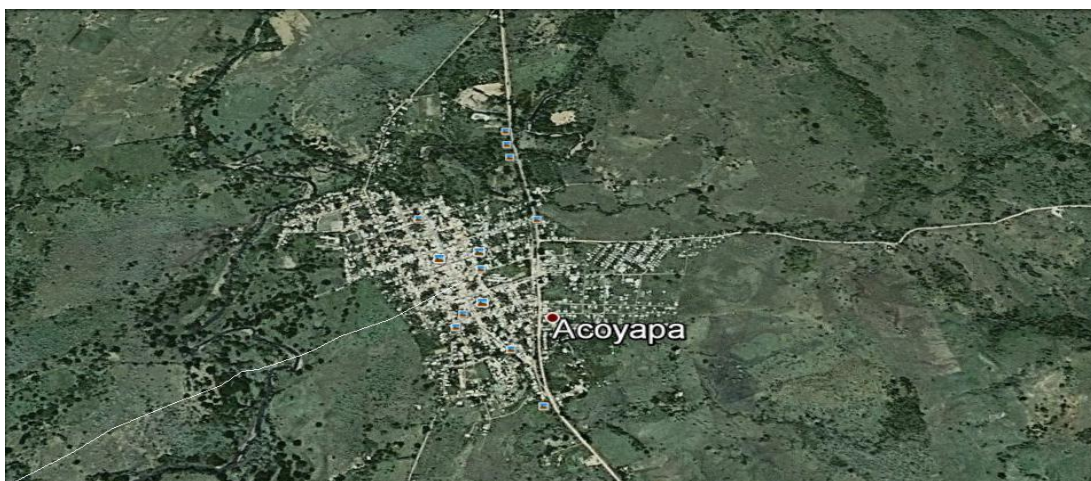
1.1 INTRODUCCION

Históricamente en Nicaragua la red vial ha presentado poca atención de las autoridades competente, aun así en la actualidad el Ministerio de Transporte e Infraestructura mantiene planes de mejoramiento y rehabilitación de carreteras, calles y caminos para el mejoramiento de la producción principalmente en aquellas zonas donde el comercio crece a un ritmo acelerado y por falta de un acceso vial de calidad muchos productos no salen al mercado.

Estas problemáticas también existen en el municipio de la Acoyapa departamento de Chontales en el cual existen algunos accesos donde es muy difícil para un vehículo transitar por el deterioro de las calles tanto en invierno como en verano.

El municipio de Acoyapa se encuentra ubicado al Sur-Oeste del departamento de Chontales, a 170 km de la capital Managua, cuenta con una población de 19,820 habitantes distribuidos en los 1381.79 Kms² de extensión territorial que posee.

Ilustración 1. Mapa de Macro localización Acoyapa, Chontales



Fuente Google Earth

Ilustración 2 Mapa de ubicación de calle en estudio



Fuente Google Earth

Como casi todos los municipios del departamento de Chontales este municipio tiene como principal fuente de ingresos la agricultura y la ganadería, es por ende que se presenta en este documento realizar un estudio de Prefactibilidad para el adoquinado de 1.2 km de calle.

1.2 ANTECEDENTES

Según fuentes de la alcaldía del municipio, en el año 1850 se iniciaron las aperturas de las principales vías de accesos de barrios y comarcas aledañas del municipio de Acoyapa el cual atendería el flujo vehicular de la época dentro de estas obras de apertura se incluye la calle que en la actualidad funciona como acceso rápido por vehículos, peatones, actividad ganadera entre otros.

A pesar de ser un punto de acceso clave con el tiempo ha sido olvidada por las autoridades competentes recibiendo muy poco mantenimiento afectando familias de barrios aledaños, el barrio que históricamente ha sido más afectado se llama barrio la cruz

La alcaldía de este municipio ha dicho que por falta de recursos no mantiene un plan de mejoramiento constante a vías en olvido como esta. Los drenajes existentes son cauces naturales que de igual forma no han recibido interés

En los periodos lluviosos es cuando menos atención ha recibido este tramo de calle así como muchos otros que se encuentran en condiciones intransitables

Dentro de los planes de mantenimientos y mejoras de calles y caminos de la alcaldía municipal no se encuentra el tema de mejoramiento de esta importante vía de acceso

1.3 JUSTIFICACIÓN

Una necesidad propia de cada municipio es el mantenimiento de carreteras, caminos y calles de forma continua es una estrategia para el incremento del comercio a nivel local y así mismo a nivel nacional.

Esta propuesta tiene como finalidad el mejoramiento económico y social de la comunidad. Se pretende que aumentará la producción local y el flujo vehicular, se experimentarían mejoras en las condiciones de tránsito y esto hará que el usuario prefiera utilizar nuevamente la vía principal como lo fue en años anteriores.

Con la apertura del puente Santa Fe el flujo vehicular sobre la carretera Acoyapa-San Carlos aumentara en ambos sentidos de circulación haciendo necesario la apertura de una vía alterna con buenas condiciones para el transporte local.

Con un proyecto de esta calidad se pretenden resultados muy positivos porque vendrá a dar respuesta a grandes necesidades de pobladores cercanos a la vía que no han tenido respuestas de solución de autoridades competentes el cual se les ha pedido que se mejore en condiciones tan básicas como lo son evitar el polvo en época de verano y charcos en invierno estos criaderos de mosquitos y otro tipo de plagas que transmiten enfermedades a pobladores y los más vulnerables son niños, mujeres embarazadas y personas de la tercera edad.

Desarrollar este proyecto también tiene como estrategia generar fuente de empleo a pobladores de escasos recursos dentro y fuera del municipio ya que este tipo de pavimento lo cual es el adoquinado no requiere de una mano de obra calificada esto es una ventaja para pobladores a generar ingresos en las familias.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Realizar un estudio de Prefactibilidad para el Adoquinado de 1.2 km de longitud de calle en el municipio de Acoyapa departamento de Chontales.

1.4.2 Objetivos específicos

- ❖ Realizar el estudio de mercado para determinar la demanda del proyecto.

- ❖ Determinar el estudio técnico del proyecto.

- ❖ Elaborar el estudio socioeconómico para analizar la viabilidad de la inversión.

2. MARCO TEÓRICO.

2.1 Estudio de tránsito

Constituye el instrumento que sirve al ingeniero de tráfico para cumplir con sus objetivos, definido como la planificación de la red vial y la circulación del tránsito vehicular.

2.2 Aforo vehicular

Se denomina aforo al proceso de conteo de vehículos que pasan en un punto determinado de un camino, carretera o intersección, en una unidad de tiempo.

2.3 Capacidad de la vía

El número máximo de vehículos por unidad de tiempo que razonablemente puede esperarse que pasen por un tramo de una carretera, en un sentido o en dos sentidos, bajo las condiciones imperantes del camino y del tráfico.

2.4 Carga equivalente

Es la que se obtiene al realizar conteos o aforos vehiculares tomando en cuenta los pesos sugeridos por la AASHTO 93.

2.5 Tránsito

El tránsito es la variable más importante en el diseño de pavimentos. Para el dimensionamiento de un pavimento es necesario determinar los efectos que las cargas de estos vehículos causarán sobre el pavimento.

2.6 Equipo pesado

Se compone de los vehículos que no son utilizados para el transporte de personas o carga, sino para fines más específicos, como la agricultura (tractores, arados) y la construcción (motoniveladora, retroexcavadora, recuperador de camiones, compactadora y otros).

2.7 Volumen de tránsito

Se entiende por volumen de tránsito a la cantidad de vehículos que transitan sobre una sección de vía durante un periodo de tiempo.

2.8 Tránsito promedio diario

Es el tránsito total registrado por día, dividido por los siete días de la semana.

2.9 Tránsito promedio diario anual (TPDA)

Tránsito promedio diario anual o TPDA, que es el promedio de 24 horas de conteo efectuado cada día en un año. Este se utiliza en varios análisis de tráfico y transporte.

2.10 Tasa de crecimiento vehicular

Representa el crecimiento promedio anual del TPDA. Generalmente las tasas de crecimiento son diferentes para cada tipo de vehículo, la que se encuentra directamente propensa al crecimiento poblacional en la zona

2.11 Proyecciones de tránsito

El tránsito puede proyectarse en el tiempo en forma aritmética con un crecimiento constante o exponencial mediante incrementos anuales.

2.12 Tránsito de diseño

Periodo de diseño

Es el tiempo para el cual se estima que un sistema va a funcionar satisfactoriamente.

Factor de crecimiento

Este crecimiento depende del número de años al que se proyectara el tránsito, lo cual reflejara el aumento en el flujo de vehículos en el periodo de diseño.

2.13 Factor direccional (FD)

Es un valor que proporciona el manual centroamericano de normas para el diseño de carreteras regionales (SIECA), normalmente su valor 0.5 ya que estudiamos una vía donde los vehículos circulan en ambas direcciones.

2.14 Estudio de suelo

En los proyectos de Ingeniería, tanto en obras horizontales como en obras verticales, se necesita tener información veraz acerca de las propiedades físico-mecánico de los suelos donde se pretende cimentar la obra

2.15 Propiedades físico-mecánicas

Son características propias de cada tipo de suelo las cuales se generalizan en: textura, estructura, color, permeabilidad, porosidad, drenaje, consistencia, profundidad efectiva.

Actividades de laboratorio

2.16 Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg o límites de consistencia se basan en el concepto de que los suelos finos, presentes en la naturaleza, pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo del contenido de agua. Así un suelo se puede encontrar en un estado sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido.

2.17 Limite líquido

El límite se define como el contenido de humedad expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra, que debe tener un suelo moldeado para una muestra del mismo en que se haya moldeado una ranura de dimensiones estándar, al someterla al impacto de 25 golpes bien definidos se cierre sin resbalar en su apoyo.

2.18 Limite plástico

El límite plástico se define como el contenido de humedad, expresado en por ciento, cuando comienza agrietarse un rollo formado con el suelo de 3 mm de diámetro, al rodarlo con la mano sobre una superficie lisa y absorbente.

2.19 Método Proctor estándar

Compactación

Se denomina compactación de suelos al proceso mecánico por el cual se busca mejorar las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo deformación de los mismos

2.20 Ensayo proctor estándar

El ensayo proctor estándar se refiere a la determinación del peso por unidad de volumen de un suelo que ha sido compactado por un procedimiento definido para diferentes contenidos de humedad.

2.21 Ensayo de CBR

Mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, sub base y base de pavimentos.

2.22 Subrasante

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.

2.23 Base

Es la capa que se encuentra bajo la capa de rodadura de un adoquinado. Debido a su proximidad con la superficie, debe poseer, alta resistencia a la deformación.

2.24 Sub base

Es la capa que se encuentra entre la base y la subrasante en un adoquinado. Debido a que está sometida a menores esfuerzos que la base, su calidad puede ser inferior y generalmente está constituida por materiales locales granulares o marginales.

2.25 Diseño estructural de pavimento

2.26 El Índice de serviciabilidad Inicial (po)

Es función del diseño de pavimentos y del grado de calidad durante la construcción.

2.27 El Índice de serviciabilidad final (pt)

Es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios de la vía antes de que sea necesario el tomar acciones de rehabilitación, reconstrucción o repavimentación, y generalmente varía con la importancia o clasificación funcional de la vía cuyo pavimento se diseña.

2.28 Pérdida de serviciabilidad (Δ PSI)

Es la diferencia entre la serviciabilidad inicial y la final.

2.29 ESAL'S (Wt18)

Es la transformación de ejes de un tránsito mixto que circula por una vía a ejes equivalentes haciendo uso del factor de equivalencia de carga acumulado durante el periodo de diseño (8.2 ton).

2.30 Numero Estructural (SN)

Número Estructural, o capacidad de la estructura para soportar las cargas bajo las condiciones (variables independientes) de diseño.

2.31 Confiabilidad

La "Confiabilidad del Diseño (R)" se refiere al grado de certidumbre (seguridad) de que una determinada alternativa de diseño alcance a durar, en la realidad, el tiempo establecido en el período seleccionado.

2.32 Desviación estándar (So)

Es función de posibles variaciones en las estimaciones e tránsito (cargas y volúmenes) y el comportamiento del pavimento a lo largo de su vida de servicio.

2.33 Módulo de resiliente (MR)

Es la propiedad utilizada para caracterizar el suelo de las funciones del camino y otras capas.

2.34 Diseño de drenaje menor

Cuenca Hidrográfica

Es el espacio de territorio delimitado por la línea divisoria de las aguas, conformado por un sistema hídrico que conducen sus aguas a un río principal, a un río muy grande, a un lago o a un mar.

2.35 Área de escurrimiento

Es el espacio de recarga de agua de lluvia superficial o subterránea hacia un punto determinado.

2.36 Intensidad media de precipitación

Lamina de precipitación caída en una unidad de tiempo, se obtiene por la lectura directa en la curva de intensidad duración frecuencia (IDF).

2.37 Coeficiente de escorrentía

El coeficiente C de escorrentía define la proporción de la componente superficial de la precipitación de intensidad I, y depende de la razón entre la precipitación

diaria correspondiente al período de retorno y el umbral de escorrentía a partir del cual se inicia ésta.

2.39 Estudio Hidráulico

El sistema de drenaje es un escudo de protección el cual se debe proveer la estructura de las carreteras contra los efectos erosivos e inundación de las aguas superficiales o subterráneas.

2.40 Bombeo de calzada

Generalmente, la sección típica de una carretera la convierte en un parte aguas, ya que a partir del eje se le proporciona una pendiente lateral geoméricamente igual para ambos lados, a lo cual se le llama bombeo.

2.41 Hombros

Justo en la línea donde termina la calzada, se inicia una franja de protección de la carretera conocida como "hombros" en cada lado de la vía, a la que se le debe proveer una pendiente, ya que sobre ella escurren las aguas provenientes del rodamiento.

2.42 Drenaje transversal

Son conductos que permiten el paso al agua procedente de ríos, arroyos, canales o cunetas a través del terraplén de la carretera como tubo, cajones, alcantarilla y el bombeo de la corona.

2.43 Cunetas

Son canales de drenaje generalmente de sección triangular y se proyectan para todos los tramos al pie de los taludes de corte, longitudinales a ambos lados de la calzada, incluyendo hombros.

2.44 Costos de inversión.

Estos costos contribuyen los conjuntos de recursos necesarios, en la forma de activos corrientes, para la operación normal del proyecto durante su ciclo operativo, para una capacidad y tamaño determinados, calculados para el período de vida útil del proyecto que son el resultado de la superposición de activos fijos más activos diferidos, más capital de trabajo, que en este caso no existe.

2.45 Inversión en activos diferidos.

Son todos aquellos gastos que se realizan en bienes y servicios intangibles que son necesarios para la iniciación del proyecto, pero no intervienen en la producción del mismo. Los gastos de formulación y estudios técnicos tales como el de suelos y topográficos del proyecto.

2.46 Beneficios del proyecto.

Por ser este un proyecto de tipo social, no existe bajo ningún concepto la remuneración por la construcción de la vía en los sectores, pues no habrá peaje u otra forma de recuperar la inversión.

2.47 Determinación de los precios sociales.

Los precios sociales deben ser usados por los proponentes en la evaluación socioeconómica del proyecto, representan valores oficiales que reflejan el costo real para la sociedad de usar unidades adicionales de los factores de producción en la generación de unidades de bienes y servicios.

II. CAPITULO II: ESTUDIO DE MERCADO

2.1 Análisis del mercado con respecto al proyecto

Se tiene como objetivo de conocer el perfil y comportamiento del cliente, que a menudo se divide en distintos segmentos o nichos de mercado, así como determinar el tamaño actual y futuro del mercado, anticipar las reacciones de la competencia y proveedores e identificar posibles elementos que puedan llegar a transformar radicalmente el sector, como por ejemplo conocer la demanda de la población del barrio la Cruz la cual se beneficiará con este proyecto una vez que se gestione su ejecución por medio de las autoridades locales.

2.2 Recopilación de la información

2.2.1 Necesidades de la población

La población nicaragüense es altamente vulnerable a la pobreza. En 2017 se incrementó el número de personas con necesidades básicas insatisfechas, según la Encuesta de Hogares para medir la pobreza en Nicaragua, publicada por la Fundación Internacional para el Desafío Económico Global (Fideg).

Asimismo, en el 2017, el porcentaje de hogares que tenía dos o más necesidades básicas insatisfechas en el área urbana fue de 12.6 por ciento y en el área rural fue 20.8 por ciento; en el 2016 estos mismos porcentajes fueron 12.8 por ciento y 19.2 por ciento, respectivamente, es decir, hubo un mayor incremento en el área rural.

El municipio de Acoyapa existe un total de 9 comarcas y desde que fue elevada a ciudad en el año de 1862, se cuenta con un nivel de pobreza muy alto según fuentes de institucionales nacionales como el INIDE esto no permite que la población tenga buenos ingresos y así vivir en condiciones en las cuales satisfagan los estándares de vida.

2.2.2 Fuentes de información

Las fuentes de información son aquellos instrumentos de los que puede obtenerse la información necesaria para efectuar la investigación comercial o estudio de mercado. Estas fuentes se pueden encontrar dentro de la empresa (fuentes internas), o bien fuera de ella (fuentes externas).

Es importante que tengas claro qué información quieres recopilar y dónde la puedes conseguir. Hoy en día vivimos anegados de información. Uno se puede ahogar fácilmente en un mar de datos. De ahí la importancia de la definición de los objetivos, pues son estos los que nos guiarán en el estudio y nos dirán qué información queremos. Es decir:

- Cuál es la situación del sector
- Qué productos tiene la competencia y su estrategia
- Cuál es el comportamiento de los beneficiarios del proyecto

Una vez sabes qué información necesitas, has de buscar tus fuentes de información. Generalmente se habla de fuentes de información primarias y fuentes de información secundarias

2.2.3 Técnica de investigación cuantitativa

Se cuantifico la información. Esta técnica es la más conocida se basa en la encuesta y el sondeo. Para este caso se realiza un sondeo el cual permitió determinar un gran número de beneficiarios para conocer sus características demográficas, socioeconómicas y lo que esperan por parte de las autoridades en el sondeo se tuvo respuestas significativas es decir, el sondeo se trata de obtener la importancia del proyecto.

Para este este proyecto se tiene como información de primera mano las necesidades de la población que tiene la alcaldía de la municipalidad, y de los propios pobladores del barrio la Cruz del municipio de Acoyapa los cuales don alrededor de 80 familias afectadas por el mal estado de estas calles.

Imagen 3 Estado actual de calle en estudio del Barrio la Cruz



Fuente. Imagen propia

Según fuentes de la alcaldía la cual es la información de primera mano que se posee para el lugar de estudio del proyecto no se cuenta con los recursos suficientes para brindarles a los pobladores mejores condiciones acceso y de salud.

No se descarta una posibilidad de gestionar un financiamiento o una contra partida de la comunidad, gobierno central y a futuro que este estudio sea una base para un futuro financiamiento de esta manera contribuir al desarrollo de la población del barrio la Cruz, municipio de Acoyapa de igual forma a nuestro país. **(Ver conclusiones y recomendaciones)**

CAPITULO III: ESTUDIO TÉCNICO

3.1 ESTUDIO DE SUELOS

¹Los métodos de diseño se fundamentan en las características de los suelos de fundación y en la comparación del comportamiento de pavimentos similares que habían tenido buena duración.

Se conoce que el tráfico tiene efecto sobre el diseño, pero su única medición se basa en el conteo de vehículos, su clasificación en cuanto a intensidad -pesado, medio o ligero- y la carga máxima por eje. Se dispone de más de 18 métodos de diseño, entre los más conocidos están los del "Índice de Grupo" y el "CBR".

La falta de un estudio de suelos podría hacer colapsar a un edificio o vivienda.

En toda obra de arquitectura o ingeniería moderna, ya sea viviendas o edificios, es necesario e imprescindible la realización de un estudio de suelos

La importancia del estudio de suelos depende del tipo de proyecto que vaya a realizar y de la magnitud de este; con los resultados que se obtengan del estudio de suelos se podrán tomar decisiones. Dependiendo del tipo de suelo es la capacidad de soporte del suelo (resistencia del suelo) y eso se puede determinar únicamente con el estudio de suelos.

Con estudio de suelos, se puede determinar cuánto se gastara o cuanto se ahorrara en una cimentación o en proyecto de carreteras; ya que muchos proyectos en los que no se hace estudio de suelos, resulta que cuando están ya construidos se dan cuenta que se producen asentamientos y estos incrementan los costos de todo proyecto.

¹ Maestría en vías terrestres Modulo III, Diseños de pavimentos I. Ing. Gustavo Corredor (UNI)

Tabla 1 Tipos de prueba que se realizan en un estudio de suelos

Tipo de Ensaye	Designación	
	AASHTO	ASTM
Análisis Granulométrico de los Suelos	T-88	D-422
Límite líquido de los Suelos	T-89	D-423
Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los Suelos	T-90	D-424
Clasificación Highway Research Board, o clasificación AASHTO	M-145	D-3282
Humedad Natural		D-2216
CBR (California Bearing Ratio)	T-193	D-1883
Pesos Volumétricos		C-29
Desgaste Los Ángeles en muestras de materiales para Base	T-104	C-131

Fuente Manual para la revisión de estudios Geotécnicos (MTI)

Estudios de suelos para carreteras y caminos

En los proyectos de construcción se desprende la necesidad de contar, tanto en la etapa de proyecto, como durante la ejecución de la obra, con datos firmes, seguros y abundantes respecto al suelo que se está tratando.

Para definir las características de deformación y resistencia a los esfuerzos en el suelo con que haya de laborar. Pero para llegar en el laboratorio a unos resultados razonablemente dignos de crédito es preciso cubrir en forma adecuada una etapa previa e imprescindible: la obtención de muestras de suelo apropiadas para la realización de las correspondientes pruebas.

3.2 Trabajo de campo.

El trabajo se da inicio una vez que se determinan los puntos en los que se realizaron las excavaciones para calicatas de la calle en estudio. El trabajo de campo inicia con la visita del sitio y determinar la cantidad de sondeos que se realizaron, con la ayuda de técnicos se determinó un total de cinco sondeos de exploración las cuales fueron ubicados estratégicamente a lo largo de todas las calles que se sometieron al estudio en municipio de la Acoyapa, Chontales, las

dimensiones de estas calitas fueron de 1.00 m x 1.00 m de sección con una profundidad de 1.50 m.

Se procedió a la excavación de la primera de las cinco calicatas la cual se encuentra ubicada en la esquina este procedimiento se realizó manual empleando herramientas básicas como son barra, pico y pala hasta lograr la profundidad requerida la cual fue de 1.50m. Se extrajo una muestra representativa de uno de los estratos que presentaba la excavación a una profundidad de 1.20m de profundidad con un peso de tres kilogramos (3 kg) la cual solo se utilizó para ensayos de clasificación (Granulometría y Límites de Consistencia)

En la siguiente tabla se muestra la información de cada uno de los sondeos como son: ubicación en el mapa topográfico, profundidad del sondeo y profundidad a la que se extrajo la muestra

Tabla 2. Ubicación de sondeos manuales

Numero de sondeo	Ubicación: Eje y estación	Profundidad de excavación	Profundidad de extracción de muestra
Sondeo 1	EJE B, EST 0+100	1.50 m	1.20 m
Sondeo 2	EJE A, EST 0+200	1.50 m	1.25 m
Sondeo 3	EJE A, EST 0+300	1.50 m	1.30 m
Sondeo 4	EJE A, EST 0+400	1.50 m	1.40 m
Sondeo 5	EJE A, EST 0+500	1.50 m	1.40 m
Sondeo 6	EJE N, EST 0+600	1.50 m	1.00 m
Sondeo 7	EJE D, EST 0+700	1.50 m	1.30 m
Sondeo 8	EJE D, EST 0+800	1.50 m	1.30 m
Sondeo 9	EJE E, EST 0+900	1.50 m	0.90 m
Sondeo 10	EJE E, EST 1+000	1.50 m	1.45 m

De esta forma se dan los datos preliminares de lo que fue el trabajo de campo en lo que corresponde a la realización de los sondeos manuales y extracción de muestras.

Investigación del banco de material

Se localizaron los bancos de materiales existentes en la zona, teniendo como resultados la ubicación de dos bancos donde la Alcaldía de Acoyapa explota para la extracción de material selecto que se utiliza para el mejoramiento de caminos y estructuras pavimento de sus calles.

El banco de material más cercano se ubica a 1.68 km del punto de inicio del proyecto, siguiendo la ruta trazada en el mapa de Google Earth.

Imagen 4. Mapa de localización de Banco de Material



Fuente Google Earth

Este banco además de ser el más cercano es el más explotado de la zona, motivos por los cuales se decidió extraer muestras de este es para conocer sus características mediante los ensayos en el laboratorio

Cabe destacar que dicho banco de material se encuentra en una propiedad privada cuyo dueño es el señor Erasmo Rodríguez.

La muestra que se extrajo tubo un peso aproximadamente de 60 kg, este peso orientado por técnicos del laboratorio para los diferentes ensayos que se le realizarían.

Posteriormente las muestras fueron trasladadas al municipio de Juigalpa para ser sometidas a los ensayos correspondientes en las instalaciones de un laboratorio que presta servicios al proyecto de alcantarillado sanitario, certificación del **MTI Numero: 13693**. Ubicado del colegio san Francisco 1c al sur, 1c este. El cual presta las condiciones tanto en equipos como técnicos capacitados para realizar satisfactoriamente dichos ensayos los cuales fueron: Análisis Granulométrico, Límites de Consistencia, Ensayos de compactación y Valor relativo de soporte CBR.

3.3 Datos de laboratorio

3.3.1 Ensayo de granulometría por mallas, Norma técnica ASTM D 422

²Este ensayo permite la caracterización física del suelo y se emplea para determinar las proporciones de los tamaños de grano de una masa de suelo conocida. El procedimiento consistió agrupando las muestras en rango de tamaños esto se logra con mallas de diferentes aperturas conocidas llamadas tamices.

Algunos equipos que se utilizaron para este ensayo fueron: Juego de tamices 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", No. 4, No. 10, No. 40, No. 200, tapa y fondo, Balanza de 0.1gr. De sensibilidad. Mortero con su pisón, Horno con temperatura constante de 100 – 110° C, Taras, Cuarteador.

² Bowles, J. (1981). Manual de laboratorio de suelos de Ingeniería.

Imagen 5. Algunos equipos usados en Granulometría



Fuente. Imagen propia.



Procedimiento

El ensayo da inicio con la preparación de las muestras se prepararon porciones las cuales fueron disgregadas para su homogenización, utilizando el método del cuarteo se toma una muestra la cual fue la que sometió al ensayo. Este procedimiento se le realizó a todas las muestras.

Presentación de resultados.

Para presentar los resultados se utilizaron los formatos establecidos en la guía de laboratorios de mecánica de suelo de la Universidad nacional de ingeniería (UNI) y se utilizó la herramienta Microsoft Excel.

Las fórmulas utilizadas para la realización de los cálculos son las siguientes

Fórmula para el cálculo del porcentaje retenido acumulado.

$$\text{Porcentaje retenido acumulado} = \% \text{ retenido acumulado} + \text{peso retenido}$$

Fórmula para el cálculo del porcentaje que pasa.

$$\text{Porcentaje que pasa} = 100 - \text{porcentaje retenido acumulado}$$

Las muestras se agruparon en los formatos que brindan las guías de laboratorio de mecánica de suelos de la UNI

Tabla 3. Análisis Granulométrico de muestra 1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA				
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION				
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS				
" ING. JULIO PADILLA M"				
ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO				
Proyecto		Estudio de Prefactibilidad de 1,2km de calles		
Muestra Num.	1	Ensayo Num.	1	
Sondeo Num.	1	Profundidad	1,3m	
Procedencia del material		Acoyapa, Chontales		
Granulometria Gruesa				
Operador		Francisco Sobalvarro		
Fecha :noviembre de 2018		Darwing Espinales		
		Juan Daniel Urbina		
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
2"		0		
1 1/2"		0		100
3/4"	130	6	6	94
1/2"	305	14	20	80
3/8"	246	11	31	69
Num.4	496	23	53	47
pasa Num 4	1024	47	100	0
Suma	2201	100		
ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIALES QUE PASAN				
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
10	15,3	7	7	40
40	34,7	15	22	24
200	17,4	8	30	17
Pasa 200	37,9	17	47	0
Suma	105,3	47		
Tara		peso seco	105,3	

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 4. Análisis Granulométrico de muestra 2

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA				
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION				
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS				
"ING. JULIO PADILLA M"				
ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO				
Proyecto		Estudio de Prefactibilidad de 1,2km de calles		
Muestra Num.	2	Ensayo Num.	2	
Sondeo Num.	2	Profundidad	1,3m	
Procedencia del material	Acoyapa, Chontales			
Granulometria Gruesa				
Operador	Francisco Sobalvarro			
Fecha :noviembre de 2018	Darwing Espinales			
	Juan Daniel Urbina			
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
2"		0		
1 1/2"		0		100
3/4"	16	2	2	98
1/2"	81	10	12	88
3/8"	50	6	18	83
Num.4	167	20	37	63
pasa Num 4	526	63	100	0
Suma	840	100		
ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIALES QUE PASAN				
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
10	14	8	8	55
40	19,8	11	19	44
200	17,3	10	29	34
Pasa 200	59,8	34	63	0
Suma	110,9	63		
Tara		peso seco	110,9	

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 5. Análisis Granulométrico de muestra 3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA				
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION				
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS				
"ING. JULIO PADILLA M"				
ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO				
Proyecto		Estudio de Prefactibilidad de 1,2km de calles		
Muestra Num.	3	Ensayo Num.	3	
Sondeo Num.	3	Profundidad	1,3m	
Procedencia del material		Acoyapa, Chontales		
Granulometria Gruesa				
Operador		Francisco Sobalvarro		
Fecha :noviembre de 2018		Darwing Espinales		
		Juan Daniel Urbina		
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
2"		0		
1 1/2"		0		100
3/4"	33	4	4	96
1/2"	12	1	5	95
3/8"	11	1	6	94
Num.4	85	9	16	84
pasa Num 4	759	84	100	0
Suma	900	100		
ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIALES QUE PASAN				
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
10	5,7	4	4	80
40	13,7	11	15	69
200	17,1	13	29	56
Pasa 200	71,3	56	84	0
Suma	107,8	84		
Tara		peso seco	107,8	

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 6. Análisis Granulométrico de muestra 4

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA				
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION				
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS				
"ING. JULIO PADILLA M"				
ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO				
Proyecto		Estudio de Prefactibilidad de 1,2km de calles		
Muestra Num.	4	Ensayo Num.	4	
Sondeo Num.	4	Profundidad	1,3m	
Procedencia del material	Acoyapa, Chontales			
Granulometria Gruesa				
Operador	Francisco Sobalvarro			
Fecha :noviembre de 2018	Darwing Espinales			
	Juan Daniel Urbina			
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
2"		0		
3/4"	0	0	0	100
1/2"	4	1	1	99
3/8"	2	0	1	99
Num.4	2	0	1	99
pasa Num 4	608	99	100	0
Suma	616	100		
ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIALES QUE PASAN				
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
10	1,2	1	1	98
40	4,6	4	5	93
200	9,1	9	14	85
Pasa 200	90,6	85	99	0
Suma	105,5	99		
Tara		peso seco	105,5	

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 7. Análisis Granulométrico de muestra 5

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA				
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION				
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS				
"ING. JULIO PADILLA M"				
ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO				
Proyecto		Estudio de Prefactibilidad de 1,2km de calles		
Muestra Num.	5	Ensayo Num.	5	
Sondeo Num.	5	Profundidad	1,3m	
Procedencia del material	Acoyapa, Chontales			
Granulometria Gruesa				
Operador	Francisco Sobalvarro			
Fecha :noviembre de 2018	Darwing Espinales			
	Juan Daniel Urbina			
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
2"		0		
1 1/2"		0		100
3/4"	28	3	3	97
1/2"	45	5	8	92
3/8"	25	3	11	89
Num.4	101	11	22	78
pasa Num 4	718	78	100	0
Suma	917	100		
ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIALES QUE PASAN				
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
10	9,4	7	7	72
40	21,9	16	23	56
200	21,8	16	38	40
Pasa 200	55,8	40	78	0
Suma	108,9	78		
Tara		peso seco	108,9	

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 8. Análisis Granulométrico de muestra 6

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA				
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION				
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS				
"ING. JULIO PADILLA M"				
ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO				
Proyecto	Estudio de Prefactibilidad de 1,2km de calles			
Muestra Num.	6	Ensayo Num.	6	
Sondeo Num.	6	Profundidad	1,3m	
Procedencia del material	Acoyapa, Chontales			
Granulometria Gruesa				
Operador	Francisco Sobalvarro			
Fecha :noviembre de 2018	Darwing Espinales			
	Juan Daniel Urbina			
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
2"		0		
1 1/2"		0		100
3/4"	0	0	0	100
1/2"	0	0	0	100
3/8"	0	0	0	100
Num.4	0	0	0	100
pasa Num 4	705	100	100	0
Suma	705	100		
ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIALES QUE PASAN				
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
10	4	4	4	96
40	2,4	2	6	94
200	7,2	7	13	87
Pasa 200	88,5	87	100	0
Suma	102,1	100		
Tara		peso seco	102,1	

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 9. Análisis Granulométrico de muestra 7

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA				
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION				
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS				
"ING. JULIO PADILLA M"				
ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO				
Proyecto		Estudio de Prefactibilidad de 1,2km de calles		
Muestra Num.	7	Ensayo Num.	7	
Sondeo Num.	7	Profundidad	1,4	
Procedencia del material	Acoyapa, Chontales			
Granulometria Gruesa				
Operador	Francisco Sobalvarro			
Fecha :noviembre de 2018	Darwing Espinales			
	Juan Daniel Urbina			
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
2"		0		
1 1/2"		0		100
3/4"	0	0	0	100
1/2"	0	0	0	100
3/8"	0	0	0	100
Num.4	0	0	0	100
pasa Num 4	818	100	100	0
Suma	818	100		
ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIALES QUE PASAN				
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
10	4,9	5	5	95
40	6,5	6	11	89
200	11	10	21	79
Pasa 200	85,1	79	100	0
Suma	107,5	100		
Tara		peso seco	107,5	

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 10. Análisis Granulométrico de muestra 8

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA				
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION				
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS				
"ING. JULIO PADILLA M"				
ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO				
Proyecto		Estudio de Prefactibilidad de 1,2km de calles		
Muestra Num.	8	Ensayo Num.	8	
Sondeo Num.	8	Profundidad	1,5	
Procedencia del material		Acoyapa, Chontales		
Granulometría Gruesa				
Operador		Francisco Sobalvarro		
Fecha :noviembre de 2018		Darwing Espinales		
		Juan Daniel Urbina		
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
2"		0		
1 1/2"		0		100
3/4"	0	0	0	100
1/2"	7	1	1	99
3/8"	11	1	2	98
Num.4	161	17	19	81
pasa Num 4	784	81	100	0
Suma	963	100		
ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIALES QUE PASAN				
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
10	9,1	7	7	75
40	13,7	10	17	64
200	12,2	9	26	55
Pasa 200	74,2	55	81	0
Suma	109,2	81		
Tara		peso seco	109,2	

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 11. Análisis Granulométrico de muestra 9

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA				
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION				
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS				
"ING. JULIO PADILLA M"				
ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO				
Proyecto	Estudio de Prefactibilidad de 1,2km de calles			
Muestra Num.	9	Ensayo Num.	9	
Sondeo Num.	9	Profundidad	1,5	
Procedencia del material	Acoyapa, Chontales			
Granulometria Gruesa				
Operador	Francisco Sobalvarro			
Fecha :noviembre de 2018	Darwing Espinales			
	Juan Daniel Urbina			
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
2"		0		
1 1/2"		0		100
3/4"	0	0	0	100
1/2"	0	0	0	100
3/8"	0	0	0	100
Num.4	0	0	0	100
pasa Num 4	948	100	100	0
Suma	948	100		
ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIALES QUE PASAN				
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
10	1,3	1	1	99
40	3,2	3	4	96
200	2,6	3	7	93
Pasa 200	96	93	100	0
Suma	103,1	100		
Tara		peso seco	103,1	

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 12. Análisis granulométrico Banco de Material.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA				
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION				
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS				
"ING. JULIO PADILLA M"				
ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO				
Proyecto		Estudio de Prefactibilidad de 1,2km de calles		
Muestra Num.	Banco de Material	Ensayo Num.	10	
Sondeo Num.	10	Profundidad	1,5	
Procedencia del material		Acoyapa, Chontales		
Granulometria Gruesa				
Operador		Francisco Sobalvarro		
Fecha :noviembre de 2018		Darwing Espinales		
		Juan Daniel Urbina		
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
2"	2,62	7	7	93
1 1/2"	7,152	20	28	72
3/4"	4,101	12	39	61
1/2"	4,183	12	51	49
3/8"	2,245	6	57	43
Num.4	4,662	13	71	29
pasa Num 4	10,416	29	100	0
Suma	35,379	100		
ANALISIS GRANULOMETRICO DE MATERIALES QUE PASAN				
Tamiz	w.Retenido	%P.retenido	%R.acumulado	% que pasa
10	21,5	5	5	24
40	26	6	12	18
200	17,9	4	16	13
Pasa 200	54,6	13	29	0
Suma	120	29		
Tara		peso seco	120	

Fuente. Elaboración Propia.

3.4 Límites de consistencia (norma técnica ASTM 4318-84)

Determinación de Límite Líquido (L.L)

³ Los equipos utilizados para este trabajo fueron: Aparato de Arturo Casagrande, incluyendo la solera plana y el ranurador trapezoidal, Espátulas flexibles, Cápsula de porcelana, Tamiz No. 40, Atomizador, Balanza con sensibilidad de 0.01gr

Imagen 6. Equipo de Casa Grande para determinación de Límite Líquido

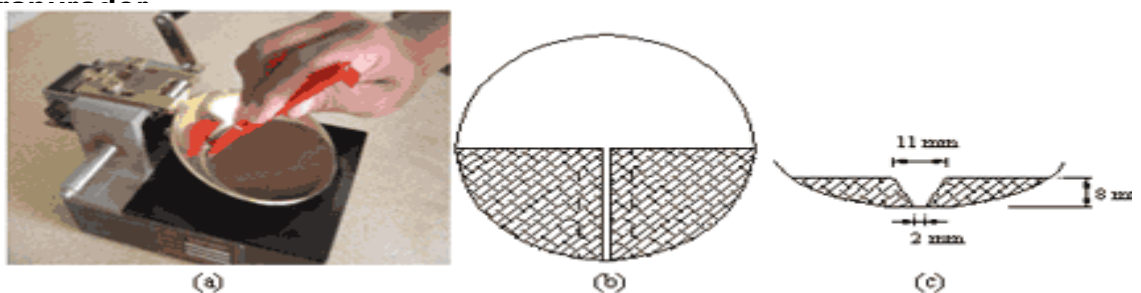


Fuente. Google Imágenes

Procedimiento

Se colocó una porción de la muestra en el equipo de Casa Grande realizando una apertura al centro con la ayuda del ranurador, se contaron los golpes que fueron necesarios para cerrar la apertura previamente hecha con el equipo antes mencionado.

Ilustración 7. Descripción de colocación de la muestra y apertura con el



³ Guía de laboratorio de mecánica de suelos UNI

Este procedimiento se le da inicio con la muestra número uno de igual forma para todas las muestras, en la recopilación de datos se apuntaron en los formatos proporcionados en el laboratorio.

Determinación de Límite Plástico (L.P)

⁴El límite plástico es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, cuando comienza agrietarse un rollo formado con el suelo de 3 mm de diámetro, al rodarlo con la mano sobre una superficie lisa y absorbente

Equipos

Vidrio esmerilado o papel absorbente, Taras, Balanza con sensibilidad de 0.01 gr, Horno con temperatura constante de 100 a 110° C.

Procedimiento

Se tomó aproximadamente la mitad de la muestra que se usó en límite líquido, procurando que tenga una humedad uniforme cercana a la humedad óptima, se amasa con la mano y rodándolo sobre una superficie limpia y lisa hasta que se formó un cilindro de 3 mm, de diámetro y de 15 a 20 cm de largo.

Se amasa el rollo de muestra de suelo repitiendo el procedimiento tantas veces como fue posible con el motivo de reducir gradualmente la humedad por evaporización, hasta que este se empezó a endurecer.

Con los datos anteriores se calculó su contenido de humedad y el promedio de ambos es el valor del Límite Plástico.

Determinación del Índice de Plasticidad (I.P)

Una vez obtenido los datos de humedades o determinados los contenidos de Límite Líquido y Límite Plástico se calculó el Índice de Plasticidad este dato es el rango de humedades que tienen las muestras de suelos, es la diferencia entre el Límite Líquido y el Límite Plástico.

4 Guía de laboratorio de Mecánica de suelos UNI

Resultados de límites de consistencia.

Cuando se obtuvieron todos los datos de las doce muestras ensayadas más el banco de material se procedió a la realización de cálculos reproduciendo los formatos en el programa Microsoft Excel el cual fue una herramienta muy importante para el procesamiento de estos datos.

El límite líquido se calculó con la ecuación **Ec.5** que antes se mencionó, para cada muestra se realizaron tres ensayos obteniendo el promedio del límite líquido con la siguiente ecuación

$$\text{Límite Líquido} = \frac{\text{sumatoria de límites líquidos de cada ensayo}}{\text{numero de ensayos}}$$

En el caso del límite plástico a cada muestra se le realizaron dos ensayos y se calculó su promedio

A continuación se muestran los resultados de Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de la muestra uno.

Tabla 13. Límites de Consistencia Muestra 1

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA +B2:G38					
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION					
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS					
"ING. JULIO PADILLA M"					
ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA					
Proyecto			Estudio de prefactibilidad de 1,2km de calles		
Muestra Num.	1	Ensayo Num.	1		
Sondeo Num.	1	Profundidad	1,2 m		
Procedencia del material	Acoyapa, Chontales				
Prueba del material tamizado por la malla Num. 40					
Operador	Francisco Sobalvarro				
Fecha	Darwing Espinales				
Noviembre de 2018	Juan Daniel Urbina				
Límite Líquido					
Num. De golpes	18	23	29		
Tara Num	A-35	A-13	B-01		
PW + Tara (1)	32,99	33,35	34,11		
PS + Tara (2)	27,79	27,8	29,16		
Agua = (1)-(2) (3)	5,2	5,55	4,95		
peso de tara (4)	16,34	16,33	16,06		
PS=(2)-(4) (5)	11,45	11,47	13,1		
% de Agua = 100*3/(5) (6)	45,41	48,39	37,79		
Factor (K)	0,932	1,000	1,009		
Limite Liquido=(6)*(K)	42,33	48,39	38,13		
Límite Plástico			Contracción Lineal		
Tara Num.	A-22	R-1121			
PW Tara (8)	34,6	35			
PS Tara (9)	32,1	32,1			
Agua= (8)-(9)= (10)	2,5	2,9			
Peso de Tara (11)	21,7	21,7			
PS= (9)-(11)= (12)	10,4	10,4			
L. Plástico =(100)*(10)/ (12)	24,04	27,88			
Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice Plástico (%)			
42,95	25,96	16,99			

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 14. Límites de Consistencia Muestra 2

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA +B2:G38				
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION				
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS				
"ING. JULIO PADILLA M"				
ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA				
Proyecto	Estudio de prefactibilidad de 1,2km de calles			
Muestra Num.	2	Ensayo Num.	2	
Sondeo Num.	2	Profundidad	1,2 m	
Procedencia del material	Acoyapa, Chontales			
Prueba del material tamizado por la malla Num. 40				
Operador	Francisco Sobalvarro			
Fecha	Darwing Espinales			
Noviembre de 2018	Juan Daniel Urbina			
Límite Líquido				
Num. De golpes	17	20	31	
Tara Num	R-115	B-3	B-06	
PW + Tara (1)	37	32,6	33,2	
PS + Tara (2)	32,9	29,9	30,1	
Agua = (1)-(2) (3)	4,1	2,7	3,1	
peso de tara (4)	21,7	21,4	21,2	
PS=(2)-(4) (5)	11,2	8,5	8,9	
% de Agua = 100*3/(5) (6)	36,61	31,76	34,83	
Factor (K)	0,954	0,973	1,026	
Límite Líquido=(6)*(K)	34,92	30,91	35,74	
Límite Plástico		Contracción Lineal		
Tara Num.	B-4	B-02		
PW Tara (8)	30,5	30,3		
PS Tara (9)	28,9	28,9		
Agua= (8)-(9)= (10)	1,6	1,4		
Peso de Tara (11)	21,6	21,3		
PS= (9)-(11)= (12)	7,3	7,6		
L. Plástico =(100)*(10)/ (12)	21,92	18,4		
Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice Plástico (%)		
33,86	20,17	13,69		

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 15. Límites de Consistencia Muestra 3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA +B2:G38					
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION					
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS					
"ING. JULIO PADILLA M"					
ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA					
Proyecto		Estudio de prefactibilidad de 1,2km de calles			
Muestra Num.	3	Ensayo Num.	3		
Sondeo Num.	3	Profundidad	1,2 m		
Procedencia del material	Acoyapa, Chontales				
Prueba del material tamizado por la malla Num. 40					
Operador	Francisco Sobalvarro				
Fecha	Darwing Espinales				
Noviembre de 2018	Juan Daniel Urbina				
Límite Líquido					
Num. De golpes	17	23	29		
Tara Num	R-131	B-1	S-13		
PW + Tara (1)	41,4	40,1	44,7		
PS + Tara (2)	35,7	34,6	38,2		
Agua = (1)-(2) (3)	5,7	5,5	6,5		
peso de tara (4)	21,3	21,7	21,5		
PS=(2)-(4) (5)	14,4	12,9	16,7		
% de Agua = 100*3/(5) (6)	39,58	42,64	38,92		
Factor (K)	0,954	0,99	1,018		
Limite Liquido=(6)*(K)	37,76	42,21	39,62		
Límite Plástico			Contracción Lineal		
Tara Num.	R-127	R-123			
PW Tara (8)	29,6	30,7			
PS Tara (9)	28,2	28,9			
Agua= (8)-(9)= (10)	1,4	1,8			
Peso de Tara (11)	21,5	21,4			
PS= (9)-(11)= (12)	6,7	7,5			
L. Plástico =(100)*(10)/(12)	20,8955	24,0			
Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice Plástico (%)			
39,86	22,45	17,42			

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 16. Límites de Consistencia Muestra 4

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA +B2:G38					
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION					
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS					
"ING. JULIO PADILLA M"					
ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA					
Proyecto			Estudio de prefactibilidad de 1,2km de calles		
Muestra Num.	4	Ensayo Num.	4		
Sondeo Num.	4	Profundidad	1,2 m		
Procedencia del material	Acoyapa,Chontales				
Prueba del material tamizado por la malla Num. 40					
Operador	Francisco Sobalvarro				
Fecha	Darwing Espinales				
Noviembre de 2018	Juan Daniel Urbina				
Límite Líquido					
Num. De golpes	15	19	21		
Tara Num	R-118	B-2	B-06		
PW + Tara (1)	44,4	43,2	43,8		
PS + Tara (2)	38,6	38,6	38,2		
Agua = (1)-(2) (3)	5,8	4,6	5,6		
peso de tara (4)	21,2	21,8	21,5		
PS=(2)-(4) (5)	17,4	16,8	16,7		
% de Agua = 100*3/(5) (6)	33,33	27,38	33,53		
Factor (K)	0,954	0,917	0,97		
Limite Liquido=(6)*(K)	31,80	25,11	32,53		
Límite Plástico			Contraccion Lineal		
Tara Num.	A-45	A-32			
PW Tara (8)	30,5	31,2			
PS Tara (9)	28,9	29,3			
Agua= (8)-(9)= (10)	1,6	1,9			
Peso de Tara (11)	21,7	21,5			
PS= (9)-(11)= (12)	7,2	7,8			
L. Plástico =(100)*(10)/(12)	22,22	24,4			
Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice Plástico (%)			
29,81	23,29	6,52			

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 17. Límites de Consistencia Muestra 5

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA +B2:G38					
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION					
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS					
"ING. JULIO PADILLA M"					
ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA					
Proyecto			Estudio de prefactibilidad de 1,2km de calles		
Muestra Num.	5	Ensayo Num.	5		
Sondeo Num.	5	Profundidad	1,2 m		
Procedencia del material	Acoyapa, Chontales				
Prueba del material tamizado por la malla Num. 40					
Operador	Francisco Sobalvarro				
Fecha	Darwing Espinales				
Noviembre de 2018	Juan Daniel Urbina				
Límite Líquido					
Num. De golpes	20	33	36		
Tara Num	B-01	B-1	R-123		
PW + Tara (1)	32	34,4	37,1		
PS + Tara (2)	28,6	30,1	31,9		
Agua = (1)-(2) (3)	3,4	4,3	5,2		
peso de tara (4)	21,5	21,7	21,4		
PS=(2)-(4) (5)	7,1	8,4	10,5		
% de Agua = 100*3/(5) (6)	47,89	51,19	49,52		
Factor (K)	0,973	1,034	1,045		
Limite Liquido=(6)*(K)	46,59	52,93	51,75		
Límite Plástico			Contracción Lineal		
Tara Num.	R-127	S-13			
PW Tara (8)	45,2	43,2			
PS Tara (9)	37,7	38,7			
Agua= (8)-(9)= (10)	7,5	4,5			
Peso de Tara (11)	21,5	21,5			
PS= (9)-(11)= (12)	16,2	17,2			
L. Plástico =(100)*(10)/ (12)	46,30	26,2			
Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice Plástico (%)			
50,43	36,23	14,20			

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 18. Límites de Consistencia Muestra 6

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA					
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION					
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS					
"ING. JULIO PADILLA M"					
ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA					
Proyecto			Estudio de prefactibilidad de 1,2km de calles		
Muestra Num.	6	Ensayo Num.	6		
Sondeo Num.	6	Profundidad	1,2 m		
Procedencia del material	Acoyapa, Chontales				
Prueba del material tamizado por la malla Num. 40					
Operador	Francisco Sobalvarro				
Fecha	Darwing Espinales				
Noviembre de 2018	Juan Daniel Urbina				
Límite Líquido					
Num. De golpes	16	18	24		
Tara Num	A-19	B-114	A-46		
PW + Tara (1)	41,5	47,2	47,5		
PS + Tara (2)	36	39,9	40,4		
Agua = (1)-(2) (3)	5,5	7,3	7,1		
peso de tara (4)	21,7	21,5	21,5		
PS=(2)-(4) (5)	14,3	18,4	18,9		
% de Agua = 100*3/(5) (6)	38,46	39,67	37,57		
Factor (K)	0,917	0,961	0,995		
Límite Líquido=(6)*(K)	35,27	38,13	37,38		
Límite Plástico			Contracción Lineal		
Tara Num.	H-18	R-116			
PW Tara (8)	33,5	33,5			
PS Tara (9)	31,1	31,1			
Agua= (8)-(9)= (10)	2,4	2,4			
Peso de Tara (11)	21,5	21,5			
PS= (9)-(11)= (12)	9,6	9,6			
L. Plástico =(100)*(10)/ (12)	25,00	25,00			
Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice Plástico (%)			
36,92	25,00	11,92			

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 19. Límites de Consistencia Muestra 7

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA				
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION				
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS				
"ING. JULIO PADILLA M"				
ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA				
Proyecto	Estudio de prefactibilidad de 1,2km de calles			
Muestra Num.	7	Ensayo Num.	7	
Sondeo Num.	7	Profundidad	1,4m	
Procedencia del material	Acoyapa, Chontales			
Prueba del material tamizado por la malla Num. 40				
Operador	Francisco Sobalvarro			
Fecha	Darwing Espinales			
Noviembre de 2018	Juan Daniel Urbina			
Límite Líquido				
Num. De golpes	16	18	31	
Tara Num	A-43	A-B	B-115	
PW + Tara (1)	39,2	33,7	38,1	
PS + Tara (2)	33,3	29,7	32,8	
Agua = (1)-(2) (3)	5,9	4	5,3	
peso de tara (4)	21,9	21,7	21,7	
PS=(2)-(4) (5)	11,4	8	11,1	
% de Agua = 100*3/(5) (6)	51,75	50,00	47,75	
Factor (K)	0,917	0,961	1,026	
Límite Líquido=(6)*(K)	47,46	48,05	48,99	
Límite Plástico		Contracción Lineal		
Tara Num.	A-30	R-131		
PW Tara (8)	34	32,3		
PS Tara (9)	31,2	30		
Agua= (8)-(9)= (10)	2,8	2,3		
Peso de Tara (11)	21,5	21,3		
PS= (9)-(11)= (12)	9,7	8,7		
L. Plástico =(100)*(10)/ (12)	28,87	26,44		
Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice Plástico (%)		
48,17	27,65	20,51		

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 20. Límites de Consistencia Muestra 8

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA				
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION				
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS				
"ING. JULIO PADILLA M"				
ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA				
Proyecto	Estudio de prefactibilidad de 1,2km de calles			
Muestra Num.	8	Ensayo Num.	8	
Sondeo Num.	8	Profundidad	1,5m	
Procedencia del material	Acoyapa, Chontales			
Prueba del material tamizado por la malla Num. 40				
Operador	Francisco Sobalvarro			
Fecha	Darwing Espinales			
Noviembre de 2018	Juan Daniel Urbina			
Límite Líquido				
Num. De golpes	20	31	37	
Tara Num	A-35	R-130	A-13	
PW + Tara (1)	38	38,6	40,1	
PS + Tara (2)	32,6	33,1	34,2	
Agua = (1)-(2) (3)	5,4	5,5	5,9	
peso de tara (4)	21,4	21,5	22	
PS=(2)-(4) (5)	11,2	11,6	12,2	
% de Agua = 100*3/(5) (6)	48,21	47,41	48,36	
Factor (K)	0,973	1,026	1,046	
Límite Líquido=(6)*(K)	46,91	48,65	50,59	
Límite Plástico			Contracción Lineal	
Tara Num.	A-20	H-20		
PW Tara (8)	42,2	36,6		
PS Tara (9)	37	33,1		
Agua= (8)-(9)= (10)	5,2	3,5		
Peso de Tara (11)	21,5	21,3		
PS= (9)-(11)= (12)	15,5	11,8		
L. Plástico =(100)*(10)/ (12)	33,55	29,66		
Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice Plástico (%)		
48,71	31,60	17,11		

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 21. Límites de Consistencia Muestra 9

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA				
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION				
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS				
"ING. JULIO PADILLA M"				
ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA				
Proyecto	Estudio de prefactibilidad de 1,2km de calles			
Muestra Num.	9	Ensayo Num.	9	
Sondeo Num.	9	Profundidad	1,3m	
Procedencia del material	Acoyapa, Chontales			
Prueba del material tamizado por la malla Num. 40				
Operador	Francisco Sobalvarro			
Fecha	Darwing Espinales			
Noviembre de 2018	Juan Daniel Urbina			
Límite Líquido				
Num. De golpes	14	25	27	
Tara Num	R-102	B-0A	A-07	
PW + Tara (1)	35,6	33,8	33,5	
PS + Tara (2)	31,7	30,5	30,1	
Agua = (1)-(2) (3)	3,9	3,3	3,4	
peso de tara (4)	21,5	21,8	21,2	
PS=(2)-(4) (5)	10,2	8,7	8,9	
% de Agua = 100*3/(5) (6)	38,24	37,93	38,20	
Factor (K)	0,932	1,000	1,009	
Límite Líquido=(6)*(K)	35,64	37,93	38,55	
Límite Plástico		Contracción Lineal		
Tara Num.	A-22	R-1121		
PW Tara (8)	34,6	35		
PS Tara (9)	32,1	32,1		
Agua= (8)-(9)= (10)	2,5	2,9		
Peso de Tara (11)	21,7	21,7		
PS= (9)-(11)= (12)	10,4	10,4		
L. Plástico =(100)*(10)/(12)	24,04	27,88		
Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice Plástico (%)		
37,37	25,96	11,41		

Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 22. Límites de Consistencia del Banco de Material

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA					
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION					
LABORATORIOS DE MATERIALES Y SUELOS					
"ING. JULIO PADILLA M"					
ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA					
Proyecto	Estudio de prefactibilidad de 1,2km de calles				
Muestra Num.	Banco de Material	Ensayo Num.	10		
Sondeo Num.	10	Profundidad	1,3m		
Procedencia del material	Acoyapa, Chontales				
Prueba del material tamizado por la malla Num. 40					
Operador	Francisco Sobalvarro				
Fecha	Darwing Espinales				
Noviembre de 2018	Juan Daniel Urbina				
Límite Líquido					
Num. De golpes	12	15	26		
Tara Num	R-116	A-19	B-114		
PW + Tara (1)	37,13	38,4	35,7		
PS + Tara (2)	32,5	33,4	31,3		
Agua = (1)-(2) (3)	4,63	5	4,4		
peso de tara (4)	21,5	21,7	21,5		
PS=(2)-(4) (5)	11	11,7	9,8		
% de Agua = 100*3/(5) (6)	42,09	42,74	44,90		
Factor (K)	0,915	0,940	1,005		
Límite Líquido=(6)*(K)	38,51	40,17	45,12		
Límite Plástico			Contracción Lineal		
Tara Num.	A-46	H-18			
PW Tara (8)	35,8	33			
PS Tara (9)	32,8	30,7			
Agua= (8)-(9)= (10)	3	2,3			
Peso de Tara (11)	21,5	21,5			
PS= (9)-(11)= (12)	11,3	9,2			
L. Plástico =(100)*(10)/ (12)	26,55	25,00			
Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice Plástico (%)			
41,27	25,77	15,49			

Fuente. Elaboración Propia.

3.5 Clasificación de muestras (norma técnica AASHTO m-145)

Se procedió a la clasificación de las muestras haciendo uso de la norma técnica AASHTO M-145, “clasificación de suelos y muestras de agregados de suelos para propósitos de construcción de carreteras”, la cual en este método se logra obtener su índice de grupo.

Tabla 23. Formato utilizado para clasificar suelo AASHTO M-145

Clasificación de Suelos Método AASHTO M-145:

Clasificación General ⁽¹⁾	Materiales Granulares (35% o menos pasa la malla N° 200)							Materiales Limo-Arcillosos (pasan más del 35% la malla N° 200)			
	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7 ⁽²⁾
Clasificación por Grupos:	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Análisis Granulométrico Porcentaje que pasa:											
Tamiz N° 10	50 máx										
N° 40	30 máx	50 máx	51 mín								
N° 200	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín
Características de la fracción que pasa la malla N° 40											
Límite Líquido:			No plástico	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín
Índice de Plasticidad:	6 máx			10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Tipos usuales de los materiales componentes importantes.	Fragmentos de Piedra, Grava y Arena.		Arena Fina	Arena y Graves limosas o arcillosas.				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Clasific. Gral como Subrasante.	DE EXCELENTE A BUENA.						DE REGULAR A MALA.				

Nota (1): Procedimiento de Clasificación: Teniendo presente los datos de prueba necesario, procédase de izquierda a derecha en el cuadro; se encontrará el grupo correcto siguiendo un proceso de eliminación. El primer grupo de la izquierda que corresponda con los datos de la prueba es la clasificación correcta.

Nota (2): El grupo A-7 se subdivide en A-7-5 o A-7-6, según su plasticidad. Para IP ≤ LL-30, la clasificación es A-7-5; para IP > LL-30, tenemos A-7-6.

$$\text{ÍNDICE DE GRUPO} = (F - 35) [0,2 + 0,005(LL - 40)] + 0,01 (F - 15)(IP - 10) \quad ; \quad \text{Para los suelos: A-4; A-5; A-6 y A-7}$$

Fuente Manual de AASHTO

Este método clasifica los suelos de acuerdo a su composición las cuales son: su granulometría, Límite Líquido y su Índice de Plasticidad. Este método clasifica a los suelos, de acuerdo a su composición granulométrica, su límite líquido y su índice de plasticidad, en siete grupos de A-1 a A-7. Los suelos cuyas partículas pasan el tamiz No. 200 (0,075 mm) en un porcentaje menor al 35 %, forman los Grupos A1, A2, A3 y los subgrupos que corresponden.

En cambio los suelos finos limo-arcillosos que contienen más del 35 % de material fino que pasa el Tamiz No. 200, constituyen los Grupos A-4, A-5, A-6, A-7 y los correspondientes subgrupos.

Los índices de grupo de los materiales granulares están comprendidos entre 0 y 4, los correspondientes a suelos limosos entre 8 y 12, y los correspondientes a suelos arcillosos entre 11 y 20 ó un número mayor.

Utilizando el formato de la imagen 31 se procedió al agrupamiento o clasificación de las muestras con los datos de granulometría y límites de consistencia como haciendo uso de la norma técnica (AASHTO M-145)

Tabla 24. Clasificación de muestras de suelo método AASTHO.

CLASIFICACIÓN DE MUESTRAS (NORMA TECNICA. AASHTO M-145)										
Nº MUESTRA	% PASAPOR LA MALLA			L.ATTERBERG			Clasificación		Indice de grupo	Tipo de suelo
	NUM.4	NUM.40	NUM.200	L.L	L.P	I.P				
1	47	24	17	42,95	25,96	16,99	A-2	A-2-7	(0)	Arcilloso
2	63	44	34	33,86	20,17	13,69	A - 6	-	(0)	Grava, arena limosas y arcillosas
3	84	69	56	39,86	22,45	17,42	A - 2	A - 2 - 6	(1,2)	Grava, arena limosas y arcillosas
4	99	93	85	29,81	23,9	6,72	A - 7	A - 7 - 5	(1,80)	Arcilloso
5	78	56	40	36,92	36,23	14,20	A - 7	A - 7 - 6	(14,96)	Arcilloso
6	100	94	87	48,17	27,6	11,92	A - 6	-	(1,5)	Arcilloso
7	100	89	79	48,17	31,6	20,51	A - 7	A - 7 - 5	(21)	Arcilloso
8	81	64	55	37,3	31,60	17,11	A - 7	A - 7 - 6	(14,51)	Arcilloso
9	100	96	93	37,37	25,96	11,41	A - 6	-	(4,3)	Arcilloso
B.de Material	29	18	13	34,66	16,27	18,38	A-2	A-2-6	(0)	Grava, arena limosas y arcillosas

Fuente. Elaboración por sustentante

3.6 Compactación de suelos (norma técnica ASTM D 1557-91)

Mediante este ensayo se buscó mejorar las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo de deformación de las muestras tomadas en el banco de material la cual es la que se pretende que forme la estructura de pavimento del diseño.

Como principal objetivo de este ensayo es determinar la densidad máxima o peso volumétrico seco máximo que para producirse este estado en una muestra de suelo es necesario que esta tenga una humedad determinada que se conoce como humedad óptima.

EQUIPOS UTILIZADOS

Un molde de compactación. Constituido por un cilindro metálico de 4" de diámetro interior por 4 ½ de altura y una extensión de 2 ½ "de altura y de 4" de diámetro interior, Un pistón o martillo y su guía de 45 cm., de caída y 4.54 kg de peso, Una balanza de 29 Kg de capacidad y 1.0 gr. de sensibilidad, Una balanza de 500 gr, de capacidad y de 0.01 gr, de sensibilidad, Un horno que mantenga una temperatura constante entre 100 – 110° C, Charolas metálicas, Probetas graduadas de 500 cm³,

Procedimiento

El ensayo dio inicio tomando las muestras extraídas del banco del material y por el método del cuarteo se tomaron 3 muestras para someterlas al ensayo, se prepararon estas muestras a diferentes humedades iniciando para la primera muestra a una humedad del 5% y duplicando su humedad para las muestras restantes según la indicación de técnicos del laboratorio.

Se tomó el peso del molde y se procedió a la compactación de la muestra según lo indica esta norma, después de que se retiró la extensión y debidamente enrazado se tomó el peso del molde más el material húmedo, se retiró la muestra del molde tomando una pequeña porción de esta para someterla a secado por 24 horas y tener el peso seco. De la misma forma se realizó el procedimiento para las muestras restantes.

Los datos que se obtienen durante el ensayo para la obtención de resultados se anotaron en el formato correspondiente el cual fue proporcionado en el laboratorio.

Resultados

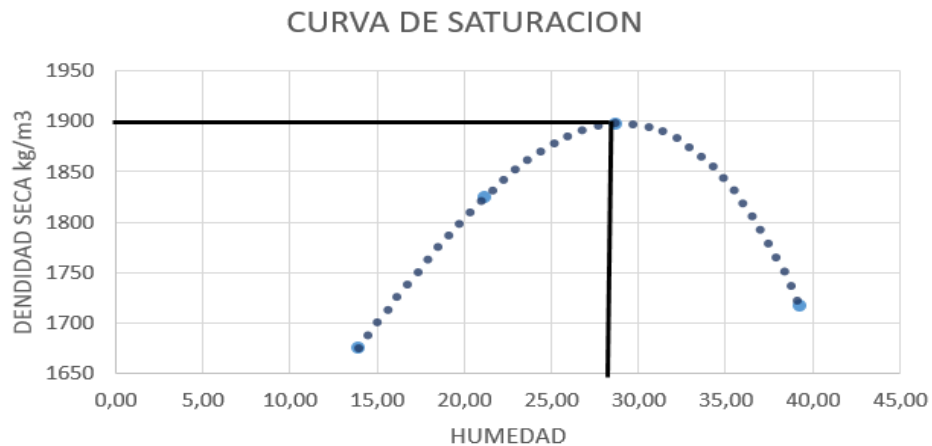
Se presentaran los resultados de los datos de proctor obtenidos, se realizaron dos tipos de proctor el proctor estándar (**ASTM D 698-91**) se le realizó a las muestras extraídas de la línea ya que son suelos cohesivos y el modificado a la muestra del banco de material por lo que es un suelo granular.

Tabla 25. Resultados de Proctor de la línea

RESULTADOS DE PROCTOR ESTANDAR PARA LA LINEA				
COMPACTACION DE LA MUESTRA				
Peso del material + Molde(kg)	5,718	5,852	5,918	5,756
peso del Molde (kg)	4,21	4,21	4,21	4,21
Peso del Material en el Molde	1,508	1,642	1,708	1,546
Peso Volumetrico Humedo(kg/m3)				
Peso Volumetrico Seco (kg/m3)	1675,55	1824,44	1897,77	1717,77
Tara N°	H - K	A - 17	A - 11	E - YO
W de Tara	47,3	47,6	40,9	47,2
Peso Tara + Material Humedo (gr)	179,8	134,6	172,5	202,9
Peso Tara + Material Seco (gr)	163,6	119,4	143,2	159
Peso del Agua (gr)	16,2	15,2	29,3	43,9
Peso del material Seco	116,3	71,8	102,3	111,8
Contenido de (Humedad %)	13,93	21,17	28,64	39,27
			Densidad seca máxima	1,900 kg/m3
			Humedad optima	28%

Fuente. Elaboración Propia

Imagen 8. Curva de saturación del Proctor de las calles



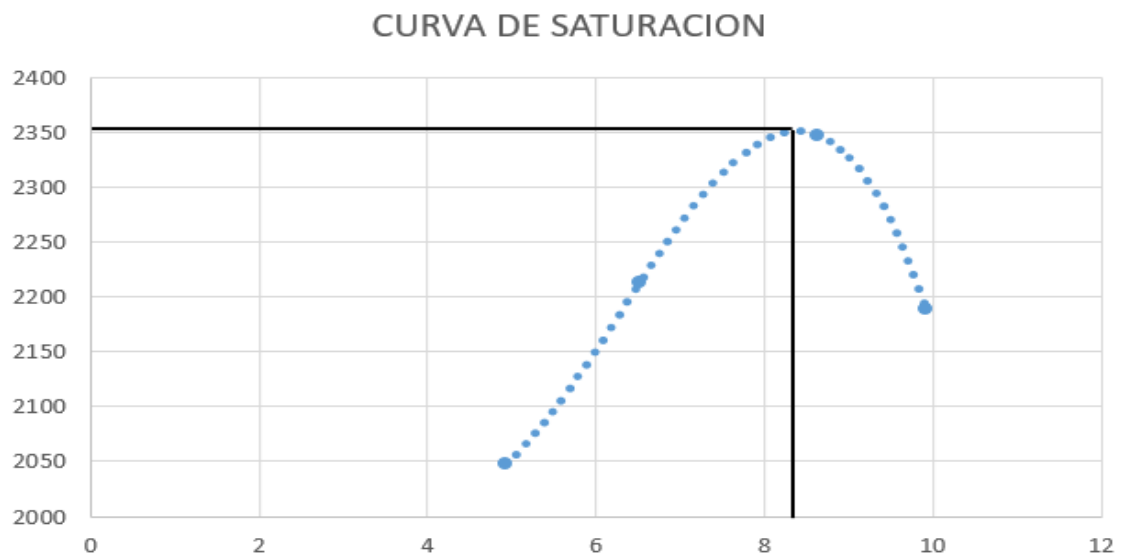
Fuente Elaboración propia

Tabla 26. Proctor del banco

RESULTADOS DE PROCTOR MODIFICADO PARA EL BANCO				
COMPACTACION DE LA MUESTRA				
Peso del material + Molde(kg)	10,917	11,265	11,55	11,206
peso del Molde (kg)	6,617	6,617	6,617	6.617
Peso del Material en el Molde	4.3	4,648	4,93	4.58
Peso Volumetrico Humedo(kg/m3)				
Peso Volumetrico Seco (kg/m3)	2047,61	2213,33	2347,61	2189,52
Tara N°	D - 12	G - 64	A - 05	A - 16
W de Tara	47,8	48,4	41,7	41,2
Peso Tara + Material Humedo (gr)	305,6	247,7	237,9	295
Peso Tara + Material Seco (gr)	293,5	235,5	222,3	272,1
Peso del Agua (gr)	12,1	12,2	15,6	22,9
Peso del material Seco	245,7	187,1	180,6	230,9
Contenido de (Humedad %)	4,92	6,52	8,63	9,91
			Densidad seca máxima	2,350 kg/m3
			Humedad optima	8,4%

Fuente. Elaboracion propia

Imagen 9. Curva de saturación Proctor del Banco de Material



Fuente. Elaboración Propia

3.7 Ensayo de valor relativo de soporte (C.B.R.) norma técnica (ASTM D 1883-73)

⁵Este fue el último ensayo que se realizó, este tiene como finalidad conocer el valor de soporte del suelo principalmente el cual será destinado para las capas de pavimento diseñadas el cual es la muestra tomada del banco de material.

El C.B.R. se determina como la relación en porcentaje entre la fuerza utilizada para la penetración de 0.25 cm (0.1 pulgada) con un vástago de 19.35 cm² (3 pulg²) de área con una velocidad de penetración de 1.27 mm/minutos (0.05 pulg/min) y la fuerza ejercida en un material patrón (piedra triturada) para esa misma penetración.

Fórmula para el cálculo de CBR

$$CBR (\%) = \frac{\text{carga unitaria del ensayo}}{\text{carga unitaria patron}} \times 100$$

El objetivo del ensayo Determinar experimentalmente el valor soporte de California para las muestras de suelo de la línea y del banco de material

Equipo utilizado:

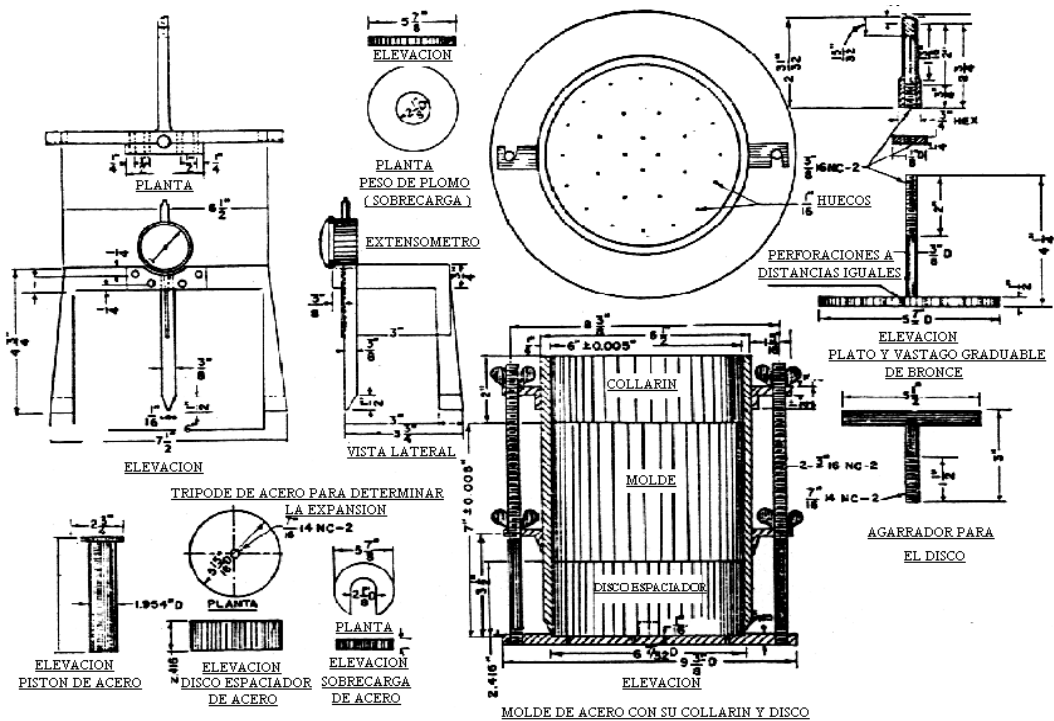
Molde metálico cilíndrico de compactación de 15.24 cm de diámetro interior y 17.78 cm de altura interior. Debe tener un collarín de extensión metálica de 5.08 cm de altura y una placa base metálica de 9.5 mm de espesor, con perforaciones de diámetro igual o menor a los 1.5 mm.

Disco espaciador (fondo falso) de 15.1 cm de diámetro y 6.14 cm de altura, Martillo de compactación Proctor Estándar o Modificado, Aparato para medir la expansión con deformímetro de carátula con precisión de 0.01 mm, Pesas para sobrecargas, una metálica anular y varias metálicas ranuradas con un peso de 2.27 kg cada una y 14.9 cm de diámetro, con una perforación central de 50.4 cm de diámetro.

⁵ Guía de laboratorios de Suelos UNI

Maquina C.B.R., equipada con pistón de penetración (diámetro de 4.953 cm, con sección transversal de 19.4 cm²) y capaz de penetrar a una velocidad de 1.27 mm/minutos y con anillo de carga de 50kN y un deformimetro de 0.02mm, Papel filtro circular, Horno con temperatura constante de 110± 5°C, Herramientas y accesorios, recipientes llenos de agua y tamices de ¾ y No. 4.

Imagen 10. Descripción de equipos para ensayos de CBR



Fuente. Google Imágenes.

Procedimiento

Se inició con la preparación de tres muestras del banco de material, las muestras fueron preparadas con el contenido de humedad óptima calculada con anterioridad en la prueba de compactación la cual resulto ser de **8.4%**, esto equivale al 8.4% del peso total de la muestra ensayada.

Después de añadirle agua se introdujo en el molde previamente preparado y pesado a un número de capas determinada como lo indica la norma usada. Se le dieron 56 golpes a cada capa con el pisón para la primera muestra ensayada,

para la segunda muestra 25 golpes por cada capa y por último una tercera muestra la cual se le dieron 10 golpes a cada capa.

Colocando los filtros en los moldes según lo establece la norma las muestras se sometieron a saturación por 96 horas esto con el fin de simular las condiciones más desfavorables que se puede encontrar.

Pasadas las 96 horas las muestras se sacaron del sitio de saturación y se prepararon para la prueba de penetración por medio de un pistón de diámetro conocido y una velocidad de penetración estandarizada conocida comúnmente en el laboratorio como “maquina CBR”.

Tabla 27. Distancia de penetración de pistón ensayo de CBR

PENETRACIONES		
	mm	Pulgadas
Primera	0.635	0.025
Segunda	1.27	0.05
Tercera	2.54	0.10
Cuarta	3.81	0.15
Quinta	5.08	0.20
Sexta	7.62	0.30
Séptima	10.16	0.40
Octava	12.70	0.50

Fuente Guías de laboratorios de mecánica de suelos UNI

Resultados

Se presentaran los resultados obtenidos durante todo el ensayo de CBR, estos resultados corresponden al banco de material como se ha mencionado anteriormente se ha decidido usar su material para diseñar las estructuras de pavimento, como se ha mostrado en los resultados de pruebas de compactación este presenta buenas propiedades

Tabla 28. Ensayo CBR para 56 golpes

ENSAYO PARA 56 GOLPES							
Penetracion en Pulg	Penetracion en mm	Lectura	Factor 52,95	Carga en Lbs	Carga en Kg	Area en cm2	Esfuerzo en kg/cm2
0,025	0,64	4	52,95	211,8	96,27	19,35	4,98
0,050	1,27	8	52,95	423,6	192,55	19,35	9,95
0,075	1,91	13	52,95	688,35	312,89	19,35	16,17
0,100	2,54	35	52,95	1853,25	842,39	19,35	43,53
0,200	5,08	66	52,95	3494,7	1588,50	19,35	82,09
0,300	7,62	73	52,95	3865,35	1756,98	19,35	90,80
0,400	10,16	92	52,95	4871,4	2214,27	19,35	114,43
0,500	12,70	105	52,95	5559,75	2527,16	19,35	130,60

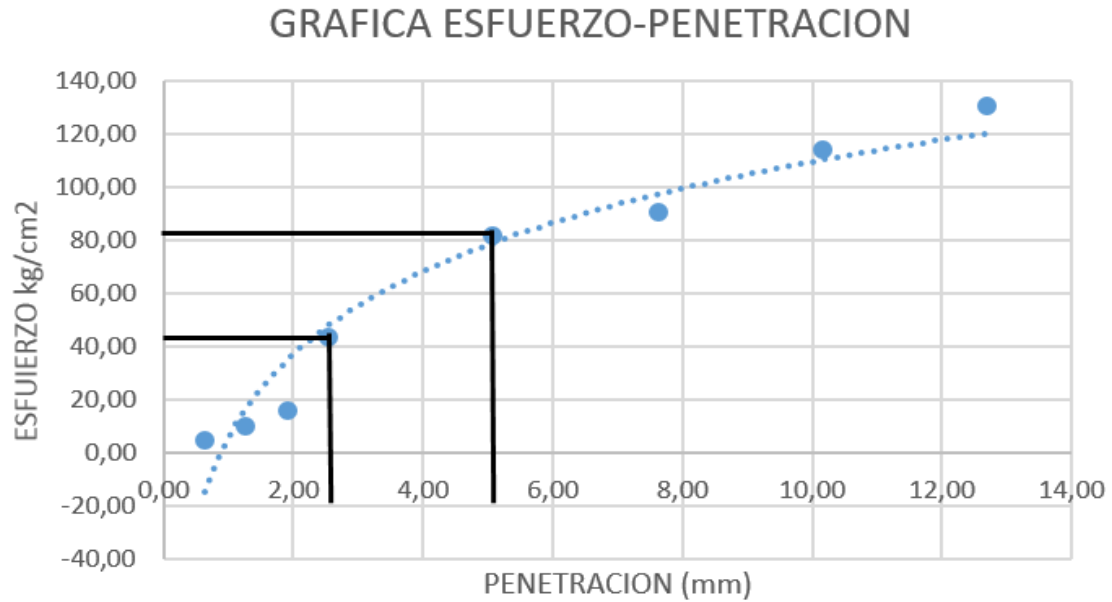
Fuente. Elaboración propia

Tabla 29. CBR Final para 56 golpes.

CALCULO DE CBR 56 GOLPES				
Penetracion en Pulg	Penetracion en mm	Esfuerzo en kg/cm2	Esfuerzo Patron	CBR
0,100	2,54	43,53	70,31	62
0,200	5,08	82,09	105,46	78
			Valor de CBR	78

Fuente. Elaboración propia

Imagen 11. Gráfica Esfuerzo-Penetración para 56 golpes



Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Resultado de lectura de ensayo de CBR

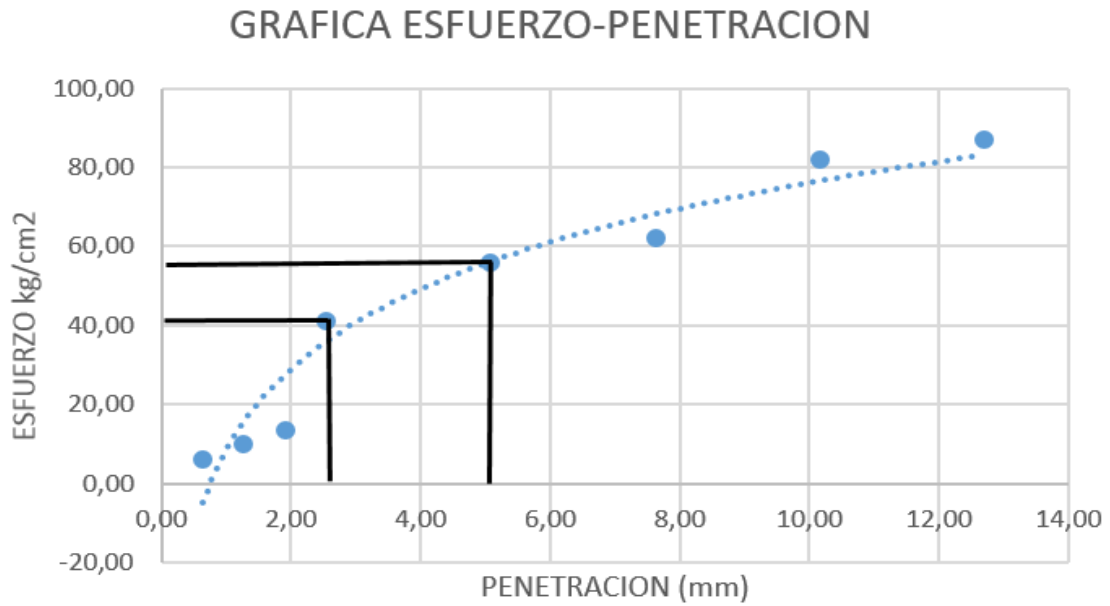
ENSAYO PARA 25 GOLPES							
Penetracion en Pulg	Penetracion en mm	Lectura	Factor 52,95	Carga en Lbs	Carga en Kg	Area en cm ²	Esfuerzo en kg/cm ²
0,025	0,64	5	52,95	264,75	120,34	19,35	6,22
0,050	1,27	8	52,95	423,6	192,55	19,35	9,95
0,075	1,91	11	52,95	582,45	264,75	19,35	13,68
0,100	2,54	33	52,95	1747,35	794,25	19,35	41,05
0,200	5,08	45	52,95	2382,75	1083,07	19,35	55,97
0,300	7,62	50	52,95	2647,5	1203,41	19,35	62,19
0,400	10,16	66	52,95	3494,7	1588,50	19,35	82,09
0,500	12,70	70	52,95	3706,5	1684,77	19,35	87,07

Fuente. Elaboración propia

Tabla 31. CBR Final para 25 Golpes

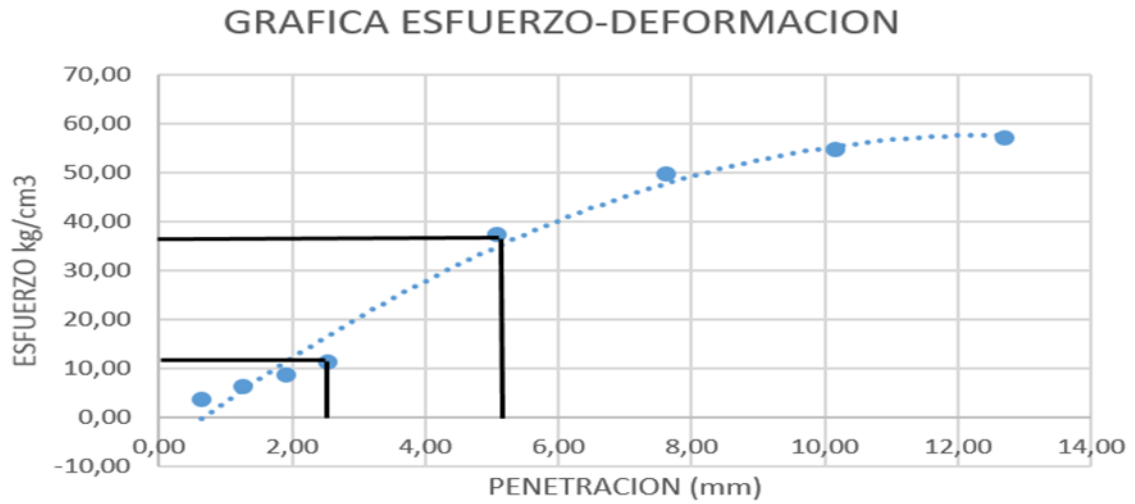
CALCULO DE CBR 25 GOLPES				
Penetracion en Pulg	Penetracion en mm	Esfuerzo en kg/cm ²	Esfuerzo Patron	CBR
0,100	2,54	41,05	70,31	58
0,200	5,08	55,97	105,46	53
			Valor de CBR	58

Imagen 12. Gráfica Esfuerzo-Penetración para 25 golpes



Fuente Elaboración Propia

Imagen 13. Grafica Esfuerzo Deformación



Fuente Elaboración propia

Tabla 32. Resultados de lectura ensayo CBR

ENSAYO PARA 10 GOLPES							
Penetracion en Pulg	Penetracion en mm	Lectura	Factor 52,95	Carga en Lbs	Carga en Kg	Area en cm2	Esfuerzo en kg/cm2
0,025	0,64	3	52,95	158,85	72,20	19,35	3,73
0,050	1,27	5	52,95	264,75	120,34	19,35	6,22
0,075	1,91	7	52,95	370,65	168,48	19,35	8,71
0,100	2,54	9	52,95	476,55	216,61	19,35	11,19
0,200	5,08	30	52,95	1588,5	722,05	19,35	37,32
0,300	7,62	40	52,95	2118	962,73	19,35	49,75
0,400	10,16	44	52,95	2329,8	1059,00	19,35	54,73
0,500	12,70	46	52,95	2435,7	1107,14	19,35	57,22

Fuente. Elaboración propia

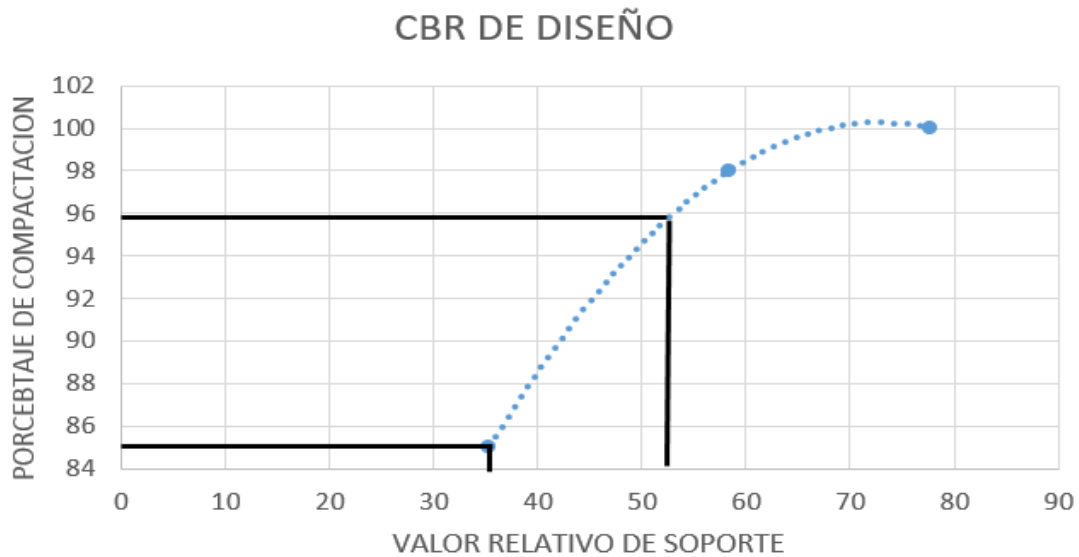
Después de obtenidos los resultados de CBR de las tres pruebas mostradas en las tablas anteriores el siguiente calculo que se realizo fue el valor CBR para el diseño para los espesores de capas “CBR de diseño”. Se elaboró una tabla donde se resumen los tres valores de CBR obtenidos en el ensayo, donde en el eje de las “Y” se encuentra los porcentajes de compactación y en el eje de las “X” los valores obtenidos de los ensayos de CBR, se elige un porcentaje de compactación y por medio de este se calculó el CBR de diseño los siguientes

Tabla 33. CBR de diseño

CALCULO DE CBR DE DISEÑO				
Densidad seca kg/m3	porcentaje de Compactacion	valores de CBR calculados	CBR de diseño a 95%	CBR de diseño a 85% proctor
2350	100	78	52	35
2232	98	58		
1880	85	35		

Fuente Elaboración Propia

Imagen 14. Gráfica CBR de diseño



Fuente Elaboración propia

En la tabla se muestran valores de CBR de diseño para 85% y 98%. Para el diseño se decidió trabajar a un porcentaje de compactación del 98%, esto implica que el CBR de diseño que representa la gráfica da un valor de 52, **CBR de diseño= 52**

Este valor se encuentra en el rango de bueno para ser usado como material de base tal como lo muestra la siguiente tabla.

Tabla 34. Clasificación de valor de soporte relativo en estructura de pavimento

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

Fuente Bowles, J. (1981). Manual de laboratorio de suelos de Ingeniería. Pág. núm.191

3.4 ESTUDIO DE TRANSITO

El tránsito es la variable más importante para un diseño de pavimentos, para el dimensionamiento de un pavimento es necesario determinar los efectos de las cargas que estos vehículos causaran sobre cualquier tipo de pavimento, por lo cual se debe de conocer el número y tipo de vehículos que circularan por una vía, así como la intensidad de la carga y la configuración del eje que la aplica. Constituye el instrumento que sirve al ingeniero de tráfico para cumplir con sus objetivos definido como la planificación de la red vial y la circulación del tránsito vehicular, el estudio de tránsito se clasifica en tres etapas.

Recopilación de datos

Esta etapa se realizó por medio de aforos vehiculares durante un tiempo determinado el cual ubico en la estación 0+000. La recopilación de datos se realizó durante una semana.

Procesamiento de información

Es la etapa de trabajo de gabinete en la cual se aplicaron los diferentes métodos para obtener los mejores resultados.

Análisis de la información obtenida

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

El Ministerio de Transporte e Infraestructura clasifica los vehículos de la siguiente manera.

Estudio de campo

El conteo vehicular se realizó por un periodo de 7 días con duraciones de 12 horas de 6:00 am a 6:00 pm, situándose en un punto de intersección el cual se ubicó en la estación 0+000, se situó un aforador para ambas bandas de la vía de

manera que se logró contabilizar de forma clara los vehículos que pasaron en los carriles.

A continuación, se presentan los resultados del conteo vehicular obtenido

Tabla 35. Aforo vehicular en ambos sentidos

AFORO VEHICULAR DURACION 12 HORAS								
DIAS	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	TOTAL
VEHICULO DE PASAJERO								
Motos	30	32	27	29	38	40	20	216
Autos	25	22	24	20	22	35	20	168
Jeep	2	1	0	0	0	3	1	7
Camionetas	15	13	18	15	21	22	12	116
Micro bus	0	0	0	0	0	0	0	0
VEHICULO DE CARGA								
Liviano de carga	12	8	7	10	8	15	8	68
C2	8	5	3	4	2	4	3	29
C3	6	1	2	1	0	1	0	11
T2-S1	0	0	0	0	0	0	0	0
T2-S2	0	0	0	0	0	0	0	0
T3-S1	0	0	0	0	0	0	0	0
T3-S2	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	98	82	81	79	91	120	64	615

Fuente Elaboración por sustentante

Procesamiento de la información

3.4.1 Tránsito promedio diurno (TPDiurno)

Como primer paso se requiere conocer el TPD_{diurno} (Transito Promedio Diurno) el cual se calcula con la siguiente formula:

$$TPD = \frac{N}{T}$$

TPD = Tránsito Promedio Diurno

N= sumatoria de todos los vehículos aforados

T= Tiempo de duración del aforo

Ajustes del tránsito promedio diario con sus respectivos valores de ajuste

Debido a que el conteo se efectuó durante horas diurnas de 6:00 am a 6:00 pm es necesario ajustar los resultado a trafico día y trafico noche.

En lo que corresponde para los factores de ajuste en este caso se tomaron los datos de la estación de mayor cobertura más cercana que se presenta en el Anuario de tráfico vehicular año 2013 la que corresponde al tramo de Santo Tomas- Emp.Sn. Pedro de Lóvago.

Tabla 36. Factores de ajuste vehicular

Camino: NIC-23A		Estación: 2301		Tramo: Sto. Tomás - Emp. Sn. Pedro del Lovago.				Periodo	L	Dias:	3	Horas:	Mes/Año	Agosto	2013	Km:	180.370	
Grupos	Motos	Vehiculos de Pasajeros						Vehiculos de Carga						Equipo Pesado			Total	
		Autos	Jeep	Cam.	McBus <15 s.	MnBus 15-30 s	Bus 30+ s.	Liv. 2-5 t.	C2 5+ t.	C3	Tx-Sx <=4 e.	Tx-Sx >=5 e.	Cx-Rx <=4 e.	Cx-Rx >=5 e.	V.A.	V.C.		Otros
		2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	18		19
TP(D)	257	66	23	133	2	2	17	117	30	3		1				1	3	655
Factor Dia	1.23	1.47	1.22	1.27	1.34	1.16	1.24	1.19	1.24	1.20	1.00	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	
Factor Semana	0.98	1.11	1.10	1.04	0.99	0.98	0.97	0.92	0.87	0.81	1.00	1.07	1.00	1.00	1.00	1.00	1.81	
Factor Expansión	0.92	1.09	0.92	0.95	0.96	1.11	1.02	0.96	1.01	1.01	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.06	
TPDA May-Ago	283	117	28	168	3	3	20	125	33	3		1				1	6	791
% TPDA	35.78	14.79	3.54	21.24	0.38	0.38	2.53	15.80	4.17	0.38		0.13				0.13	0.76	100.00
% Vehiculos Livianos		76.11%						% Vehiculos Pesados						23.14%			0.76%	100.00%

Fuente: Anuario de Trafico MTI 2013 pag. 297

Cálculo de TPD tipo de vehículo (Motos)

$$TPDi = TPD * Fajuste = \text{ Veh/hrs}$$

$$TPD \text{ ajustado (moto)} = (31) (1.23) = 38 \text{ motos}$$

Tabla 37. Transito Promedio Diario con sus respectivos valores de ajuste

TRANSITO PROMEDIO DIARIO CON SUS RESPECTIVOS VALORES DE AJUSTE				
Tipo de vehiculo	Transito semanal	TPD	Factor de ajuste	TPD Ajustado
Motos	216	31	1.23	38
Autos	168	24	1.47	35
Jeep	7	1	1.22	1
Camionetas	116	17	1.27	22
Liviano de carga	68	10	1.34	13
C2	29	4	1.24	5
C3	11	2	1.2	2
Total	615			116

Fuente Elaboración propia

3.4.2 Tránsito promedio diario anual (TPDA)

El tránsito promedio diario anual es un valor el cual representa un promedio de la cantidad o los volúmenes diarios de tránsito que circularan durante un año en una sección determinada de cualquier vía

Con el tránsito promedio diario proyectado a 24 horas, se procedió a multiplicarlo por un factor semana y un factor de expansión de la estación sumaria N° 2301, respectivamente para las estaciones de conteo vehicular determinando así el tránsito promedio diario anual

Porcentaje de TPDA

$$\%TPDA = \frac{TPDA(Moto)}{TOTAL} \times 100$$

$$\%TPDA = \frac{34}{118} \times 100$$

$$\%TPDA = 28.81\%$$

$$\%vehículos livianos = 34 + 42 + 1 + 22 + 12 = 94.06 \%$$

%vehículos pesados

$$\%Vp = 5 + 2 = 5.94 \%$$

Tabla 38. Calculo del tránsito promedio diario anual (TPDA) con factor semana y factor de expansión.

GRUPO	VEHICULOS DE PASAJEROS					VEHICULOS DE CARGA		TOTAL
	Motos	Autos	Jeep	Camionetas	Liviano de carga	c2	c3	
TPDI	38	35	1	22	13	5	2	
Factor semana	0.98	1.11	1.1	1.04	0.99	0.97	1.2	
factor de expansion	0.92	1.09	0.92	0.95	0.96	1.02	0.81	
TPDA	34	42	1	22	12	5	2	118
% TPDA	28.81	35.59	0.85	18.64	10.17	4.24	1.69	100.00
% VEHICULOS LIVIANOS					94.06 %	% VEHICULOS DE CARGA		5.94 %

Fuente. Elaboración Propia

3.4.3 Proyección de tránsito

Los factores utilizados y que impactan fuertemente las proyecciones del tráfico son: los crecimientos poblacionales, el comportamiento del producto interno bruto (PIB) y tasas de crecimiento vehicular históricas, por lo que las mínimas variaciones en los datos que se asumen de estas variables socioeconómicas pueden provocar cambios significativos en el volumen vehicular proyectado.

Por lo cual se tomaron en cuenta variables importantes como son el comportamiento demográfico del municipio de Acoyapa, el crecimiento del producto interno bruto (PIB) con datos anuales del (BCN) y el censo poblacional del municipio realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INIDE).

Tabla 39. Crecimiento poblacional del municipio de Acoyapa, Chontales

Municipio, Año y Tasa de Crecimiento	Ambos Sexos	Hombres	Mujeres
ACOYAPA			
2005	18 345	9 218	9 127
2006	18 557	9 315	9 242
2007	18 767	9 411	9 356
2008	18 973	9 503	9 470
2009	19 228	9 622	9 606
2010	19 426	9 710	9 716
2011	19 611	9 792	9 819
2012	19 792	9 871	9 921
2013	19 963	9 947	10 016
2014	20 126	10 018	10 108
2015	20 280	10 085	10 195
2016	20 398	10 138	10 260
2017	20 504	10 188	10 316
2018	20 601	10 235	10 366
2019	20 682	10 271	10 411
2020	20 775	10 304	10 471
Tasa de Crecimiento			
2005 - 2010	1.1	1.0	1.3
2010 - 2015	0.7	0.6	0.8
2015 - 2020	0.5	0.4	0.5

Fuente VIII Censo de Población y IV de Vivienda, 2005 (INIDE)

3.4.4 Tasa de crecimiento vehicular (TC)

Se necesitó establecer una proyección de tránsito para conocer el crecimiento de este a lo largo del periodo de diseño, el Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) proporciona estos datos de registros históricos del comportamiento vehicular de la red vial.

Se estima una tasa de crecimiento del 4.89 % en la estación N° 704 “Juigalpa-Empalme de acoyapa” (la mas cercana respecto al tramo), para el periodo 2003-2017.

Tabla 40. TPDA histórico por tipo de vehículo

N°	CODIGO NIC	EST.	TIPO	NOMBRE DEL TRAMO	Depart.	Año
73	NIC-7	704	ECD	Juigalpa - Emp. Acoyapa	Chontales	2017
						2015
						2011
						2009
						2005
						2003
EMC: 300						
Tasa Crecimiento:					4.89%	

Fuente. Anuario del mti 2017: tpda histórico por tipo de vehículo

Esta tasa fue calculada de acuerdo con la ecuación:

$$TC = \left(\left(\frac{TPDA_i}{TPDA_0} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right) \quad \text{Ec.12}$$

TC= tasa de crecimiento vehicular

TPDA_i= tráfico promedio diario actual

TPDA₀= tráfico promedio diario del año base

n= diferencia de años

Comportamiento del Producto Interno Bruto

Tabla 41. Comportamiento del Producto Interno Bruto en los últimos 10 años

año	% crecimiento
2008	3.4
2009	-3.3
2010	4.4
2011	6.3
2012	6.5
2013	4.9
2014	4.8
2015	4.8
2016	4.7
2017	4.9
Promedio	4.14

Fuente: Estadísticas macroeconómicas 2017 (BCN)

3.4.5 Cálculo de tasa de crecimiento de tránsito (i)

Para obtener este valor que se sustituirá en la fórmula del tránsito de diseño, se toma en cuenta los valores obtenidos anteriormente como el porcentaje de crecimiento vehicular, crecimiento económico y el promedio del crecimiento poblacional.

Tasa de crecimiento poblacional= 0.5 %

Porcentaje de crecimiento vehicular= 4.89 %

Crecimiento económico= 4.14 %

$$i = \frac{\text{TCP} + \% \text{Crecimiento vehicular} + \text{Crecimiento económico}}{3}$$

$$i = \frac{0.5\% + 4.89\% + 4.14\%}{3} = 3.18\%$$

Este valor de tasa de crecimiento 3.18 % se tomó para la proyección de tránsito en la zona.

3.4.6 Tránsito de diseño

Periodo de diseño

El manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales (**SIECA**) recomienda un periodo de proyección de 20 años como la base para el diseño, aunque igualmente se acepta que para proyectos de construcción o rehabilitación de carreteras se puede reducir dicho horizonte a un máximo de 10 años.

Tabla 42. Periodos de diseño para diferentes tipos de carreteras

Tipo de carretera	Periodo de diseño
Autopista Regional	20-40 años
Troncales suburbanas	15-30 años
Troncales Rurales	
Colectoras Suburbanas	10-20 años
Colectoras Rurales	

Fuente manual centroamericana de normas para el diseño geométrico de carreteras regionales (SIECA) 2001

Factor de crecimiento

Este factor se relaciona con el número de años al cual se proyecta el estudio de tránsito, tasa del crecimiento anual, esta muestra como incrementan el flujo vehicular en todo el periodo de diseño

$$FC = \left(\frac{(1+i)^n - 1}{i} \right) * 365 \quad \text{Ec.14}$$

Dónde:

FC= factor de crecimiento

i = tasa de crecimiento de tránsito

n = período de diseño en años

365 = días del año

En la sustitución de valores obtenemos:

i = 3.18%

n = 20 años

$$FC = \left(\frac{(1+0.0318)^{20}-1}{0.0318} \right) * 365$$

$$FC = 20,814.67 \approx 20,815$$

FACTOR DIRECCIONAL (FD)

En una carretera de dos carriles, uno en cada dirección, el carril de diseño es uno de ellos, por lo tanto, el factor de distribución por carril es 100%. Para autopistas multicarriles el carril de diseño es el carril exterior y el factor de distribución depende del número de carriles en cada dirección que tenga la autopista. En la tabla siguiente se muestran los valores utilizados por la AASHTO.

Tabla 43. Factor de distribución por dirección (FD)

Número De carriles en ambas direcciones	Porcentaje de Distribución
2	50
4	45
6 o más	40

Fuente SIECA 2001, Referencia: guía de diseño de pavimentos AASTHO, 1993

Para el caso de la vía se tiene proyectada que funcionen dos carriles cuyo porcentaje de distribución será de 50%= 0.5

Factor de distribución por carril

Es un factor que se define por el carril de diseño para un camino cualquiera de los dos puede ser el carril de diseño donde la SIECA los proporciona por número de carriles en una sola dirección.

Tabla 44. Factores de Distribución por carril

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

Fuente SIECA 2001, Referencia: guía de diseño de pavimentos AASTHO, 1993

Para el tramo en estudio se asignó el valor de **Fc = 1** ya que la vía posee un carril en un sentido direccional.

Determinación del tránsito proyectado

Para la proyección del tránsito promedio diario anual que circulara en el año horizonte se realizó bajo la aplicación del modelo matemático siguiente:

$$TPDA_0 = T_0 * (1+i)^n$$

Donde

TPDA₀= tránsito promedio diario anual, inicial del año actual

T₀ = Transito inicial en el año

n= número de año en el periodo de diseño.

Calculo de TPDA2018

$$TPDA_{2018} = 34 * (1+0.0318)^{20} = 64 \text{ motos}$$

Tabla 45. Cálculo de Tránsito Promedio Diario proyectado 2038

TRANSITO DE DISEÑO PROYECTADO				
TIPO DE VEHICULO	TPDA 2018	TASA DE CRECIMIENTO	N	TPDA PROYECTADO AÑO 2038
motos	34	0.0318	20	64
autos	42	0.0318	20	79
jeep	1	0.0318	20	2
camionetas	22	0.0318	20	41
liv. De carga	12	0.0318	20	22
c2	5	0.0318	20	9
c3	2	0.0318	20	4
TOTAL				221

Fuente Elaboración propia

Posterior al cálculo del tránsito proyectado se determina el tránsito de diseño con la siguiente ecuación.

3.4.7 Cálculo de tránsito de diseño

$$T_D = TPDA_0 * FC * FD * Fc' \quad \text{Ec.16}$$

Donde:

$TPDA_0$ = Tránsito promedio diario anual del año cero.

FC: Factor de crecimiento

FD: Factor de distribución por sentido

Fc' : Factor de distribución por carril.

Cálculo T_D

$$T_D = 34 * 20,815 * 0.50 * 1 = 353,855 \text{ motos}$$

Tabla 46. Tránsito de Diseño proyectado al año horizonte

TRANSITO DE DISEÑO PROYECTADO AL HORIZONTE					
TIPO DE VEHICULO	TPDA 2018	FC	FD	F'C	TD 2038
motos	34	20815	0.50	1	353855.00
autos	42	20815	0.50	1	437115.00
jeep	1	20815	0.50	1	10407.50
camionetas	22	20815	0.50	1	228965.00
liv. De carga	12	20815	0.50	1	124890.00
c2	5	20815	0.50	1	52037.50
c3	2	20815	0.50	1	20815.00
TOTAL					1228,085.00

Fuente Elaboración Propia

3.5 ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

3.5.1 Espesores de pavimento

La estructura de un pavimento obedece a las características de los materiales empleados en su construcción los cuales pueden ofrecer una variedad de posibilidades tanto en c características físicas como en mecánicas.

Dichos diseños como antes se mencionó dependen de diversos factores a los cuales estará sometido un diseño a lo largo de su vida útil o mediante este vaya perdiendo su serviciabilidad como son: las solicitudes de tránsito, el tipo de suelo, el punto de localización de la vía. Las condiciones de drenaje

⁶ Las solicitudes de tránsito se utilizan para tener en cuenta el efecto de deterioro en el pavimento producido por las cargas de los ejes de los vehículos pesados y para definir estas cargas se hace uso de las ecuaciones de la AASHTO y de ciertos elementos esenciales que permiten determinar estos parámetros

⁶ Metodología para la determinación de solicitudes de tránsito para diseño estructural de pavimentos, Universidad católica de Chile.

Actualmente en Nicaragua se está implementando el pavimento Flexible como una opción por las ventajas que presenta, tales como los bajos costos de mantenimiento, mayor durabilidad, altas propiedades mecánicas las cuales le permite resistir considerables volúmenes de tránsito de todas sus categorías.

Este tipo de pavimento es muy resistente bajo la acción agresiva del exterior y principalmente a las cargas actuantes y como antes mencionado su bajo costo de mantenimiento, este se logra proponer como la opción de diseño más viable.

Existe la posibilidad en los pavimentos flexibles de adoquines de levantar sus piezas deterioradas cuando sea necesario un pequeño tramos de reparación en el casco urbano o sea en la zona rural.

La facilidad de ejecución es una de las principales características de este tipo de pavimento, para este se puede proponer mano de obra no calificada haciendo uso de herramientas manuales fáciles de suministrar por el o los contratistas

Los pavimentos de adoquines son elaborados de concreto de 10 cm de espesor los cuales son colocados sobre una capa de arena y posteriormente un sello entre sus juntas.

Para el diseño estructural de pavimento se trabajara con parámetros de estudio realizados en el manual de la **AASHTO 93** donde se consideran para pavimentos de adoquín los mismos criterios de diseño que para pavimentos flexibles.

Para el método AASHTO 93 la fórmula de diseño es la siguiente:

$$\text{Log}_{10} W_{18} = Z_r * S_o + 9.36 * \text{Log}_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10} \left| \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right|}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \text{Log}_{10} Mr - 8.7$$

Donde:

W18: número de aplicaciones de cargas equivalentes de 80KN acumuladas en el periodo de diseño (n)

Zr: valor del área bajo la curva de distribución normal, función de la confiabilidad del diseño (R) o grado confianza en que las cargas de diseño no serán superadas por las cargas reales aplicadas sobre el pavimento

So: desviación estándar del sistema, función de posibles variaciones en las estimaciones de tránsito (cargas y volúmenes) y comportamiento del pavimento a lo largo de su vida de servicio

Δ PSI: pérdida de serviciabilidad prevista en el diseño

Mr: Modulo de resiliencia de la subrasante y de las capas bases y sub-bases granulares

SN: numero estructural o capacidad de la estructura para soportar las cargas bajo las condiciones de diseño

VARIABLES A CONSIDERAR

Índices de Serviciabilidad

Es la condición que tendrá el pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro, en el experimento de la AASTHO las respuestas de los conductores tabulaban en una escala de 5 a 1.

Índice de Serviciabilidad (<i>PSI</i>)	Calificación
5 – 4	Muy buena
4 – 3	Buena
3 – 2	Regular
2 – 1	Mala
1 – 0	Muy mala

Fuente Manual de la AASTHO para el diseño de estructuras de pavimento 1993

Serviciabilidad inicial (po)

Está en función del tipo de pavimento y del grado de calidad durante la construcción el valor establecido por el experimento de la **AASHO** para pavimentos flexibles fue de **4.2**

Serviciabilidad final (pt)

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

Tabla 47. Pérdidas de serviciabilidad

Características de la vía	Pt
Autopistas urbanas y troncales de mucho tráfico	2.5-3
Autopistas urbanas y troncales de tráfico normal y autopistas interurbanas	2.0-2.5
Vías locales, ramales secundarias y agrícolas	1.8-2.0
Se recomienda que , normalmente el valor de pt nunca sea menor de 1.8, aun cuando las características de tráfico de la vía sean muy reducidas de ser el caso se recomienda disminuir el periodo de diseño	

Fuente Manual de la AASTHO-93

El valor establecido en el Experimento Vial de la AASHTO para los pavimentos flexibles fue de **4,2** como serviciabilidad inicial (**P₀**), Según las características de nuestra vía se determinó que la serviciabilidad final (**P_t**) encontrada se localizó dentro de los parámetros **1.8 – 2** por lo que se utilizara un valor de **1.8** para nuestro caso.

Pérdidas de serviciabilidad

Las pérdidas de serviciabilidad no es más que la diferencia que hay entre ambos términos el cual se obtiene con la siguiente ecuación.

$$\Delta\text{PSI} = P_0 - P_t \text{ Ec.18}$$

$$\Delta\text{PSI} = 4.2 - 1.8$$

$$\Delta\text{PSI} = 2.4$$

3.5.2 Análisis de cargas y ejes equivalentes (ESAL`s de diseño)

Cada tipo de pavimento responde de manera diferente a una carga, por los cuales cada tipo de ejes tiene diferentes factores equivalentes de carga (LEF), que también cambia según el SN (número estructural), las tablas indican los distintos tipos de carga por eje y para distintos números estructurales establecidas por el manual de la AASTHO.

Las diferentes cargas (tipos de vehículos) que actúan sobre un pavimento producen a su vez diferentes tensiones y deformaciones en el mismo es por ende que se utilizara las cargas por eje por cada tipo de vehículo establecidas por el ministerio de transporte e infraestructura MTI.

Para realizar el cálculo de ejes equivalentes **ESAL`s** de diseño se deberán tener los datos de los pesos de vehículos que circulan en la vía en estudio y el factor equivalente que se obtienen de las tablas de la ASSHTO 93, la cual variara según el tipo de vehículo, también se requiere conocer el valor del Numero Estructural de carga para este caso se asumió **(SN)=4** y la consideración de una serviciabilidad final **(P_t)= 2** , ya que estos término multiplicados por el tránsito de diseño **(TD)** transforman la carga por eje a un número de ejes equivalentes con la ecuación siguiente:

$$\text{ESAL}'s = \text{TD} * \text{Factor de carga Ec.19}$$

Calculo del factor equivalente de carga (LEF) para los tipos de vehículos encontrados en el estudio según el peso por eje

Para livianos de carga el eje delantero pesa 8800 lbs y el trasero pesa 17600 lbs según el diagrama de carga permisible del ministerio de transporte e infraestructura (MTI). Donde el peso por eje en kip serán 8.8 kip y 17.6 kip.

Tabla 48. Ejes equivalentes

CALCULO DE EJES EQUIVALENTES DE 18KIPS (8.2 TON)						
Tipo de vehiculo	T0	Peso por eje en LBS	Tipo de eje	TD	F. ESAL	ESAL de Diseño
Motos	30	0	Simple	353855	0	0
		0	Simple	353855	0	0
Autos	25	2200	Simple	437115	0,00038	166
		2200	Simple	437115	0,00038	166
Jeep	1	2200	Simple	10408	0,00038	4
		2200	Simple	10408	0,00038	4
Camionetas	15	2200	Simple	228965	0,00038	87
		4400	Simple	228965	0,0036	824
Liviano de carga	12	8800	Simple	124890	0,0538	6719
		17600	Simple	124890	0,9224	115199
C2	5	11000	Simple	52038	0,137	7129
		22000	Simple	52038	2,31	120207
C3	2	11000	Simple	20815	0,137	7129
		36300	Doble	20815	1,431	29786
Total ESAL de Diseño						287420

Fuente. Elaboración Propia

El ESAL's de diseño que se obtuvo según la vía en estudio fue un valor de **287,420** ejes equivalentes de 8.2 toneladas en el carril de diseño.

Confiabilidad

En la guía de la ASSHTO 93 se establecen diferentes datos para niveles de confiabilidad en los cuales estos se clasifican según el tipo de camino y zonas en estudio, para el tramo en estudio se determinó según las condiciones en que se encuentra la vía una

Confiabilidad (R) de **85 %**, que pertenecen a una zona urbana con tipo de caminos colectores.

Tabla 49. Niveles de confiabilidad.

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

Fuente Libro de diseño de pavimento ASSHTO 93. Tercera edición. Página 137

3.5.3 Desviación estándar (S_0)

La desviación estándar está relacionada directamente con la variabilidad que se encuentra adjunta a todos los parámetros involucrados en el diseño, como la predicción del comportamiento del pavimento según el tránsito.

Se proseguirá a seleccionar un valor S_0 (Desviación Estándar) según el tipo de pavimento a utilizar el cual para el caso de estudio es un tipo de pavimento flexible el valor que sugiere la guía de diseño de la ASSTHO 93 es de 0.45

Tabla 50. Desviación estándar para pavimentos rígidos y flexibles

Condiciones de diseño	Desviación estándar
Variación de la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito	0.35 Pavimento Rígido
	0.45 pavimento Flexible
Variación de la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito	0.40 Pavimento Rígido
	0.50 pavimento Flexible

Fuente Guía para el diseño de pavimentos ASSTHO 93

3.5.4 Coeficiente de drenaje

El drenaje en pavimentos es considerado a la hora del diseño de una carretera ya que la saturación en las capas y el pavimento producen degradación de la calidad de los materiales vinculando a esto los aumentos de volumen de tránsito y cargas.

Estos coeficientes de drenaje están clasificados según los porcentajes de tiempo que se encuentra expuestos a niveles de humedad próximos a la saturación que varían del 1% al 25% establecido por la ASSHTO 93.

Tabla 51. Coeficientes de drenaje para pavimentos flexibles

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

Fuente manual de AASHTO 93

Propiedades de los materiales

3.5.5 Módulo de Resiliente de la sub rasante. (MR)

En el método actual de la AASHTO, la parte fundamental para caracterizar debidamente los materiales, consiste en la obtención del Módulo de Resilencia, con base en pruebas de laboratorio, realizadas en materiales a utilizar en la capa sub-rasante.

Para la determinación de este se necesita la correlación del CBR de diseño las cuales se encuentran según los porcentajes.

Para porcentajes igual o menor a 10% se utiliza la siguiente ecuación

$$MR = 1500 \times CBR$$

Si los porcentajes encontrados son mayores al 20% se utiliza

$$MR = 4326 \times \ln(CBR) + 241$$

Para la determinación del módulo de resiliente se procedió a calcularse con la siguiente ecuación debido a que el CBR de diseño obtenido fue de 52%

$$MR = 4,326 \times \ln(CBR) + 241$$

$$MR = 4,326 \times \ln 52 + 241$$

$$MR = 17,334.080PSI$$

3.5.6 Módulo de Resiliente de la sub base (MR)

El CBR del material a utilizar para la sub-base es de 52%.

$Mr = 17,334.080PSI$ porque el material que se utilizará tendrá las mismas características

Módulo de Resiliente de la base (MR)

Para determinar el valor de resistencia CBR de diseño es el propuesto por el Instituto de Asfalto, el cual recomienda tomar un valor total, que el 60, el 75, o el 87.5% de los valores individuales sea igual o mayor que él, de acuerdo con el tránsito que espera circule por el pavimento como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 52. Límites para Selección de Resistencia

LIMITES DE SELECCIÓN DE RESISTENCIA	
NUMERO DE EJES DE 8,2 TON EN EL CARRIL DE DISEÑO (N)	PERCENTIL SELECCIONAR PARA HALLAR LA RESISTENCIA
<10⁴	60
10⁴ – 10⁶	75
>10⁶	87.5

**Fuente: Ingenierías de pavimentos para carretera, Ing. Alfonso Fonseca

Para nuestro caso el percentil a utilizar es de 60% porque nuestro ESAL de diseño nos dio de **287,420** calculado anteriormente. **(Ver conclusiones)**

El CBR del material a utilizar para la base es de 60%.

$M_r = 17,953.13$ psi, obtenido a partir del CBRbase de 60%, y dando uso de la fórmula anterior.

Determinación de los coeficientes estructurales

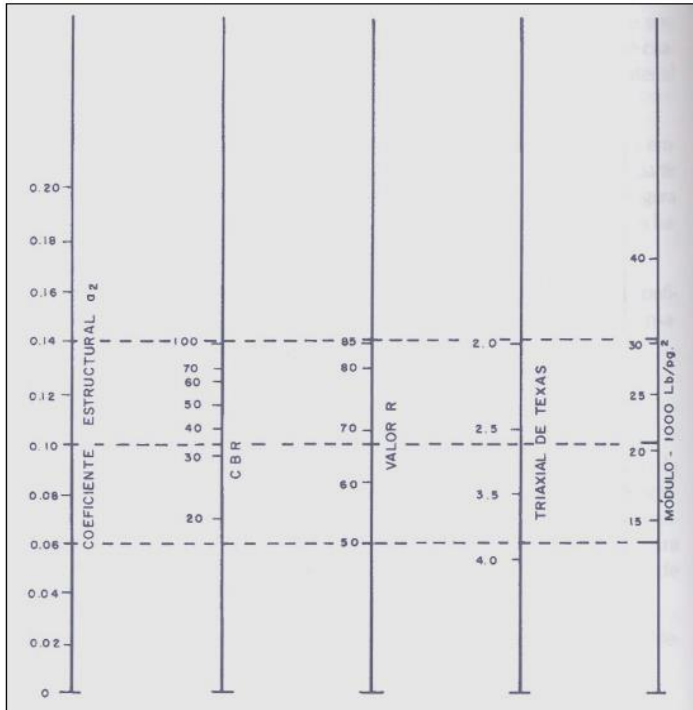
Coeficiente estructural de la carpeta de rodamiento (Adoquín) (a1)

Según el manual Centroamericano de Pavimento (SIECA) pag 246, el coeficiente estructural para adoquín fue un valor de **0.45** método de AASHTO 93.

Coeficiente estructural de la Capa Base (a2)

Según la gráfica del manual y tomando en cuenta el CBRbase = **60%** y el Modulo Resiliente MRbase = **19,459.90 psi** se obtiene un valor de **a2 = 0.135**

Ilustración 15. Ábaco para la determinación del coeficiente estructural de la capa base

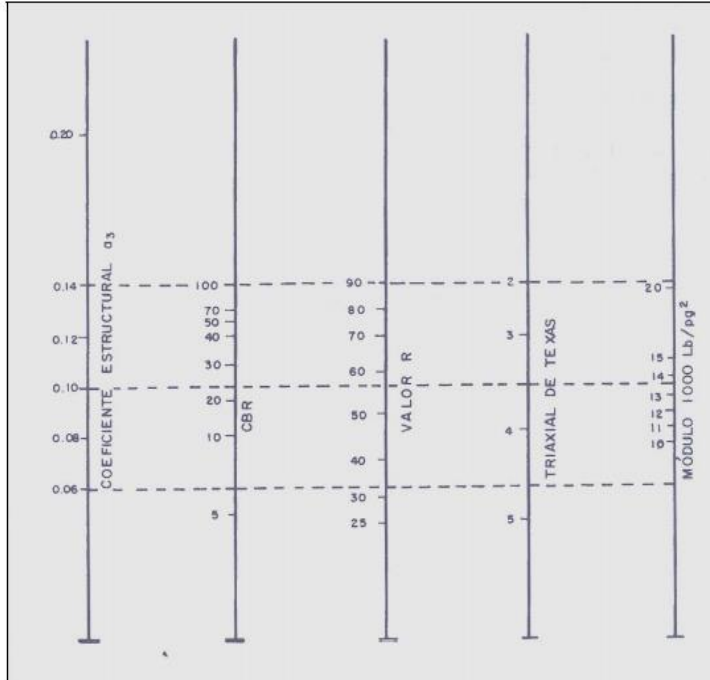


Fuente. Manual de la AAHSTO 1993

Coefficiente estructural de la Capa sub Base (a_3)

Según la gráfica 12.3 del anexo 12, y tomando en cuenta el $CBR_{subbase} = 52\%$ y el Modulo Resiliente $MR_{subbase} = 17,334.080 PSI$ se obtiene un valor de $a_3 = 0.125$.

Ilustración 16. Determinación del coeficiente estructural de la capa sub base



Fuente. Manual de la AAHSTO 1993

3.5.6 Cálculo de los espesores de capa

La fórmula general que relaciona el número estructural (SN) con los espesores de capa siguiente:

$$SN = a1 * D1 + a2 * m2 * D2 + a3 * m3 * D3$$

Donde:

a1, a2, a3 son los coeficientes estructurales o de capa, de la superficie de rodadura, base y sub-base respectivamente.

m2, m3 son los coeficientes de drenaje para la superficie de rodadura, base y sub-base.

Para calcular el SN de diseño se hizo uso del nomograma el cual se obtiene dio un valor de 2.8.

Ilustración 17. Monograma para el cálculo del SN (número estructural) de diseño

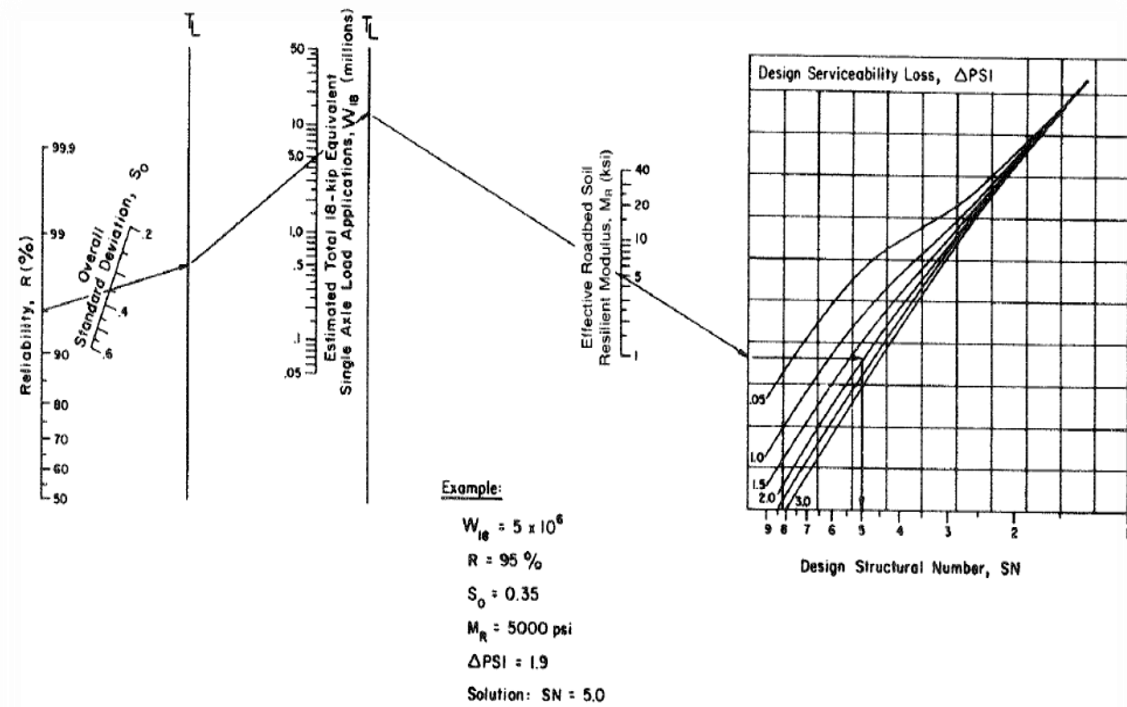


Figure 3.1. Design Chart for Flexible Pavements Based on Using Mean Values for Each Input

Fuente. Manual de la AAHSTO 1993

❖ **Carpeta.**

Carpeta de adoquín= 4”

Cálculo del número estructural para base

$$SN1^* = 4 * 0.45 = 1.8$$

❖ **Base**

Del nomograma se obtiene SN2=3.1

$$D2 = \frac{SN2 - SN1^*}{a_2 * m_j} = \frac{3.1 - 1.8}{0.135} = 9.62''$$

Se proponen 6 "de Base **(ver conclusiones)**

$$SN2^* = 6 * 0.135 = \mathbf{0.81}$$

❖ **Subbase**

Del nomograma se obtiene SN3= 3.18

$$D3 = \frac{SN3 - SN2^* - SN1^*}{a_3 * m_j} = \frac{3.1 - 0.81 - 1.8}{0.125 * 1} = \mathbf{3.92''}$$

Se proponen 4" de subbase **(ver conclusiones)**

$$SN3^* = 6 * 0.125 = \mathbf{0.75}$$

Para comprobar si el numero estructural requerido SN es mayor o igual a los estructurales de la carpeta, base y sub-base calculados SN1, SN2, SN3.

SN1+SN2+SN3 ≥ SN requerido

$$1.65+0.81+0.75 > 3.1 \text{ OK}$$

LOS ESPESORES DE PAVIMENTO SON LOS SIGUIENTES:

- ❖ CARPETA = 10cm (4")
- ❖ BASE = 15cm (6")
- ❖ SUB BASE = 15cm (6")

3.6 DRENAJE MENOR

En la naturaleza las lluvias actúan en tiempo y espacio, en hidrología el tamaño del lugar es lo que determina que se debe asumir, las áreas pequeñas son en las que se asume que la lluvia es constante en tiempo y espacio, las áreas medianas pueden ser moldeadas asumiendo que la lluvia es constante en tiempo, pero varía en espacio. Las áreas grandes se asumen que las lluvias varían en tiempo y en espacio.

3.6.1 Métodos de diseño

Los flujos de áreas pequeñas son normalmente calculados con un método de alcance empírico tal como es el **método racional**. Para cuencas o áreas de un alcance mayor se tiene que hacer una modelación de mayor acercamiento esto requiere un estudio a mayor profundidad.

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

$$Q = \frac{C.I.A}{K}$$

Este método se caracteriza principalmente por el estudio de las cuencas pequeñas que se caracterizan por lo siguiente:

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

Para calcular el caudal por el método racional el área en estudio tendrá que ser de 2.50 km² o menos para el buen uso de la formula, este es el método más ampliamente usado para el análisis de escorrentía de cuencas pequeñas y toma en cuenta las siguientes características

- Intensidad de la lluvia
- Duración de la lluvia
- Frecuencia de la lluvia
- Área de la cuenca
- Concentración y difusión de la escorrentía

3.6.2 Diseño Hidráulico

El sistema de drenaje es un escudo de protección el cual se le debe de proporcionar a las estructuras de la carretera para la protección de agentes de

erosión o en caso de inundaciones por las aguas superficiales o las subterráneas que son problemas más típicos que se presentan a diario y el más usual por el que la estructura suele fallar.

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

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

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

3.6.3 El bombeo de la calzada

En este caso la sección típica de la vía la convierte en un parte aguas ya que a partir del eje se le proporciona una pendiente lateral y geoméricamente para ambos lados, de esta forma de una forma muy eficiente drena el agua en los periodos de precipitación evitando que gran parte de esta se filtre y dañe la estructura de pavimento en la cual esta se funda.

En el caso del adoquinado es más sencillo que el agua se introduzca si este tipo de pavimento no tiene un drenaje muy eficiente fácilmente puede romper el sello de arena y perjudicar la estructura.

Tabla 53. Bombeos típicos utilizados en carreteras

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

Fuente Manual para la revisión de estudios Hidrotécnicos (MTI)

Hombros

Donde da fin la calzada se construye franja de concreto a lo largo de toda la calzada en ambas bandas la cual tiene como funcionalidad la protección de la carretera esta se le conoce con el nombre técnico de hombros a estos se les tiene que proveer una pendiente ya que sobre estos escurren las aguas provenientes del rodamiento.

Cunetas

Son conocidas como canales de drenaje generalmente de sección triangular se proyectan para todos los tramos al pie de los taludes de corte, estas se proyectan a ambos lados de la calzada

3.6.4 Dimensionamiento de cunetas

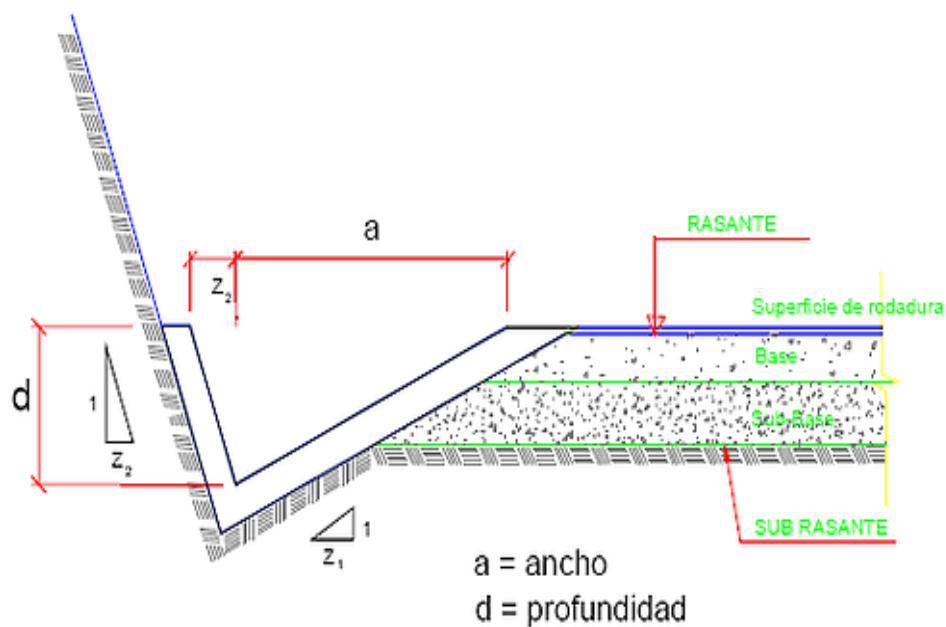
Como se ha mencionado antes se propusieron dos sistemas de drenaje las cuales son cunetas y vados, para el dimensionamiento de las cunetas sus dimensiones se fijaron con los datos obtenidos:

- De los estudios hidrológicos realizados sobre el área de drenaje que se delimitó
- Su respectiva pendiente longitudinal
- Intensidad de lluvia de la zona para su respectivo tiempo de retorno establecido
- Caudal pico de diseño

Con toda esta información que se obtiene del estudio hidrológico se procede al dimensionamiento de estas.

En el manual para la revisión de drenaje menor del MTI se pueden encontrar fórmulas con las cuales se puede dimensionar según sea la forma del canal a utilizarse, estos se utilizan principalmente para carreteras interurbanas por su mayor capacidad de evacuar las aguas provenientes de lluvias.

Imagen 18. Dimensionamiento de canales para carreteras inter urbanas



Fuente Google Imágenes

Tabla 54. Dimensiones de cunetas

CUADRO DE DIMENCIONES MINIMAS DE CUNETAS		
Región	profundidad (m)	ancho (m)
Seca	0.20	0.50
Lluviosa	0.30	0.70
Muy lluviosa	0.50	1.00

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

De la misma forma el ministerio de transporte e infraestructura (MTI) brinda valores para diferentes zonas del país donde se establecen el ancho y la profundidad las cuales son las dimensiones mínimas para estos canales se presenta el cuadro donde están establecidos estas dimensiones mínimas.

Área de diseño

Para el caso de los dimensionamiento de cunetas de las calles se verifico una sección típica utilizada por la alcaldía de Acoyapa para asegurar que esta cumple con las ecuaciones de Manning para la evacuación de aguas según los caudales de diseños en el estudio hidrológico.

Como cualquier Bibliografía consultada la fórmula de **Manning** es una evolución de la fórmula de Chèzy la cual se utiliza para el cálculo de velocidad del agua en canales abiertos y tuberías propuesta por el ingeniero irlandés Robert Manning en el año 1889.

$$Q = V * A$$

$$V = \frac{\sqrt{s}}{n} Rh^{2/3} \quad Rh = \frac{A}{P}$$

Donde:

Q = Caudal, m³/s V = Velocidad media, m/s

$A =$ Área de la sección transversal húmeda, m^2

$P =$ Perímetro mojado, m

$R_h = A/P$; Radio Hidráulico m

$S =$ Pendiente longitudinal, m/m

$n =$ Coeficiente de rugosidad de Manning.

Se determinó que el área que se realizó el estudio era menor a $3km^2$ (tres kilómetros cuadrados) lo cual esto permitió hacer uso del método racional para realizar el estudio hidrológico utilizando los datos de las estación meteorológica más cercana en este caso ubicada en Juigalpa, Chontales, se realizó el diseño para un periodo de retorno de 10 años.

CAPITULO IV: ESTUDIO ECONÓMICO

5.1 Costos de Inversión

5.1.1 Inversión fija

La inversión fija del proyecto contempla la inversión en activos fijos tangibles, tales como terreno, obras físicas; así como la adquisición de mobiliario y equipo, entre otros, para su inicio de operación.

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 2017

Tabla 55. Costos Directos del Proyecto

TABLA DE COSTOS DIRECTOS					
ITEM	ETAPAS Y SUB ETAPAS	UM	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
10	PRELIMINARES				C\$67,000.00
10.1	Limpieza inicial	GLB	1	C\$19,000.00	C\$19,000.00
10.2	Trazo y Nivelacion (incluye equipo de topografia)	ML	1200	C\$40.00	C\$48,000.00
20	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO				C\$74,080.00
20.1	Movilizacion y desmovilizacion de equipo	KM	32	C\$2,315.00	C\$74,080.00
30	MOVIMIENTO DE TIERRA				C\$640,860.00
30.1	Cortes				C\$424,860.00
30.1.1	Explotacion de material selecto en banco de prestamo (Incluyendo compra del material y acarreo del banco al sitio)	M ³	1920	C\$116.00	C\$222,720.00
30.1.2	Corte o excavacion de terreno E:20cm (incluyendo desalojo)	M ³	2246	C\$90.00	C\$202,140.00
30.2	Rellenos				C\$216,000.00
30.2.1	Nivelacion y conformacion (con motoniveladora) y compactada (con vibro compactadora)	M ²	8640	C\$25.00	C\$216,000.00
40	CARPETA DE RODAMIENTO				C\$3,508,780.00
40.1	Carpeta de Adoquinado 3,500 psi (247kg/cm ²) con cama de Arena de 5cm de espesor (incluye junta con arenilla)	M ²	6840	C\$500.00	C\$3,420,000.00
40.1.1	Vigas de remates transversales de concreto de 2500psi sin refuerzo de 0.15m x 0.30m	M ³	20	C\$4,439.00	C\$88,780.00
50	DRENAJE MENOR				C\$1,038,726.00
50.1	Cuneta tipo caite 2500 psi sin refuerzo de 0.15mx0.65m con fino(incluye formaleta)	M ³	234	C\$4,439.00	C\$1,038,726.00
60	SEÑALIZACION				C\$5,000.00
60.1	Uso de Rotulos de Precaucion durante el Proyecto.	GLB	1	C\$5,000.00	C\$5,000.00
70	LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA				C\$25,000.00
70.1	Limpieza de Trabajos Finales	GLB	1	C\$25,000.00	C\$25,000.00
SUB TOTAL(COSTOS DIRECTOS)					C\$5,359,446.00

Fuente Elaboración propia

Tabla 56. Costos Indirectos y costo total del Proyecto

TABLA DE COSTOS INDIRECTOS		
ADMINISTRACION Y UTILIDADES	20%	C\$1.071.889,20
IMPREVISTO	5%	C\$267.972,30
IR	2%	C\$107.188,92
IM	1%	C\$53.594,46
SUBTOTAL COSTOS INDIRECTOS		C\$1.500.644,88
COSTO TOTAL DEL PROYECTO		C\$6.860.090,88

Fuente Elaboración propia

Por lo tanto, el monto de las inversiones a realizar para la ejecución del proyecto de vialización de la calle asciende a C\$ 6,860,090.88 (equivalente a \$ 207,881.54 considerando una tasa de cambio de 33 córdobas por dólar).

Los costos antes señalados corresponden a la construcción de la calle con sus respectivos drenajes.

5.1.2 Inversión diferida

La inversión diferida se refiere a los gastos necesarios para que el proyecto se eche a andar, entre estos se consideran los gastos de formulación y supervisión del proyecto.

Tabla 57. Inversión diferida

INVERSION DIFERIDA			
DESCRIPCION	PORCENTAJE	MONTO C\$	
FORMULACION DEL PROYECTO	4%	C\$274.403,64	
SUPERVISION DEL PROYECTO	4%	C\$274.403,64	
TOTAL		C\$548.807,27	

Fuente Elaboración propia

Se considera una 4 % del monto de construcción para la formulación y la supervisión respectivamente.

VI.1.3 Inversión total

La inversión total contempla los montos de inversión fija y diferida necesarios para que el proyecto se desarrolle.

Tabla 58. Inversión Total

INVERSION TOTAL	
DESCRIPCION	MONTO C\$
ACTIVOS FIJOS	C\$6.860.090,88
ACTIVOS DIFERIDOS	C\$548.807,27
TOTAL	C\$7.408.898,15

Fuente Elaboración propia

El periodo de vida útil de la calle es de 20 años por el tipo de material a utilizar, recomendada por la guía sectorial de calles⁷.

5.1.3 Costos de Operación.

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 el caso de la vialización de la calle adoquinada de la comunidad, es necesario que a partir del segundo año que se proporcione mantenimiento.

Tabla 59. Costo de Mantenimiento

COSTOS DE MANTENIMIENTO				
DESCRIPCION	U/M	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Carpeta de rodamiento	m ²	6840	C\$30,00	C\$205.200,00
Derecho de via	ml	2400	C\$15,00	C\$36.000,00
Señalización	GLB	1	C\$10.000,00	C\$10.000,00
Sub total costo directo				C\$251.200,00
Administracion y utilidades		20%		C\$50.240,00
Imprevistos		5%		C\$12.560,00
I.R		2%		C\$5.024,00
I.M		1%		C\$2.512,00
subtotal costo indirecto				C\$70.336,00
Costo total				C\$321.536,00

Fuente Elaboración propia

Por año el monto a destinar presupuestado corresponde a C\$ 321,536 anuales durante 20 años de vida estimada del proyecto.

5.1.4 Beneficios del proyecto.

Proyectos como los de infraestructura vial no son generadores de ingresos debido a que, hasta el momento de realización de este estudio, no se cobra peaje en el país, el cual sería la única fuente de ingreso monetario para este tipo de proyecto social.

Como es un proyecto social sus beneficios se calculan en base a los beneficios que le otorgarán a la comunidad beneficiaria como: aumento en el valor de las propiedades disminuir enfermedades respiratorias y dengue en la población y los estudiantes, además disminuir costos de operación de los vehículos que traficarán y mejorar la calidad de vida de los habitantes.

a) Plusvalía generada por la propiedad

El proyecto beneficiara a 80 viviendas ubicadas a ambos lados de la via y 50 terrenos que se encuentran a lo largo del camino. El valor promedio actual de las viviendas sin el proyecto es de \$ 20,000 y de los terrenos sin el proyecto es de

US\$ 10,000.00, considerando que se dará un incremento del 30 % del valor de las viviendas y terrenos con la ejecución del proyecto.

Tabla 60. Aumento de valor de las viviendas y Predios

Descripción	U/M	Cantidad	Costo Promedio actual	costo total actual	% Aumento	Nuevo Valor de las Propiedades	Plusvalia
Viviendas con aumento de valor por el proyecto	C/U	80	C\$470.000,00	C\$37.600.000,00	20,00%	C\$45.120.000,00	C\$7.520.000,00
Predios	C/U	50	C\$148.000,00	C\$7.400.000,00	20,00%	C\$8.880.000,00	C\$1.480.000,00
Total				C\$45.000.000,00		C\$54.000.000,00	C\$9.000.000,00

Fuente. Elaboración Propia

El total del incremento de la plusvalía de las viviendas y terrenos por la ejecución del proyecto es de C\$ 9,000,000

b) Ahorro proveniente de la disminución de las consultas médicas y medicamentos.

Sin el proyecto, las condiciones ambientales que prevalecen en la comunidad ocasionan enfermedades en la población tales como: Infecciones respiratorias, intestinales, de piel, dengue, malaria, así como infecciones renales.

Para el cálculo de los ahorros en concepto de medicamentos es usual considerar los tipos de exámenes de rigor requeridos para el diagnóstico del paciente, así como el respectivo tratamiento por tipo de padecimiento con su respectivo costo estimado.

Tabla 61. Cálculo del ahorro por gasto en enfermedad

Ahorro por Gasto en Enfermedad				
Descripción	Casos	Gasto por enfermedad (C\$)	Ahorro (%)	Ahorro total (C\$)
Casos de Diarrea (anual)	103	250	60%	15450
Casos de Dengue (anual)	20	200	60%	2400
Infecciones respiratorias agudas IRA (anual)	389	200	60%	46680
Total				64,530.00

Fuente. Elaboración Propia

5.1.5 Flujos de beneficios

Los beneficios encontrados en el proyecto conducen al siguiente flujo de valores que deben ser considerados en el análisis. El valor de la plusvalía ocurre una vez en el tiempo cuando el proyecto es ejecutado y los otros beneficios ocurren cada año ajustándose de acuerdo a las tasas de crecimiento consideradas.

Tabla 62. Proyección de gastos en enfermedades (C\$)

Año	Ahorro por gasto en enfermedad
2019	C\$ 64.530,00
2020	C\$ 67.756,50
2021	C\$ 71.144,33
2022	C\$ 74.701,54
2023	C\$ 78.436,62
2024	C\$ 82.358,45
2025	C\$ 86.476,37
2026	C\$ 90.800,19
2027	C\$ 95.340,20
2028	C\$ 100.107,21
2029	C\$ 105.112,57
2030	C\$ 110.368,20
2031	C\$ 115.886,61
2032	C\$ 121.680,94
2033	C\$ 127.764,99
2034	C\$ 134.153,24
2035	C\$ 140.860,90
2036	C\$ 147.903,94
2037	C\$ 155.299,14
2038	C\$ 163.064,10

Fuente. Centro de salud Acoyapa

5.1.6 Flujo de caja del proyecto.

El flujo de caja del proyecto considera la inversión inicial, el costo de mantenimiento después del primer año y los beneficios que el proyecto genera.

Tabla 63. Flujo de Caja

FLUJO DE CAJA								
AÑO	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
INGRESOS								
PLUSVALIA	C\$9.000.000,00							
INGRESO ANUAL	C\$0,00	C\$64.530,00	C\$67.756,50	C\$71.144,33	C\$74.701,54	C\$78.436,62	C\$82.358,45	C\$86.476,37
TOTAL INGRESOS	C\$0,00	C\$64.530,00	C\$67.756,50	C\$71.144,33	C\$74.701,54	C\$78.436,62	C\$82.358,45	C\$86.476,37
EGRESOS								
INVERSION INICIAL	C\$6.860.090,88							
COSTO DE MANTENIMIENTO	C\$0,00	C\$321.536,00	C\$321.536,00	C\$321.536,00	C\$321.536,00	C\$321.536,00	C\$321.536,00	C\$321.536,00
TOTAL EGRESOS	C\$0,00	C\$321.536,00	C\$321.536,00	C\$321.536,00	C\$321.536,00	C\$321.536,00	C\$321.536,00	C\$321.536,00
FLUJO NETO	C\$2.139.909,12	-C\$257.006,00	-C\$253.779,50	-C\$250.391,68	-C\$246.834,46	-C\$243.099,38	-C\$239.177,55	-C\$235.059,63

Fuente. Elaboración Propia.

5.1.7 Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno de una inversión o proyecto es la tasa efectiva anual compuesto de retorno o tasa de descuento que hace que el valor actual neto de todos los flujos de efectivo (tanto positivos como negativos) de una determinada inversión sea igual a cero.

Las tasas internas de retorno se utilizan habitualmente para evaluar la conveniencia de las inversiones o proyectos. Cuanto mayor sea la tasa interna de retorno de un proyecto, más deseable será llevar a cabo el proyecto. Suponiendo que todos los demás factores iguales entre los diferentes proyectos, el proyecto de mayor TIR probablemente sería considerado el primer y mejor realizado.

En general, si la TIR es mayor que la tasa de descuento del proyecto, el proyecto tendrá VAN positivo. Es por esto que la regla de la TIR recomienda hacer un proyecto si su TIR es mayor a su tasa de descuento r

Fórmula para determinar la tasa interna de retorno

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{F_n}{(1+i)^n} = 0$$

Se realizó el cálculo de la tasa interna de retorno utilizando la herramienta Excel obteniendo como resultado un valor del 9%

5.1.8 Valor actual neto (VAN)

Valor actual neto también conocido como VAN, se refiere a un criterio de inversión que pasa por actualizar los cobros y pagos de un proyecto para conocer si esa inversión resulta rentable o no.

El Valor Actual Neto nos permitirá afrontar un par de decisiones. Por un lado, conocer si las inversiones a realizar merecen la pena por la obtención de beneficios y por otro comprobar qué inversión es la más ventajosa. Para ello hay que tener en cuenta los siguientes parámetros.

VAN superior a 0: el proyecto de inversión permite conseguir ganancias y beneficios.

VAN inferior a 0: debe rechazarse la inversión al provocar pérdidas.

VAN igual a 0: el proyecto de inversión no genera ni pérdidas ni beneficios, por lo que su ejecución provoca indiferencia.

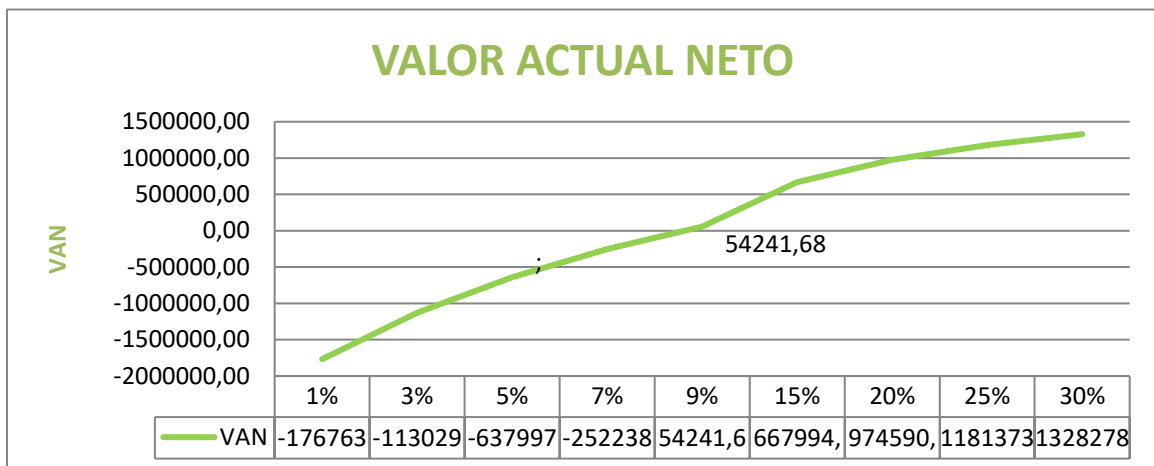
Como ya se conoce el valor de la tasa interna de retorno TIR se realizó el cálculo del valor actual neto por el método del tanteo para ver el comportamiento del VAN utilizando diferentes tasas de descuento.

Tasa de descuento y VAN

TASA DE DESCUENTO	VAN
1%	-1767630,99
3%	-1130291,23
5%	-637997,29
7%	-252238,05
9%	54241,68
15%	667994,47
20%	974590,32
25%	1181373,35
30%	1328278,33

Fuente. Imagen propia

comportamiento del valor actual neto con diferentes tasas de descuento



Fuente Imagen propia

Cálculo para determinar el valor actual neto (VAN)

Luego de analizar el comportamiento del VAN con las diferentes tasas de descuento asumidas se concluyó que el valor más adecuado es del 9% ya que este nos genera un valor positivo el cual nos indica que el proyecto es factible.

Fórmula para determinar el valor actual neto

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{(1+r)^n}$$

Qn: Representa los flujos de caja de cada periodo

I: inversión inicial

n: número de periodos considerados

r: tasa de descuento

$$VAN = 2,139,909.12 - 257,006/1.09 - 253,779.05/(1.09)^2 - 250,391.68/(1.09)^3 - 246,834.46/(1.09)^4 - 243,099.38/(1.09)^5 \dots 158,471.90/(1.09)^{20}$$

$$VAN = 54,241.68$$

5.1.9 Evaluación Económica Social

Para el análisis de la Evaluación Económica-Social del proyecto se ha tomado como referencia toda la información generada en el estudio económico, correspondiente a costos de inversión, costos de operación y beneficios

Con toda la información obtenida se ha procedido a la estructuración del flujo económico, para este escenario se han realizado los cálculos del Valor actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

Con base en el flujo del Proyecto, se calcularon los siguientes indicadores para la Evaluación Económica- Social, los resultados son los siguientes.

El Valor Actual Neto (VAN) del proyecto es de \$ 54,241.68 y la Tasa Interna de Retorno (TIR) es de 9 %

El proyecto cubre todos sus costos, y después de ello, genera una utilidad por encima de las expectativas del costo de oportunidad social del capital para la sociedad (VAN positivo); por lo tanto, el proyecto es rentable desde la perspectiva del uso de los recursos para la sociedad (económico- social).

La TIR de 9 % es igual a la Tasa Social de Descuento (TSD) y el VAN nos da un valor positivo lo que confirma la viabilidad económica del proyecto.

V CONCLUSIONES

Conclusiones

Se determinó la información de primera mano en este caso fue de la alcaldía de la municipalidad en la cual se expuso la problemática de la población del barrio la cruz principalmente en las épocas de invierno y la población también expresa que se encuentran afectadas alrededor de 80 familias. No se realizaron encuestas por el motivo que se realizaron visitas al sitio y se obtuvo entrevistas directas con las autoridades de la municipalidad las cuales también se encuentran reflejadas en los antecedentes

La demanda del proyecto es más que evidente por ser un proyecto de interés social ya que las autoridades locales y los habitantes lo catalogan como una necesidad principalmente por las enfermedades a los niños, mujeres y personas de la tercera edad

Los suelos encontrados en los sondeos realizados en las calles la mayoría muestran resultados comunes en su clasificación, nueve de trece muestras representativas clasificadas por el método de la (NORMA TECNICA. AASHTO M-145) se clasifican como "suelos arcillosos" dando un total del 70% de las muestras clasificadas en el laboratorio que presentan estas propiedades.

Se obtuvieron dos resultados para las pruebas de compactación, para la compactación de la muestra de la línea se tiene una humedad óptima de 28% y una densidad seca máxima de 1900 kg/m³. En el caso del banco de material los datos que se obtuvieron son: humedad óptima de 8.4% y densidad seca de 2,350 kg/m³.

De igual forma se muestran dos valores de CBR uno para la línea y otro para el banco de material, el valor de CBR para la línea es de 4 y el valor de CBR para el banco de material es de 52 a un 95% de compactación para base y sub rasante.

El valor de CBR de diseño es de 52 el cual se encuentra en un rango de excelente para ser usado como material de base y una **clasificación A-2, A-2-6 (0)**

Los vehículos se distribuyen de la siguiente forma: 96.04% en vehículos livianos y 5.94% en vehículos pesados, los vehículos livianos son los que representan el mayor porcentaje en este estudio

Se tomó un periodo de diseño para 20 años se pretende que el Tránsito Promedio Diario proyectado al año 2038 (

En el caso del cálculo de los espesores de capa se llegó a la conclusión que siguiendo la metodología de la AASHTO 93 para el diseño de los espesores de capas se determinó que las cargas que suministran los vehículos son muy bajas y se determinaron los siguientes espesores para la estructura de pavimento:

- ❖ CARPETA = 10cm (4")
- ❖ BASE = 15cm (6")
- ❖ SUB BASE = 15cm (6")

Siguiendo los criterios del manual de drenaje menor del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI) se determinan las características del drenaje menor en este caso cunetas siendo de las siguientes dimensiones: una profundidad de 0.20m y un ancho de 0.50m y según las características ambientales el manual de drenaje del (MTI) se califica zona lluviosa. Y las características topográficas del terreno como se pueden observar en los planos topográficos no se requiere de un drenaje que no exceda lo establecido en los diseños estándar en la alcaldía de la localidad.

Se considera un 4% del costo para la supervisión y formulación del proyecto obteniendo un gasto total de:

Con una inversión total de **C\$ 7.408.898,15**

Con base en el flujo del Proyecto, se calcularon los siguientes indicadores para la Evaluación Económica- Social, los resultados son los siguientes.

El Valor Actual Neto (VAN) del proyecto es de \$ 54,241.68 y la Tasa Interna de Retorno (TIR) es de 9 %

La TIR de 9 % es igual a la Tasa Social de Descuento (TSD) y el VAN nos da un valor positivo lo que confirma la viabilidad económica del proyecto.

VI. BIBLOGRAFIA

1. Alcaldía Municipal de Acoyapa. Datos de Acoyapa. 2014.
Alcaldía Municipal de Acoyapa. Revista: Administración Tributaria, 2014.
2. Baca Urbina, Gabriel Fundamentos de Ingeniería Económica Mc Graw Hill, México, 1999, 2da Ed.
3. Curso: Formulación y Evaluación de Proyectos. Módulo: Evaluación financiera. Ing. Guillermo Acevedo Ampié. Octubre, 2013.
4. Curso: Formulación y Evaluación de Proyectos. Módulo: Evaluación Económica y Social de proyectos. Msc. Ricardo Martínez Cano. Octubre 2013.
5. Diseño de pavimentos por método AASHTO-93. Versión en español. Washington, DC: Autor Lechair Raúl.
6. Fondo de Inversión Social de Emergencia. Módulo de Costos y Presupuestos Catálogo de Etapas y Sub-Etapas.
7. Fondo de Inversión Social de Emergencia. Módulo de Costos y Presupuestos. Catálogo de Etapas y Sub-Etapas. Maestro de costos complejos.
8. Fondo de Mantenimiento Vial. Planeación.
9. Guía de costos–Fise. División de Desarrollo Institucional. Oficina de Regulación, Investigación y Desarrollo. 2008.
10. Ministerio de Transporte e Infraestructura división general de planificación. Anuario de aforos de tráfico año 2008-2016.
11. Manual centroamericano de normas para el diseño de geométrico de carreteras regionales. Guatemala 2004, 2 da edición.
12. The American Association of State Highway and Transportation Officials (1993).

ANEXOS

Anexo.1 calles del barrio la Cruz Est. 0+500



Fuente. Imagen propia

Anexo.2 calles del barrio la Cruz Est. 0+800



Fuente. Imagen propia

Anexo.3 calles del barrio la Cruz Est. 0+600



Fuente. Imagen propia

ANEX 4. OMINISTERIO DE TRANSPORTE E INFRAESTRUCTURA

DIRECCION GENERAL DE VIALIDAD

Departamento de pesas y dimensiones







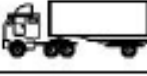
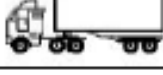
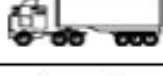

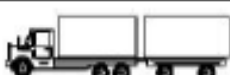
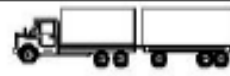
Diagramas de cargas permisibles

DIAGRAMA DE CARGAS PERMISIBLES		
TIPO DE VEHICULO	PESO POR EJE EN TON	PESO POR EJE EN LBS
AUTOMOVIL	1*1	2200*2200
JEEP	1*1	2200*2200
CAMIONETA	1*2	2200*4400
MICROBUS -	2*4	4400*8800
BUS	5*10	11000*22000
C2-LIV	4*8	8800*17600
C2 > 5TON	4.5*9	9920*19841

Fuente. Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI)

Anexo.5 Diagramas de cargas

DIAGRAMA DE CARGAS PERMISIBLES
PESOS MAXIMOS PERMISIBLES POR TIPO DE VEHICULOS

TIPO DE VEHICULOS	ESQUEMAS DE VEHICULOS	PESO MAXIMO AUTORIZADO						Peso Máximo Total (t) Ton - Met.
		1er. Eje	2do. Eje	3er. Eje	4to. Eje	5to. Eje	6to. Eje	
C2 11		4.50	9.00					13.50
C3 12		5.00	16.00					21.00
			8.00	8.00				
C4 Tx-Sx=4		5.00	20.00					25.00
			6.67	6.66	6.66			
T2-S1 Tx-Sx=4		5.00	9.00	9.00				23.00
T2-S2 Tx-Sx=4		5.00	9.00	16.00				30.00
				8.00	8.00			
T2-S3 Tx-Sx=5		5.00	9.00	20.00				34.00
				6.67	6.66	6.66		
T3-S1 Tx-Sx=4		5.00	16.00		9.00			30.00
			8.00	8.00				
T3-S2 Cx-Rx=4		5.00	16.00		16.00			37.00
			8.00	8.00	8.00	8.00		
T3-S3 Cx-Rx=5		5.00	16.00		20.00			41.00
			8.00	8.00	6.67	6.66	6.66	
C2-R2 Cx-Rx=4		4.50	9.00	4.0 a	4.0 a			21.50
		4.50	9.00	6.5 b	6.5 b			26.50
C3-R2 Cx-Rx=5		5.00	16.00		4.0 a	4.0 a		29.00
		5.00	8.00	8.00	6.5 b	6.5 b		34.00
C3-R3 Cx-Rx=5		5.00	16.00		4.0 a	5.0 a	5.0 a	35.00
		5.00	8.0 b	8.0 b	6.5 b	5.0 b	5.0 b	37.50

NOTA: El peso máximo permisible será el menor entre el especificado por el fabricante y el contenido en esta columna.

a : Eje sencillo llanta sencilla.

b : Eje sencillo llanta doble.

Fuente. Ministerio de Transporte e Infraestructura MTI

Anexo 6. Banco de Material



Fuente. Imagen propia

FLUJO DE CAJA

PLANOS TOPOGRAFICOS