



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

PROYECTO DE GRADUACIÓN FASE II

**DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CARRETERA PRINCIPAL
SAN FRANCISCO DE OJUERA, SANTA BARBARA (1° ETAPA)**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERÍA CIVIL

PRESENTADO POR:

DANIEL OSWALDO CHÁVEZ RESTREPO 20751043

HEIDY ALEJANDRA LÓPEZ TORRES 21511190

JUAN CARLOS CORTES RAMÍREZ 11451048

ASESOR: ING. MARIO HUMBERTO CÁRDENAS

CAMPUS SAN PEDRO SULA

JULIO, 2018

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE CENTROAMÉRICA

UNITEC

RECTOR

MARLON ANTONIO BREVE REYES

VICERRECTOR ACADÉMICO

ROSALPINA RODRÍGUEZ GUEVARA

SECRETARIO GENERAL

ROGER MARTÍNEZ MIRALDA

VICEPRESIDENTA CAMPUS SAN PEDRO SULA

CARLA MARÍA PANTOJA ORTEGA

COORDINADOR CARRERA INGENIERÍA CIVIL

HÉCTOR WILFREDO PADILLA

TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS

EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO

INGENIERO CIVIL

ASESOR METODOLÓGICO FASE II

“ING. LOURDES PATRICIA MEJIA”

ASESOR TEMÁTICO

“ING. MARIO HUMBERTO CÁRDENAS”

DERECHOS DE AUTOR

©Copyright 2018

DANIEL OSWALDO CHÁVEZ RESTREPO

HEIDY ALEJANDRA LÓPEZ TORRES

JUAN CARLOS CORTES RAMÍREZ

Todos los derechos son reservados

AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN DEL AUTOR(ES) PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO DE TESIS DE GRADO.

Señores:

CENTRO DE RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN (CRAI)

San Pedro Sula, Cortés, Honduras

Estimados Señores:

La presentación del documento de tesis forma parte de los requerimientos y procesos establecidos de graduación para alumnos de pregrado de UNITEC.

Nosotros, Daniel Oswaldo Chávez Restrepo, Heidy Alejandra López Torres, Juan Carlos Cortes Ramírez, de San Pedro Sula autores del trabajo de grado titulado: DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA CARRETERA PRINCIPAL SAN FRANCISCO DE OJUERA, SANTA BARBARA (1° ETAPA), presentado y aprobado en el año 2018, como requisito previo para optar al título de Profesional de Ingeniería Civil, autorizamos a:

Las Bibliotecas de los Centros de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI) de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), para que, con fines académicos, pueda libremente registrar, copiar y usar la información contenida en él, con fines educativos, investigativos o sociales de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en las salas de estudio de la biblioteca y la página Web de la universidad.

Permita la consulta y la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

De conformidad con lo establecido en el artículo 19 de la Ley de Derechos de Autor y de los Derechos Conexos; los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Es entendido que cualquier copia o reproducción del presente documento con fines de lucro no está permitida sin previa autorización por escrito de parte de los principales autores.

En fe de lo cual, se suscribe la presente acta en la ciudad de San Pedro Sula a los 30 días del mes de mayo del dos mil dieciocho.

Julio, 2018

Daniel Oswaldo Chávez

20751043

Heidy Alejandra López

21511190

Juan Carlos Cortes

11451048

HOJA DE FIRMAS

Los abajo firmantes damos fe, en nuestra posición de miembro de Terna, Asesor y/o Jefe Académico y en el marco de nuestras responsabilidades adquiridas, que el presente documento cumple con los lineamientos exigidos por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y los requerimientos académicos que la Universidad dispone dentro de los procesos de graduación.

Ing. Lourdes Patricia Mejía

Asesor Metodológico UNITEC

Ing. Mario Humberto Cárdenas

Asesor Temático UNITEC

Ing. Allan Castellanos

Coordinador de Terna

Ing. Sergio Paredes

Miembro de Terna

Ing. Angel Funez

Miembro de Terna

DEDICATORIA

En primer lugar, gratifico a Dios por haberme dirigido en el camino y permitirme alcanzar este logro, Dios es, y fue, mi fortaleza en esta etapa significativa de mi vida hasta su culminación.

Agradezco a mis padres Martha Ivonne Torres y José Manuel López Orellana por el amor, su apoyo incondicional a lo largo de esta etapa. A mis hermanos, por desear en mi vida lo bueno únicamente. A mi esposo e hijo Olger Alejandro Montoya López que han iluminado mí vida. A los catedráticos por compartir sus conocimientos, para formar profesionales de éxito. Por último, A mis compañeros y amigas que han brindado su apoyo para lograr mis metas.

Heidy A. López

En primera instancia quisiera agradecer y dedicar este trabajo a mis padres, ambos pilares inamovibles e inspiración de vida, Beatriz Amanda y Oswaldo. A mis hermanos Gabriel y Marcela que han sido un tormento y al mismo tiempo un aliento personal. A todas las personas cercanas a mí.

Agradezco a Dios por lo bueno y malo sucedido a lo largo de mis años, que bendiga los años por venir y los proyectos que serán para crecimiento profesional. A mis amigos y amigas, que han sido fuente de fortaleza, prudencia y humildad. A mis compañeros, por ser quienes en grupo hicimos posible este proyecto.

Daniel O. Chávez

A:

Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

Mi madre Delmis, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

Mi padre Juan Carlos, por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

Mis familiares, a mis hermanas Krizia , Carol , Gianna y Lauren por ser mi fuente de motivación y energía cuando la necesito. Mis abuelos Julio Cesar (QEPD) y Héctor Cortés (QEPD), por quererme y apoyarme siempre. A mis abuelas María Elena y Argentina Girón esto también se lo debo a ustedes.

A mi novia, Alejandra Mayes por ser mi apoyo incondicional, por hacer de mí una persona mejor persona y por hacer de esta etapa una de las más especiales para mí. Te amo

A mis amigos, que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo amigos. Finalmente, a los maestros, aquellos que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario, y que me ayudaron en asesorías y dudas presentadas en la elaboración de la tesis.

Juan C. Cortés

AGRADECIMIENTO

A la Honorable Corporación Municipal de San Francisco de Ojuera por brindar su apoyo técnico, humano y logístico para realizar este proyecto multidisciplinario dentro de la ingeniería civil.

A nuestros catedráticos y asesores temáticos y metodológicos, que a lo largo de nuestra ejecución de este proyecto compartieron y comprometieron su tiempo y conocimiento para formar profesionales de éxito.

Deseamos darle un sincero agradecimiento al Ingeniero Michael Pineda por asesorarnos desde el inicio de este proyecto. Le agradecemos por su dedicación y entrega en cada una de las etapas de este proyecto a modo que el mismo se realizara de la mejor manera posible.

A UNITEC quien brindo su mayor aporte a nuestro crecimiento profesional, aprovechando además agradecer a su personal administrativo y docente en general.

Finalmente queremos agradecer a todas aquellas personas que de una u otra manera estuvieron pendientes de nuestro proyecto brindándonos de su apoyo e interés en la mejor realización de cada una de las etapas que conlleva un proyecto de investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
2.1 ANTECEDENTES.....	2
2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	4
2.2.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA.....	4
2.4 OBJETIVOS	5
2.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
2.5 JUSTIFICACIÓN	5
III. MARCO TEÓRICO	6
3.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	6
3.1.1 ANÁLISIS DEL MACRO ENTORNO	6
3.1.2 ANÁLISIS DEL MICRO ENTORNO.....	12
3.1.3 ANÁLISIS INTERNO	13
3.2 TEORÍAS DE SUSTENTO.....	14
3.2.1. Secretaria de obras públicas transporte y vivienda (SOPTRAVI).....	15
3.3 MARCO CONCEPTUAL	21
3.3 MARCO LEGAL.....	26
IV. METODOLOGÍA	27

4.1 OPERACIONALIZACIÓN	27
4.1.1 DIAGRAMA DE LAS VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN	29
4.1.2 DIAGRAMA DE LAS VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN	30
4.2 ENFOQUE Y MÉTODOS	31
4.2.1 TIPO DE DISEÑO.....	31
4.3 POBLACIÓN Y MUESTRAS	32
4.3.1 POBLACIÓN 4	32
4.3.2 TAMAÑO DE LA MUESTRA	32
4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	32
4.4.1 INSTRUMENTOS.....	32
4.4.2 TÉCNICAS	33
4.5 UNIDAD DE ANÁLISIS Y RESPUESTA	35
4.5.1 UNIDAD DE ANÁLISIS.....	35
4.5.2 UNIDAD DE RESPUESTA	36
4.6 FUENTES DE INFORMACIÓN	36
4.6.1 FUENTES PRIMARIAS	36
4.6.2 FUENTES SECUNDARIAS	36
4.7 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	37
V. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	38
5.1 REPORTE DE RESULTADOS DE AGREGADOS	38
REPORTE DE VOLUMENES.....	43

VI. CONCLUSIONES	52
VII. RECOMENDACIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	54
ANEXOS	57
ANEXO 1. NORMA ASTM C 136.....	57
ANEXO 2 ASTM D4318-5.....	61
ANEXO 3 AASHTO 93.....	64
ANEXO 4 DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS Ajustado al Manual Colombiano Basado en AASHTO 93.....	65
ANEXO 5 DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO.....	67
ANEXO 6 DE ENSAYOS DE LABORATORIO.....	68
ANEXO 7 CLASIFICACIÓN DE SUELO.....	69
ANEXO 8 DISEÑO DE CAPAS.....	70

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Estructuración de pavimento flexible..	11
Ilustración 2. Red Vial de Honduras.....	12
Ilustración 3. Parque de San Francisco de Ojuera.....	14
Ilustración 4. ESAL diseño en el carril	20
Ilustración 5. Cronograma de actividades	37
Ilustración 6. Grafica de % de humedad vrs Densidad seca	42
Ilustración 7. Factor de abundamiento	43
Ilustración 8. Ingreso de los datos	48
Ilustración 9. Resultado de las capas estructurales	49
Ilustración 10. Vista panoramica del tramo carretero	66
Ilustración 11. levantamiento topográfico.....	66
Ilustración 12. Levantamiento topográfico	66
Ilustración 13. Juego de tamices	67
Ilustración 14. Ensayo granulometrico	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización_____	28
Tabla 2. Diagrama de Variables de Operacionalización_____	29
Tabla 3. Diagrama de las variables de Operacionalización_____	30
Tabla 4. Diseño_____	31
Tabla 5. Resumen de granulometría _____	39
Tabla 6. Resumen de límite líquido._____	40
Tabla 7. Resumen de límite plástico._____	41
Tabla 8. Resumen de Proctor modificado _____	42
Tabla 9. Resultados de CBR_____	43
Tabla 10. Valores comunes de tasas de crecimiento_____	44
Tabla 11. Periodos de Diseño en función del tipo de Carretera _____	44
Tabla 12. Factor de Carril _____	45
Tabla 13. Reporte de Aforo _____	45
Tabla 14. Calculo por ejes equivalentes _____	46
Tabla 15. Nivel de confiabilidad recomendado CR) _____	46
Tabla 16. Desviación Estándar _____	47
Tabla 17. Coeficiente Estructural de capa asfáltica _____	48
Tabla 18. Pendientes permisibles:_____	64
Tabla 19. Anchos de Calzadas _____	64
Tabla 20. Velocidades de diseño _____	65

Tabla 21. Tipos de Terreno _____	65
Tabla 22. Clasificación de suelos (S.U.C.S) _____	68
Tabla 23. Configuración de los ejes y las rueda _____	69
Tabla 24. Configuración de los ejes y las rueda _____	70
Tabla 25. Dimensiones y carga _____	71
Tabla 26. Dimensiones y carga _____	72

I. INTRODUCCIÓN

Las vías de comunicación, se encuentran intrínsecamente ligadas al desarrollo socioeconómico de un sector poblacional. Dado que el transporte es uno de los elementos que influyen de manera determinante en la economía local, por ende, es necesario el desarrollo de una adecuada planificación de todo proyecto vial para garantizar el mejoramiento e inducir la facilidad de la calidad de vida de los pobladores de un sector. La serviciabilidad de las vías son funciones directas del estado físico superficial y la sub estructura de la carpeta de rodadura. El buen estado de estas permitirá comunicación fluida y eficiente entre los núcleos urbanos y rurales del sector determinado.

En el contexto de diseño de una pavimentación se aceptan los dimensionamientos de estas subestructuras incluyendo características de los materiales empleados en las capas estructurales inferiores al definir sus espesores necesarios, esperando que estos mantengan la carpeta de rodadura asfáltica con índices de servicio aceptables acorde al periodo de diseño indicado.

El proyecto a continuación es de interés social entre UNITEC y la Municipalidad de San Francisco de Ojuera, Departamento de Santa Bárbara, con el interés del desarrollo de un proyecto de diseño de pavimentación a lo largo de 3.105 Kms. Comunicando la cabecera municipal con carretera troncal que conduce del desvío de Pito Solo a Santa Bárbara, Santa Bárbara. Este permitirá un acceso vial adecuado para el tránsito vehicular tanto particular como de transporte público, permitirá además el desarrollo socio económico generando empleos variados incluyendo un alza en el desarrollo eco turístico de la zona. Beneficiará no solamente al municipio, sino también a los municipios colindantes a este que no cuentan con carreteras de acceso adecuadas.

Se utilizarán técnicas de diseño acorde a la topografía y geometría de la carretera actual además del análisis de suelos basados en el manual de SOPTRAVI de Carreteras, Ley de Comunicación Terrestre y normas de calidad AASHTO.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Honduras, así como en muchos países latinoamericanos se muestra un problema serio en cuanto a infraestructuras en vías de comunicación y esto representa una seria desventaja competitiva. A falta de un buen sistema vial se debe en parte al relieve tan accidentado que posee, dificultando en gran medida la construcción de nuevas carreteras, a esto se suman las grandes limitaciones económicas que posee el país. Por falta de buenas y suficientes carreteras y debido al mal estado que presentan algunos de los pocos caminos que hay, muchas comunidades de Honduras están aisladas y sus habitantes pasan muchas dificultades para comunicarse con las principales ciudades del país. La red de carreteras permite satisfacer las necesidades básicas de educación, trabajo, alimentación y salud; es primordial satisfacer dichas necesidades para asegurar el desarrollo de un país.

2.1 ANTECEDENTES

San Francisco de Ojuera es un municipio ubicado en el departamento de Santa Bárbara – Honduras, su cabecera municipal lleva el mismo nombre. Se encuentra ubicada entre los municipios de Concepción del Sur (norte), el departamento de Intibucá (sur), con el municipio de San Pedro Zacapa (este) y al oeste con el departamento de Lempira y los municipios de Ceguaca y Santa Rita. La carretera que conduce a San Francisco de Ojuera es una red terciaria de terracería que se comunica con la red secundaria Pito Solo– Santa Bárbara. Se caracteriza por la tranquilidad, el trabajo y la sociabilidad de sus habitantes quienes se dedican principalmente a los cultivos de café, maíz, frijoles y hortalizas.

La larga distancia desde las principales ciudades del país sumado a la falta de una carretera cómoda para los usuarios y duradera para los productores de la zona han arrastrado el desarrollo de éste municipio y no se han aprovechado todas las ventajas que éste tiene para ofrecer.

La cercanía con un río muy caudaloso y ancho dio lugar a que, al principio, la única forma de llegar hasta ahí fuera a través de una especie de canoa que sus pobladores aún conservan en el parque central como parte de su historia. Con los años y después de muchos esfuerzos lograron construir

un puente hamaca que estuvo en su lugar hasta que el Huracán Mitch y el río lo arrastraron con su corriente. El puente "provisional" con el que ahora cuentan es de armadura metálica y conecta los dos tramos de carretera de terracería que va desde la red secundaria hasta la cabecera municipal y que en total suman 8.8km.

Desde hace muchos años los habitantes de San Francisco de Ojuera han tenido alto interés en una carretera pavimentada ya que sus relieves sumados a las lluvias de temporada hacen casi imposible llevar los productos agrícolas desde sus 13 aldeas hasta las principales ciudades. Existen también indicios de apostar por una economía apoyada en el turismo ya que este municipio cuenta con atracciones naturales y arqueológicas:

- Las Cuevas de Malera, en La Vega
- Montaña Verde, área protegida, en La Vega
- Aguas termales Gualcarque
- Antiguas ruinas del pueblo, Vestigios datan de 1650
- Primera casa del pueblo frente al parque central, en San Francisco
- Iglesia católica que data del año 1748, en San Francisco
- Puente de Molo que data del año 1800
- Puente del diablo en El Pilón
- Los Lajones, en La Vega
- Catarata de La Chorrera, en La Chorrera
- Pequeña Catarata La Chorrerita, en La Vega

Por consiguiente, la nueva administración municipal de San Francisco de Ojuera ha visto a bien gestionar la pavimentación de la red vial de acceso al municipio ya existente en terracería. Es por eso que la estrecha relación y compromiso que mantiene Unitec con la comunidad de San

Francisco de Ojuera y otras comunidades facilita la oportunidad de aportar con los primeros pasos que corresponden al levantamiento topográfico y el diseño estructural de pavimento asfáltico.

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Así como muchos municipios de Honduras, San Francisco de Ojuera ha sido históricamente uno de los lugares que aparentemente el desarrollo ha ignorado. Al estar apartado de las grandes ciudades del país, su economía ha sido principalmente la agricultura y los granos. Una vez identificado el interés y la necesidad del municipio de San Francisco de Ojuera y sus habitantes por contar con una vía de comunicación que sea de fácil acceso y comodidad para incentivar su desarrollo, se ha decidido realizar el diseño geométrico y estructural de un sistema de pavimento asfáltico para el cual se necesitará hacer el levantamiento topográfico correspondiente.

2.2.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

“El municipio de San Francisco de Ojuera carece de una vía de comunicación adecuada para el tráfico vehicular fluido y seguro que incentive al crecimiento económico de la zona explotando su potencial turístico y agrícola”

2.2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál sería el diseño geométrico y estructural óptimo requerido para la carretera principal del municipio San Francisco de Ojuera?

2.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- 1) ¿Con qué características topográficas y geométricas cuenta la carretera existente?
- 2) ¿Cuál es la característica del suelo en la carretera existente?
- 3) ¿Cuáles son los peraltes de la sub-estructura para garantizar la funcionalidad de la carretera a diseñar con respecto a su periodo de diseño?

- 4) ¿A cuánto asciende el presupuesto total del proyecto de pavimentación con carpeta asfáltica de 3.105 kms. ?

2.4 OBJETIVOS

Para definir la finalidad de este proyecto se han determinado objetivos, estos objetivos se dividen en objetivo general y objetivos específicos. El objetivo general indica en su totalidad qué se va brindar como resultado y los objetivos específicos indicarán qué acciones puntualmente deben llevarse a cabo para cumplir el objetivo general.

2.4.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar el diseño geométrico y estructural de 3.105 kms., de la carretera de acceso a la cabecera municipal en su primera etapa para contribuir de esta forma al desarrollo socio económico del Municipio de San Francisco de Ojuera.

2.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Realizar el levantamiento topográfico de la carretera existente delimitando su derecho de vía y línea central.
- 2) Realizar un estudio de suelos y determinar su aptitud para material de sub estructura.
- 3) Optimización de ruta existente y diseño de peralte de capas estructurales de pavimento asfáltico.
- 4) Estimar el presupuesto total del proyecto de pavimentación de 3.105 kilómetros de concreto flexible de la carretera principal en San Francisco de Ojuera.

2.5 JUSTIFICACIÓN

La municipalidad de San Francisco de Ojuera, Santa Bárbara, ha visto a bien gestionar por un proyecto carretero en el cual tienen puesta mucha confianza y se cree impulsará exponencialmente el desarrollo. La culminación de un proyecto de dicha magnitud permitirá a los habitantes de dicho municipio poder explotar su potencial turístico, también incentivará el desarrollo de las PYMES y diversificará su economía. Es entonces de alto valor el aporte con el

estudio topográfico de 3.457km de carretera existentes en terracería para proseguir con el diseño geométrico y estructural asfáltico a base de una carpeta.

III. MARCO TEÓRICO

Con la teoría que se le presenta a continuación, se sustenta la información requerida para el diseño de pavimentación en la carretera principal San Francisco de Ojuera (1° Etapa). En el marco teórico se muestra la información del macro entorno, micro entorno y análisis interno, estos están formados por factores que afectan directamente a nivel latinoamericano, nivel nacional y específicamente de la municipalidad de San Francisco de Ojuera.

3.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

La construcción de carreteras requiere la creación de una superficie continua, que atraviese obstáculos geográficos y tome una pendiente suficiente para permitir a los vehículos o a los peatones circular. Y cuando la ley lo establezca deben cumplir una serie de normativas y leyes o guías oficiales que no son de obligado cumplimiento. El proceso comienza a veces con la retirada de vegetación (desbroce) y de tierra y roca por excavación o voladura, la construcción de terraplenes, puentes y túneles, seguido por el extendido del pavimento. Existe una variedad de equipo de movimiento de tierras que es específico de la construcción de vías.

Constituyendo el sistema de transporte es la base primordial para desarrollar la integración tanto económica, como social y cultural y para fomentar la convivencia entre los habitantes de los países centroamericanos. Honduras cuenta con un 11% de plantas asfálticas instaladas, Guatemala 18%, Costa Rica 15%, El Salvador 6%, Nicaragua 5%, la mayoría de estos fabricantes cuentan además con planta procesadora de agregados, con lo cual garantizan un producto final de buena calidad. (Coronado Iturbide, 2001, pág. 10)

3.1.1 ANÁLISIS DEL MACRO ENTORNO

La industria de la construcción una carretera o ruta es una vía de transporte de dominio y uso público, proyectada y construida fundamentalmente para la circulación de vehículos automóviles. Existen diversos tipos de carreteras, aunque coloquialmente se usa el término carretera para definir a la carretera convencional que puede estar conectada, a través de accesos, a las

propiedades colindantes, diferenciándolas de otro tipo de carreteras, las autovías y autopistas, que no pueden tener pasos y cruces al mismo nivel.

CENTROAMÉRICA

En El Salvador las consideraciones planteadas, son el producto de los trabajos efectuados por la sección de geotécnica y de pruebas no destructivas (viga Benkelman, prueba de impacto, etc.), con la intención de definir la capacidad portante de cada una de las capas. En Guatemala se realizan los diseños para el recapeo de tramos carreteros, por medio del Sistema de Administración de Mantenimiento Integral (SAMI), que recomienda las políticas respecto a las labores de mantenimiento rutinario y periódico. (Coronado Iturbide, 2001, pág. 7)

Dentro del territorio centroamericano en el año 2,000, prácticamente todo el transporte se realiza por carreteras. Más de 100,000 kilómetros de carreteras de todo tipo enlazan el campo con las ciudades y complementan una infraestructura disponible para satisfacer las necesidades de movilidad de personas y mercancías, desplazando diariamente 2.8 millones de vehículos automotores.

El desarrollo de carreteras en forma técnica comenzó en Centroamérica en el siglo pasado, alrededor de los años 40, debido al aprovechamiento de los adelantos tecnológicos en materia de transporte. Todo ello requirió la ampliación de las mismas, así como un desarrollo adecuado de sus normas geométricas, tanto en el alineamiento horizontal como vertical, para brindarle seguridad y comodidad al usuario. (Coronado Iturbide, 2001, pág. 13)

1) PANAMA

Según el ministro de obras públicas en Panamá el método de SUPERPAVE optimizará la durabilidad de las carreteras con la finalidad que las calles y carreteras del país mantengan los mejores niveles de servicios con mayor vida útil, personal especializado del departamento de Ensayos y Materiales del Ministerio de Obras Públicas (MOP).

“El sistema Superpave está basado en una nueva metodología para el diseño de mezclas asfálticas que permitirán un mejor desempeño, durabilidad y calidad del asfalto en las carreteras y vías del país” (Ministro de Obras Publicas [PMO], 2018, pág. 1).

Superpave es un método de diseño de mezcla asfáltica que se caracteriza por ser una mezcla de mejor calidad donde el agregado se controla con especificaciones más estrictas y el asfalto se controla por grado de desempeño, por medio de ensayos a distintas temperaturas permitiendo identificar la temperatura crítica en la que cada prueba alcanza su valor límite especificado. (Ministro de Obras Públicas, 2018, pág. 1)

Es importante considerar que el aspecto más importante en la estructura de pavimento, es el que tiene que ver con la resistencia de las capas, la cual debe ser adecuada para atenuar los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua; puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores e inferiores. (MBA LOZANO & TABARE GONZALES, 2005, pág. 1)

El diseño de un pavimento consiste en establecer una estructura para una duración dada, bajo las solicitaciones del tránsito y las características de la subrasante en este proceso intervienen varios elementos entre los que se encuentran los materiales, los espesores de las capas, los procedimientos de construcción y acciones de mantenimientos que son factores determinantes para que la estructura presente un buen comportamiento. (MBA LOZANO & TABARE GONZALES, 2005, pág. 1)

El método del instituto del asfalto utiliza 10 cartas de diseño basadas en los espesores de diseño deben cumplir con dos solicitaciones diferentes en lo referente a las deformaciones: la vertical de compresión en la superficie de la subrasante y la horizontal de tensión en la parte inferior de las capas ligadas con material bituminoso. (MBA LOZANO & TABARE GONZALES, 2005, pág. 1)

2) LIMA-PERU

El comportamiento de la subrasante tiene una gran influencia en el comportamiento general del pavimento. Las características de los suelos no solo definen los requerimientos estructurales del pavimento, sino que pueden dar origen a definir el tipo de pavimento, estrategias de construcción, así como la construcción por etapas; suele tenerse más en cuenta en la selección de los materiales y en determinados elementos constructivos, como el drenaje, que en el mismo diseño de la estructura del pavimento. (Guevara Malpartida, 2001, pág. 11)

En los pavimentos asfálticos en Lima-Perú constituyen casi el 100% de las carreteras pavimentadas del país; en este sentido surge la necesidad de un adecuado diseño, conservación y mantenimiento de las mismas.

El diseño de un pavimento debe apoyarse tanto en criterios técnicos y económicos, los primeros se refieren a las características estructurales, a las características funcionales o superficiales, al proceso constructivo y a la valoración de la evolución del pavimento tras su construcción y puesta en servicio. Los aspectos económicos deben incluir no sólo los costos de construcción, sino también los de conservación y costos de operación. (Guevara Malpartida, 2001, pág. 11)

Esta actividad ha de concentrarse en una adecuada valoración de la incidencia de las cargas vehiculares sobre las estructuras de los pavimentos. Esta no es, por supuesto, una labor exenta de complejidad, por cuanto el efecto de las cargas sobre el pavimento depende de muchos factores, unos propios del vehículo y otros debido a las condiciones de operación en las cuales actúan. (Guevara Malpartida, 2001, pág. 11)

El método o técnica más utilizada en Centroamérica para el diseño de estructuras de pavimento con capas finales de rodadura tanto asfálticas como de concreto hidráulico, siempre se refiere a la AASHTO.

La Subrasante es la capa en la que se apoya la estructura del pavimento y la característica especial que define la propiedad de los materiales que componen la subrasante, se conoce como Módulo de Resiliencia (Mr.); Inicialmente cuando se comenzaron a efectuar los primeros diseños de pavimento, este concepto estaba basado en las propiedades de la subrasante tales como: Granulometría, Plasticidad, Clasificación de suelos, Resistencia al corte. (Coronado Iturbide, 2001, pág. 32)

3) CHILE

Según el estudio de una metodología de diseño para caminos del país es su geología y su posición geográfica (largo y ancho). La formación geológica de la cordillera es del período terciario, lo que es una indicación de la dureza de los materiales pétreos.

Las mezclas asfálticas son termo-plásticas, razón por la cual se debe conocer la temperatura ambiental a la que estará expuesta la mezcla. La variación de temperatura ambiental actúa sobre el módulo de elasticidad (o módulo resiliente) de un concreto asfáltico y éste se relaciona directamente con la vida útil y la magnitud de los esfuerzos inducidos por la carga vehicular. (Patillo B., 2002, pág. 1)

La actual preparación y manipulación que se hace con nuestros materiales pétreos reflejan sólo en parte su calidad de capa estructural dentro del multicapa que conforma el pavimento asfáltico y ello corresponde a lo que normalmente se conoce como base granular. La capa de material pétreo aporta a la resistencia estructural de la multicapa de acuerdo a su posición dentro de él. Así se tiene que una capa granular bajo un pavimento asfáltico delgado deberá soportar directamente la acción del tránsito. (Patillo B., 2002, pág. 1)

4) MEXICO

Los pavimentos que México necesita en sus carreteras no son hoy los mismos que fueron en otras épocas. Circunscribiendo las ideas a la red nacional pavimentado debe aceptarse un muy importante cambio de circunstancias entre el momento actual y las épocas en que las carreteras mexicanas empezaron a ser construidas y en que en buena parte se desarrollaron.

México podía tener 5 ó 6,000 vehículos diarios, de los que un 10% eran camiones de carga; hoy es posible contemplar en la red básica mexicana carreteras con 3 ó 4 veces mayor número de vehículos, además de que la proporción de vehículos de carga aumentó grandemente, hasta niveles de 30 ó 40% del tránsito diario; en este sentido, México es uno de los países de mayor proporción de vehículos de carga dentro del flujo general. (Rico Rodríguez, Téllez Gutiérrez, & Garnica Anguas, s. f., pág. 6)

Por otra parte, estudios realizados por el Instituto Mexicano del Transporte hacen ver que la diferencia en costo de operación de un camión tipo normal en la red nacional, al circular con una pendiente de 3% es un 50% mayor que si circula por terreno plano; esta diferencia llega al 100% si han de superarse pendientes de 5 ó 6%, no raras en las carreteras de México. (Rico Rodríguez, Téllez Gutiérrez, & Garnica Anguas, s. f., pág. 10)

También debe decirse que ciertas intensidades de tránsito producen en la carretera efectos tan importantes que debe dudarse la posibilidad de resolver el problema de alcanzar una calidad de rodamiento adecuada dentro de expectativas económicas razonables, a base de la utilización de pavimentos asfálticos formados por materiales naturales térreos.

En las subrasantes de carreteras puede ya haber una mayor tolerancia en relación al contenido de materiales menores que la malla 200, aceptándose contenidos menores que el tamaño mencionado del orden de 15% en las carreteras más ocupadas, hasta 25% en aquellas en las que se asegure niveles de ocupación menos exigentes. En carreteras revestidas, los contenidos de finos idóneos para el revestimiento deben de considerarse en el orden del 15% como máximo, si bien 10% resulta un límite más prudente. (Rico Rodríguez, Téllez Gutiérrez, & Garnica Anguas, s. f., pág. 22)

Un pavimento debe ser diseñado para soportar los efectos acumulados del tránsito para cualquier período de tiempo; el período seleccionado, en años, se define como "Período de Diseño". Al término de éste, se espera que el pavimento requiera alguna acción de rehabilitación mayor, como puede ser una sobre carpeta de refuerzo para restaurar su condición original. La vida útil del pavimento, o "Período de Análisis", puede ser extendida indefinidamente, a través de sobre carpetas u otras acciones de 48 rehabilitación, hasta que la carretera sea obsoleta por cambios

significativos en pendientes, alineamiento geométrico y otros factores. (Rico Rodríguez, Téllez Gutiérrez, & Garnica Anguas, s. f., pág. 47)

5) COSTA RICA

En Costa Rica, al hablar de carreteras, calles y autopistas, lo primero que se piensa es en concreto asfáltico, ya que la mayoría de las rutas y caminos en el país (aproximadamente el 90% según estudios del diario La Nación) están constituidos de este material.

Costa Rica cuenta principalmente tres tipos de superficie de rodamiento para las carreteras, que están constituidas de concreto asfáltico, concreto hidráulico y lastre. La gran mayoría de las carreteras nacionales corresponden a pavimento flexible; es decir, están hechas de concreto asfáltico como materia prima; de estas carreteras pavimentadas, en buen estado se encuentran 1700 km, lo que corresponde al 35% del total. (Coto Sánchez, 2016, pág. 6)

El pavimento flexible se compone principalmente de agregados pétreos y un tipo de ligante asfáltico, el cual consiste en un material cementante de color negro, en estado sólido, semi-sólido o viscoso, constituido por hidrocarburos o bitúmenes. Esta sustancia tiene la función principal de aglutinar o proveer adhesión a los agregados, de manera que se garantice trabazón en la estructura interna del agregado, impermeabilidad y durabilidad, que corresponde a la resistencia al efecto de la humedad y envejecimiento del ligante. (Coto Sánchez, 2016, pág. 8)

En la siguiente ilustración se dividen las capas para un concreto asfáltico:

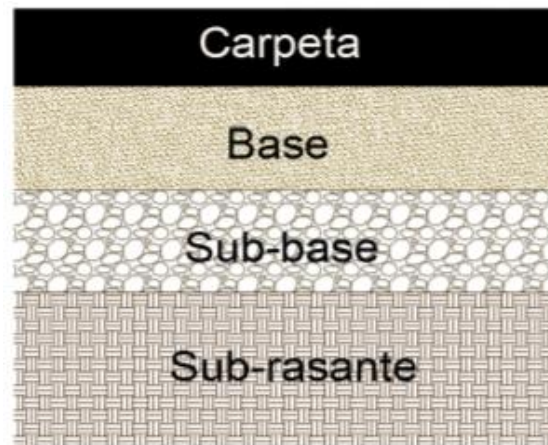


Ilustración 1. Estructuración de pavimento flexible.

Fuente: Elaboración (2016) AutoCAD.

Como se puede ver en la ilustración las superficiales: se compromete solo la carpeta asfáltica y su profundidad es menor a 3 cm; Medios: se compromete parte o la totalidad de la carpeta asfáltica y su profundidad está entre 3 cm y 10 cm; Profundos: su profundidad es superior a los 10 cm, con compromiso de la capa de base. (Coto Sánchez, 2016, pág. 12)

3.1.2 ANÁLISIS DEL MICRO ENTORNO

Las Carreteras de Honduras tienen una extensión de 14,044 kms. de longitud, que corresponden a la Red Vial Oficial, sin embargo, la infraestructura vial total del país es de 25,000 kms (Carreteras en Honduras, 2018, pág. 1).

Este conjunto de Carreteras de Honduras se clasifica en Red vial Primaria, Red vial Secundaria y red vial vecinal. El resto de vías está formado por lo que se denomina Red vial Terciaria.

En la Red Oficial de Carreteras de Honduras, 2,976 km. que representan un 21.2% están pavimentados y 11,069 km que equivalen un 78.8% No están pavimentadas; la red primaria Es el conjunto de carreteras que estructuralmente son vitales para la red vial del país o que unen las principales ciudades o sitios de mayor importancia nacional e interdepartamentales ya sea pavimentadas o no pavimentadas. Su longitud es de 3,275 km. (Carreteras en Honduras, 2018, pág. 1)

En la siguiente ilustración da introducción de las carreteras que se dividen en principales, secundarias y terciarias:

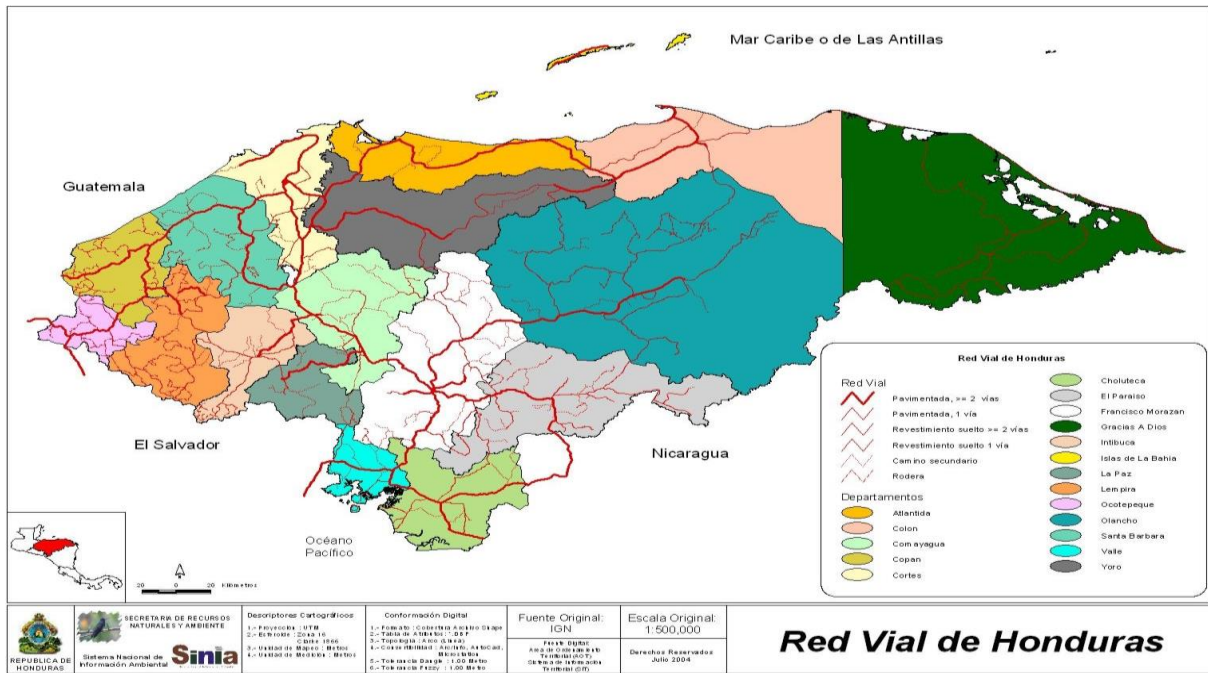


Ilustración 2. Red Vial de Honduras

Fuente: (Secretaría de Recursos Naturales y Ambientales (SERNA), 2004)

La Carretera Panamericana, conocida también como La Panamericana o Ruta Panamericana, en simples palabras se puede decir que es la carretera más larga del mundo. Específicamente diremos que es un sistema de carreteras que mide aproximadamente 48,000 km. de longitud y atraviesa

todo el continente americano de Norte a Sur, es decir desde Alaska en América del Norte hasta La Patagonia en América del Sur. (Carreteras en Honduras, 2018, pág. 1)

La región Atlántida de Honduras, es uno de los principales polos de desarrollo social y económico del país y la ciudad de la Ceiba es el centro poblacional más importante de esta región, cuyo crecimiento económico se debe a la fertilidad de las tierras aledañas a la Ciudad y a la cercanía de centros turísticos Culturales y de Aventura, además es el paso obligado de comunicación terrestre entre el departamento de Atlántida y Colón.

Para contribuir al desarrollo social y económico de la región atlántica, SOPTRAVI a través de la Dirección General de Carreteras desarrollará un estudio vial del acceso a la Ciudad de la Ceiba, para resolver el problema de congestión vial que actualmente dificulta el tránsito vehicular en la Ciudad y atrasa el flujo vehicular de las carreteras que conducen a Tela y a la zona del Aguan. (Estudio y diseño de la calle 8, en la ceiba, departamento de Atlántida, 2006, pág. 1)

La estructura de pavimento deberá ser diseñado por cualquiera de los métodos siguientes: del Asphalt Institute, AASHTO, de Diseño de Refuerzos, método basado en Criterios de Reducción de Deflexiones y en base a estos resultados adoptar la estructura de pavimentos a tener en cuenta los criterios siguientes: Distancia de visibilidad, alineamiento horizontal, alineamiento vertical, secciones transversales, tránsito, seguridad, medio ambiente, señalización, retornos, entrecruzamientos, rampas, abocinamientos. (Estudio y diseño de la calle 8, en la ceiba, departamento de Atlántida, 2006, pág. 1)

3.1.3 ANÁLISIS INTERNO

SAN FRANCISCO DE OJUERA

En el informe de 1582 elaborado por el gobernador Alonso de Contreras Guevara, aparece el pueblo de indios de Oxuera con treinta tributarios encomendado a Marcos Cana y perteneciente a la ciudad de Gracias a Dios; En el recuento de población de 1791 aparece como pueblo de Ojuera formando parte del curato de Tencoa, se cree que le dieron categoría de Municipio en 1895 pues en la División Política Territorial de 1896 era un Municipio del Distrito de Santa Bárbara. (San Francisco de Ojuera, 2018, pág. 1)

Su nombre es una composición geográfica-autóctona: San Francisco; y Ojuera que en lenguaje mesoamericano significa "agua de las espigas de maíz". El municipio cuenta con 5 aldeas y 43 caseríos. La extensión territorial es de 199.3 Km²; La economía está sustentada en el desarrollo de Granos básicos, café, caña de azúcar y hortalizas. Su ganadería es vacuno, equino, porcino, además de la cría de aves de corral. (San Francisco de Ojuera, 2018, pág. 1)

Desarrollo económico

La economía está sustentada en el desarrollo de Granos básicos, café, caña de azúcar y hortalizas. Su ganadería es vacuna, equino, porcino, además de la cría de aves de corral.

Atractivos turísticos

- Cuevas de Melera
- Montaña Verde, área protegida
- Aguas termales Gualcarque
- Antiguas ruinas del pueblo, vestigios datan de 1650.
- Primera casa del pueblo frente al parque central.
- Iglesia católica que data del año 1748.
- Puente de Molo que data del año 1800.
- Puente del diablo en el pilón.

Desarrollo social

Cuenta con 9 jardines de niños, con 23 centros de educación primaria y con 1 centro de educación media presencial.

En la siguiente ilustración del parque de San Francisco de Ojuera:



Ilustración 3. Parque de San Francisco de Ojuera

Fuente: (San Francisco de Ojuera, 2018, pág. 1)

3.2 TEORÍAS DE SUSTENTO

Para el diseño de pavimento con concreto asfáltico se debe de realizar por medio de las directrices, las cuales son creadas por cierta organización que ejerce dentro de un país. En Honduras la organización asignada a dirigir estas directrices es secretaria de obras públicas transporte y vivienda (SOPTRAVI) que tiene por objetivo indispensable contribuir en mejorar las

condiciones de vida de la población, mediante el mejoramiento de la red vial secundaria y terciaria, con el fin de dar impulso al proceso del desarrollo económico del país. SOPTRAVI cuenta con ciertos parámetros para la realización del diseño con los cuales facilita el proyecto al momento de llevarlo a cabo, los parámetros para el diseño de pavimento con concreto asfáltico se dividen en los siguientes:

- 1) Período de diseño.
- 2) Población (tránsito) de diseño.
- 3) Geometría de la carretera
- 4) Curvas de diseño.
- 5) Características de la Subrasante.
- 6) Los ensayos de compactación y de CBR.
- 7) Formulas recomendadas para el diseño.

3.2.1. Secretaria de obras públicas transporte y vivienda (SOPTRAVI)

1) Período De Diseño

El período de diseño deberá ser de 20 años. Al final del período de diseño, las instituciones harán una revisión de los sistemas para verificar si se amplía o no las coberturas.

2) Población De Diseño

A los efectos de realizar el análisis de tránsito se requiere la siguiente información:

- Tránsito medio diario anual (TMDA), actual y serie histórica.
- Composición vehicular y configuración de cargas pesadas.
- Censos de cargas por eje.
- Tasa de crecimiento anual.

3) Geometría de la carretera

La geometría de una carretera se define principalmente por los siguientes parámetros: Alineamiento horizontal, alineamiento vertical, pendiente transversal y perfil tipo.

4) Curvas de diseño

Las curvas de una carretera son circulares o sectores de circunferencia. Cuanto mayor sea el radio mayor será la velocidad que puedan alcanzar los vehículos al paso por curva.

“Una curva de radio demasiado pequeño, para la velocidad de proyecto, puede requerir reducciones de velocidad y además causar accidentes, especialmente cuando se combina con peraltes elevados o incluso contraperaltes. Carreteras con pendientes longitudinales extremas son antieconómicas y peligrosas” (Garrido Salazar, s. f., pág. 1)

La alineación de transición: la clotoide es la curva que va variando de radio según avanzamos de longitud. Las clotoides se intercalan entre las alineaciones rectas y las alineaciones curvas para permitir una transición gradual de curvatura. Todos los vehículos desarrollan una clotoide cuando van girando su eje director disminuyendo o aumentando la curvatura que describen. (Garrido Salazar, s. f., pág. 1)

5) Características de la Subrasante

El estudio de la subrasante se debe efectuar como en el caso del resto de las capas que conforman el pavimento, en sus condiciones más críticas de servicio.

En algunos casos es requerido un mejoramiento de la subrasante o su mala calidad obliga a colocar un material seleccionado entre el suelo de la traza y el paquete estructural, en dichas circunstancias se efectúa un tratamiento "in situ" o se adiciona otro material.

6) Ensayos de Granulometría, Límites de Atterberg y Próctor modificado

Ensayo de Granulometría

Marco teórico:

Por granulometría o análisis granulométrico de un agregado se entenderá todo procedimiento manual o mecánico por medio del cual se pueda separar las partículas constitutivas del agregado según tamaños, de tal manera que se puedan conocer las cantidades en peso de cada tamaño que aporta el peso total.

La palabra agregados se refiere a cualquier combinación de arena, grava o roca triturada en su estado natural o procesado. Son minerales comunes, resultado de las fuerzas geológicas erosivas del agua y del viento. Son generalmente encontrados en ríos y valles, donde han sido depositados

por las corrientes de agua. Los depósitos de arena y grava están constituidos por materiales que han sido separados más o menos de otros.

Se denomina tamaño de la partícula al tamaño del agujero cuadrado de la malla del tamiz en el cual la partícula es retenida.

El análisis granulométrico es significativo solamente cuando se realiza a muestras representativas de agregado, y para obtenerla se realiza el cuarteo.

Se define los términos Tamaño Máximo Nominal como el tamiz inmediatamente superior al primer tamiz que retiene el 10% de material durante el tamizado; y Tamaño Máximo como el tamiz inmediatamente superior al tamaño máximo nominal. (Gonzalez & Ordóñez Huaman, 2001).

Ensayo de determinación de los límites de consistencia Atterberg

Marco teórico:

Los suelos que poseen algo de cohesión, según su naturaleza y cantidad de agua, pueden presentar propiedades que lo incluyan en el estado sólido, semi-sólido, plástico o semi-líquido. El contenido de agua o humedad límite al que se produce el cambio de estado varía de un suelo a otro.

El método usado para medir estos límites se conoce como método de Atterberg y los contenidos de agua o humedad con los cuales se producen los cambios de estados, se denominan límites de Atterberg. Ellos marcan una separación arbitraria, pero suficiente en la práctica, entre los cuatro estados mencionados anteriormente

Braja (2013) dice "cuando el contenido de humedad es muy alto, el suelo y el agua pueden fluir como un líquido. Dependiendo del contenido de humedad la naturaleza del comportamiento del suelo puede ser dividido en cuatro estados básicos: sólidos, semi-sólidos, líquidos y plásticos"

El límite líquido está definido, como el contenido de humedad con el cual una masa de suelo colocada en un recipiente en forma de cuchara (aparato de Casagrande), se separa con una

herramienta patrón (ranurador), se deja caer desde una altura de 1 cm. y sufre el cierre de esa ranura en 1 cm. después de 25 golpes de la cuchara contra una base de caucho dura o similar.

Casagrande (1932), determinó que el límite líquido es una medida de resistencia al corte del suelo a un determinado contenido de humedad y que cada golpe necesario para cerrar el surco, corresponde a un esfuerzo cortante cercano a 1 gr/cm².

Determinación del límite plástico

El límite plástico se ha definido arbitrariamente como el contenido de humedad del suelo al cual un cilindro de éste, se rompe o resquebraja al amasado presentando un diámetro de aproximadamente 3 mm. Esta prueba es bastante subjetiva, es decir, depende del operador, el cual debe ayudarse con un alambre u otro material de 3 mm. De diámetro para hacer la comparación y establecer el momento en que el suelo se resquebraja y presenta el diámetro especificado. La muestra necesaria para realizar este ensayo deberá tener un peso aproximado de 20 grs

Braja (2013) dice "El límite plástico se define como el contenido de humedad, en porcentaje, en el que el suelo al enrollarse en hilos de 3.2 mm de diámetro se desmoronan. El límite plástico es el límite inferior del escenario plástico del suelo"

Ensayo de Proctor modificado

Marco teórico

El término compactación se utiliza en la descripción del proceso de densificación de un material mediante medios mecánicos. El incremento de la densidad se obtiene por medio de la disminución de la cantidad de aire que se encuentra en los espacios vacíos que se encuentra en el material, manteniendo el contenido de humedad relativamente constante.

En la vida real, la compactación se realiza sobre materiales que serán utilizados para relleno en la construcción de terraplenes, pero también puede ser empleado el material in situ en proyectos de mejoramiento del terreno.

El principal objetivo de la compactación es mejorar las propiedades ingenieriles del material en algunos aspectos:

- Aumentar la resistencia al corte, y por consiguiente, mejorar la estabilidad, de terraplenes y la capacidad de carga de cimentaciones y pavimentos.
- Disminuir la compresibilidad y, por consiguiente, reducir los asentamientos.
- Disminuir la relación de vacíos y, por consiguiente, reducir la permeabilidad.

Reducir el potencial de expansión, contracción o expansión por congelamiento.

Braja (2013) dice "En la construcción de terraplenes de carreteras, presas de tierra y muchas otras estructuras de ingeniería, los suelos sueltos deben ser compactados para aumentar sus pesos unitarios. La compactación aumenta las características de resistencia de los suelos"

Los resultados obtenidos a partir del ensayo proporcionan una curva, en la cual el pico más alto dicta el contenido de humedad óptima a la cual el suelo llega a la densidad seca máxima. Por medio de los ensayos se ha podido determinar que por lo general la compactación es más eficaz en los materiales bien gradados que contienen una cantidad de finos que en los materiales de gradación uniforme que carecen de finos.

Braja (2013) dice "La compactación es la consolidación del suelo por la eliminación del aire lo que requiere energía mecánica. El grado de compactación de un suelo se mide en términos de su peso unitario seco"

Se realizarán acorde al tipo de material resultante ya que dichas condiciones volumétricas serán las que se exigirán.

Nota: Dichos ensayos no se realizarán sobre todas las muestras, pudiéndose aplicar distintos criterios para la selección de las mismas.

7) Formulas Recomendadas para el diseño

El Método AASHTO de diseño estructural (1993) aún utiliza relaciones empíricas. Los espesores de las capas se determinan mediante coeficientes estructurales, que no consideran los diferentes tipos de deterioro separadamente.

El manual de SOPTRAVI provee de gráficos de diseño en distintas unidades (cm y pulgadas) para valores de EAL comprendidos entre 5×10^3 y 5×10^7 , para un mayor número de ejes se recomienda.

Carril de diseño

Parte del en ambas direcciones, el factor direccional recomendado es de 50%, aunque este valor valor puede variar entre 30 a 70%. El trafico en un sentido se separa para el carril de diseño según la recomendación:

Nº carriles en 1 dirección	%ESAL en el carril de diseño
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

ESAL Equivalent Single Axle Load

Ilustración 4. ESAL diseño en el carril

Fuente: ESAL, pág. 1

Modulo de Resiliencia (Mr) sub-rasante para pavimentos flexibles

Factores recomendados de correlación

$Mr = 1500 * CBR$ Para $CBR < 10\%$. (AASHTO)

$Mr = 3000 * CBR^{0.65}$ Para $7.2\% < CBR < 20\%$

$Mr = 4362 * \ln CBR + 241$ Para suelos granulares.

$Mr = 2555 * CBR^{0.64}$ Amplia gama de valores

3.3 MARCO CONCEPTUAL

Durante la realización de una obra civil como ser el diseño estructural y geométrico se usa cierta terminología, los cual la población desconoce sus diferentes significados, por lo cual se definirá los diferentes conceptos utilizados a lo largo del proyecto.

1) Agregado fino

“Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general pasa la malla N° 4 (4.75 mm) y contiene finos” (Garrido Salazar, s. f., pág. 25).

2) Agregado grueso

“Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general es retenida en la malla N°4 (4.75 mm) ” (Garrido Salazar, s. f., pág. 42).

3) Asfalto

“Material cementante, de color marrón oscuro a negro, constituido principalmente por betunes de origen natural u obtenidos por refinación del petróleo. El asfalto se encuentra en proporciones variables en la mayoría del crudo de petróleo” (Padilla Rodríguez, s. f., pág. 1)

4) Aplicación asfáltica

“Utilización del material asfáltico en sus distintas formas con o sin agregados” (Padilla Rodríguez, s. f., pág. 1).

5) Base

“Capa de material selecto y procesado que se coloca entre la parte superior de una sub base o de la subrasante y la capa de rodadura. Esta capa puede ser también de mezcla asfáltica o con tratamientos según diseños” (Zapata ingenieros, s. f., pág. 1)

6) Cajas de registro

“Es una cámara o caja destinada para la inspección y limpieza de la tubería de recolección, ubicada en el interior del inmueble. Sirve para recoger las aguas residuales, pluviales o combinadas provenientes de los domicilios” (INNOVAR,2014, pág. 1).

7) Calicata

“Excavación superficial que se realiza en un terreno, con la finalidad de permitir la observación de los estratos del suelo a diferentes profundidades y eventualmente obtener muestras generalmente disturbadas” (Planificación Y Realización De Un Levantamiento De Suelos, s. f., pág. 1).

8) Carretera

“Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas definidas de acuerdo a las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones” (Manual de carretera (Tomo 4), 1996, pág. 25).

9) Carretera Pavimentada

“Carretera cuya superficie de rodadura está conformada con material bituminoso (flexible) o de concreto Portland (rígida)” (Crespo Villalaz, 2005, pág. 1).

10) Carril

“Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito” (Carreteras en Honduras, 2018, pág. 1).

11) CBR (California Bearing Ratio)

“Valor soporte de un suelo o material, que se mide por la penetración de una fuerza dentro de una masa de suelo” (Guevara Malpartida, 2001, pág. 26).

12) Compactación

“Proceso manual o mecánico que tiende a reducir el volumen total de vacíos de suelos, mezclas bituminosas, morteros y concretos frescos de cemento Portland” (Compactación de Suelo, s. f., pág. 1).

13) Densidad de población

“Es la medida más tradicional y usada con mucha frecuencia para expresar el número de habitantes por kilómetro cuadrado. Se calcula dividiendo el número de habitantes de una zona por la superficie total que tiene esa zona” (Instituto Nacional de Estadística Informática, 2006, p. 19).

14) Pavimento

“Estructura construida sobre la sub rasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por capas de sub base y base” (Giordani & Leone, s. f., pág. 2).

15) Pavimento Flexible

“Es aquel que está constituido con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos” (Giordani & Leone, s. f., pág. 15).

16) Levantamiento topográfico

“Permite trazar mapas o planos de un área, en los cuales aparecen las principales características físicas del terreno y las diferencias de altura de los distintos relieves, tales como valles, pendientes. Estas diferencias constituyen el perfil vertical” (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO),s/f, pág. 1).

17) Pendiente

“Corresponde al nivel superior de una capa freática o de un acuífero en general. A menudo, en este nivel la presión de agua del acuífero es igual a la presión atmosférica” (Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente (UAH) ,2013, pág. 1).

18) Periodo de diseño

“Se define como el tiempo elegido al iniciar el diseño, con el fin de satisfacer las exigencias del servicio durante el periodo de diseño elegido, a un costo razonable” (Centro Peruano de Estudios Sociales CEPES, s/f, pág. 1).

19) Periodo de retorno

“Número de años en que ocurre una intensidad de lluvia y que sirve como parámetro de diseño” (UNESCO, 2007, p. 34).

20) Rasante

“Perfil del eje longitudinal de la superficie de pavimentación de la vía pública. También se define como el borde del límite de la vivienda” (Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, 2007, p. 35).

21) Peralte

“Inclinación transversal del camino en los tramos de curva, destinada a contrarrestar la fuerza centrífuga del vehículo” (Tecno Carreteras, 2014, pág. 1).

El peralte en sí podría entenderse como un elemento más de seguridad vial, y el papel que juega está muy relacionado con la física. Cuando un vehículo toma una curva, las diferentes fuerzas que actúan sobre él al hacer el giro provocan cierta tendencia a seguir en la dirección inicial, es decir, recto. El peralte contrarresta estas fuerzas, ayudando a que el vehículo permanezca en la vía y evitando su salida de la misma. (Tecno Carreteras, 2014, pag. 1)

3.3 MARCO LEGAL

3.5.2 LEY Y REGLAMENTO DE MUNICIPALIDADES

DECRETO NÚMERO 134-90 EL CONGRESO NACIONAL.

DECRETA:

LA SIGUIENTE

LEY DE MUNICIPALIDADES

ARTÍCULO 13.- (Según Reforma por Decreto 48-91) Las municipalidades tienen las atribuciones siguientes:

1. Elaboración y ejecución de planes de desarrollo del municipio;
2. Construcción y mantenimiento de vías públicas por sí o en colaboración con otras entidades;
3. Mantenimiento, limpieza y control sobre las vías públicas urbanas, aceras, parques y playas que incluyen su ordenamiento, ocupación, señalamiento vial urbano, terminales de transporte urbano e interurbano. El acceso a estos lugares es libre, quedando, en consecuencia, prohibido cualquier cobro, excepto cuando se trate de recuperación de la inversión mediante el sistema de contribución por mejoras legalmente establecido.

IV. METODOLOGÍA

Se describe como un levantamiento topográfico longitudinal y diseño de una carretera la acción en la cual se realiza la medición tanto horizontal como vertical del relieve de una sección de terreno longitudinal utilizando métodos directos de medición, el cual servirá para diseñar tanto geometría vertical como horizontal de un tramo carretero. Así mismo los ensayos y pruebas del suelo practicado a una muestra tomada de un banco de materiales predeterminado servirán para la elaboración de los peraltes estructurales de la anterior mencionada.

Se hará uso del Manual de Carreteras de la Secretaria de Obras Públicas y Transporte Vial (SOPTRAVI) y el manual de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO), para el diseño de una carretera de 3.094 Kms. de longitud en el municipio de San Francisco de Ojuera, Departamento de Santa Bárbara.

4.1 OPERACIONALIZACIÓN

La siguiente tabla resume puntos clave de operacionalización del proyecto como ser el Problema principal del mismo, se destacan otros aspectos como ser el objetivo general y objetivos específicos. Se clasifican las variables independientes y la variable dependiente del proyecto.

Tabla 1. Operacionalización

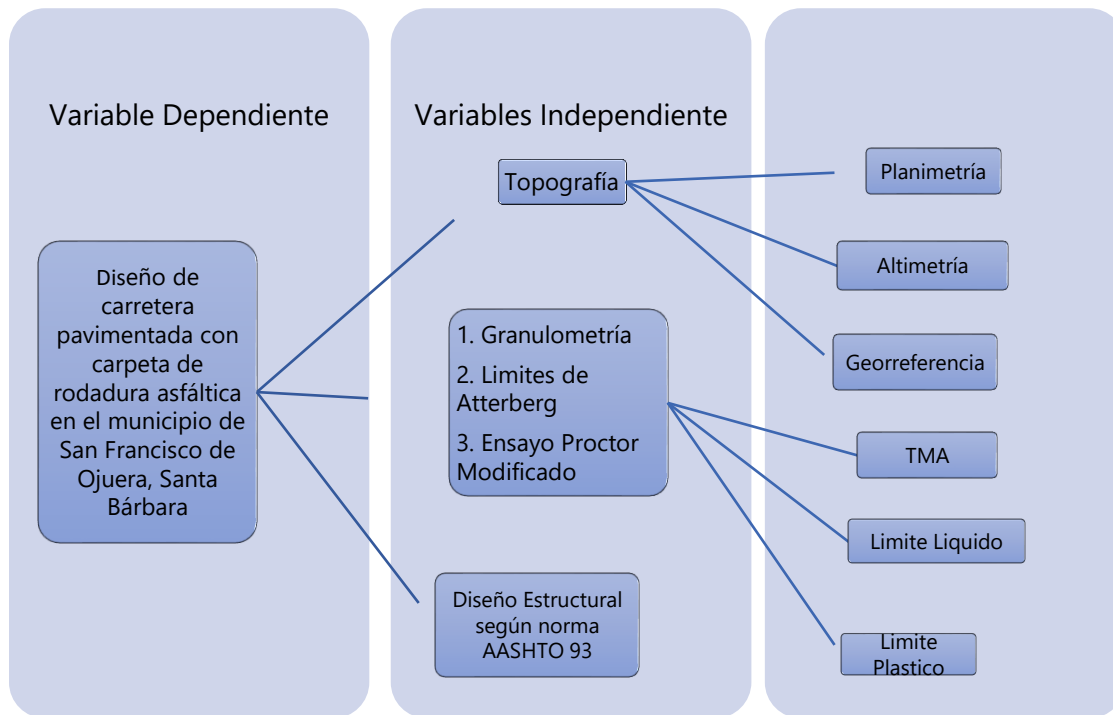
" DISEÑO DE PAVIMENTACIÓN FLEXIBLE EN LA CARRETERA PRINCIPAL SAN FRANCISCO DE OJUERA, SANTA BARBARA (1° ETAPA)"					
Problema	Objetivo General	Preguntas De Investigación	Objetivos Específicos	Variables Independientes	Variables Dependientes
¿Qué diseño y con qué características se cumplirán los requisitos y recomendaciones del pavimento asfáltico de 3.105 kms de longitud en el municipio de San Francisco de Ojuera, Santa Bárbara?	Diseñar una carretera de 3.5 kms. en concreto asfáltico, en el municipio de San Francisco de Ojuera; dando una solución integral al problema de comunicación vial con la carretera troncal que conduce de Pito Solo a Santa Bárbara, Santa Bárbara	¿Con qué características topográficas y geométricas cuenta la carretera existente?	Identificación de ruta existente acomodando el diseño a la misma.	Topografía	Diseño de carretera pavimentada con carpeta de rodadura asfáltica en el municipio de San Francisco de Ojuera, Santa Bárbara
		¿Cuál es la clasificación del suelo en carretera existente?	Definir el tipo de suelo y determinar si se encuentra apto para su utilización como sub base estructural.	1. granulometría 2. Límites de Atterberg 3. ensayo Próctor Modificado	
		¿Cuáles deberán ser los peraltes de la sub-estructura para garantizar la serviciabilidad de la carretera a diseñar con respecto a su período de diseño?	Determinación de los peraltes de diseño de carpeta de rodadura asfáltica, base y sub base de la misma acorde a diseños de carga establecidos en manual de carreteras SOPTRAVI	1) Diseño Estructural según norma AASHTO 93 2) CBR Tipo "B" Modificado	
		¿A cuánto asciende el monto del proyecto de pavimentación con carpeta asfáltica de 3.105 kms?	Estimar el presupuesto total del proyecto de pavimentación con carpeta asfáltica de 3.105 kms?		

Fuente: Propia

4.1.1 DIAGRAMA DE LAS VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN

El diseño estructural de la carretera será la variable dependiente en consecuencia de ser el resultado final del proyecto. Las variables independientes son aquellas que al modificarse cambia nuestro resultado como ser, la población y la topografía del lugar.

Tabla 2. Diagrama de Variables de Operacionalización



Fuente: Propia

4.1.2 DIAGRAMA DE LAS VARIABLES DE OPERACIONALIZACIÓN

La siguiente tabla resume puntos clave de las variables de operacionalización del proyecto. Se clasifican las variables independientes, además de una definición simplificada además de una explicación sobre la correlación de los datos ligados a cada una de las variables presentadas

Tabla 3. Diagrama de las variables de Operacionalización

Variables Independientes	Definición					
	Conceptual	Operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítem	Unidades
Topografía	Disciplina técnica que se encarga de describir de manera detallada la superficie de un determinado terreno.	Por medio de la topografía podemos conocer la rasante factible para un óptimo diseño.	Elevación	Coordenada Z	¿A qué altura se encuentran los puntos?	Metros
			Posición	Coordenadas X, Y	¿Qué posición tienen los puntos encontrados?	Metros
Clasificación de los suelos	Establecer un lenguaje común y relacionar propiedades con determinados grupos de suelos.	Mediante esta clasificación se determina el tipo de material que existe en el sitio	Ensayo Granulométrico , Ensayo de Límites de Atterberg	TMA Limite Líquido Limite Plástico	¿Cómo se clasifica el suelo?	
Grado de compactación del suelo	La determinación de la compactación adecuada se realiza determinando la densidad in situ del suelo y comparándolo con la densidad máxima determinada por una prueba de laboratorio.	Demuestra si el suelo es apto para ser utilizado como sub base estructural de la carpeta de rodadura asfáltica	Ensayo Próctor Modificado	¿Cuál es el grado de compactación?	¿Se encuentra en un rango aceptable para ser utilizado?	
Espesor de capas estructurales	Prueba de penetración del suelo para comprobar sus características Mecánicas.		Ensayo PDC y CBR	Espesor de capas	Capacidad de Carga del Suelo	Kilogramos / Metro Cubico
Geometría	Rama de las matemáticas que se ocupa del estudio de las propiedades físicas de una figura en el espacio, base teórica de la Geometría Descriptiva.	Por medio de la geometría podemos conocer el alineamiento del diseño del tramo carretero tanto curvas horizontales como verticales.	Posición y Elevación	Sistema de coordenadas Transversal Mércator Elipsoide WGS-84 zona 16N	¿Cuál es la ubicación georreferenciada de los puntos de intersección de la carretera?	Metros Lineales

Fuente: Propia

4.2 ENFOQUE Y MÉTODOS

4.2.1 TIPO DE DISEÑO

En el presente proyecto se consideran medibles los valores numéricos por lo que cual el enfoque a utilizar será un enfoque de tipo cuantitativo. Al trabajar enmarcado con variables independientes se obtiene libertades al estas ser manipulables. Realizar el diseño de la carretera pavimentada es el objetivo principal del alcance de este proyecto. Para población y longitud del tramo se encuentra definido como la medida longitudinal de la carretera a diseñar, el tipo de muestra es no probabilística. Las técnicas utilizadas fueron el levantamiento topográfico, análisis de compactación de suelos según ensayo Próctor modificado y clasificación de suelos utilizando granulometría y límites de Atterberg según normativa AASHTO '93.

Tabla 4. Diseño



Fuente: Propia

4.3 POBLACIÓN Y MUESTRAS

Se denota como población la longitud en metros del tramo carretero.

4.3.1 POBLACIÓN 4

La población de la carretera se encuentra determinada iniciando en la estación 5+343 hasta la estación 8+448

4.3.2 TAMAÑO DE LA MUESTRA

Según levantamiento topográfico la muestra tiene una longitud de 3.105.00 metros lineales.

4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Las técnicas e instrumentos utilizados tienen como objetivo cumplir con precisión y recolección de datos necesarios para el diseño de tramo carretero.

4.4.1 INSTRUMENTOS

- 1) Estación Total: Hi-target Zts-360R 2" de precisión
- 2) GPS RTK Trimble GeoExplorer GeoXH 2008
- 3) Prisma Topcon Offset -30mm
- 4) Bastón Telescópico Topcon 3.60 Mts.
- 5) Cinta métrica 30.00 Mts. Fibra de vidrio
- 6) Cinta métrica 3.00 Mts. Metálica
- 7) Radios UHF 10 canales
- 8) Copa de Casagrande
- 9) Horno
- 10) Pala
- 11) Taras metálicas
- 12) Balanza
- 13) Tamices
- 14) Mazo de Hule
- 15) Hoja Semilogarítmica
- 16) Espátula

17) Vidrio esterilizado

4.4.2 TÉCNICAS

Las técnicas a utilizar serán las siguientes:

- 1) Visita a campo, para realizar levantamiento topográfico y levantamiento geodésico de puntos de control en tierra.
- 2) Asesorías de parte de asesor temático principal y secundario.
- 3) Reuniones en persona y comunicación telefónica constante con personal de la Corporación Municipal de San Francisco de Ojuera.
- 4) Ensayos de laboratorio para la realización de pruebas mecánicas de suelos, incluyendo Granulometría del suelo, Límites de Atterberg y Ensayo de Próctor Modificado:

Granulometría

Objetivos

- Definir el módulo de finura de la arena.
- Conocer el TMA nominal de la grava.

Procedimiento:

- Sacar la muestra y colocarla en el piso.
- Realizar el cuarteo de la muestra, este paso consiste en dividir la muestra de suelo con la pala en dos y luego estas dos partes en otras dos, quedándonos la muestra en cuatro partes.
- Elegimos un cuarto del material y su cuarto opuesto para sacar material de adentro hacia afuera para el análisis.
- Realizar arreglo de tamices en el siguiente orden: Para grava: 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", #4, #8, y para las arenas: #4, #8, #16, #30, #50, #100 y #200, fondo. Dispuestos sucesivamente de mayor a menor abertura, colocando al final el fondo.
- Pesar la muestra de suelo a analizar, pero se debe quitar el peso del recipiente en el que se está pesando.
- Verter la muestra de agregado y llevar los tamices al vibrador.

- Esperar 15 minutos.
- Vaciar tamiz por tamiz en la bandeja metálica limpiando con el cepillo metálico o una brocha de forma de no dejar residuos en los tamices.
- Con el porcentaje pasado de cada material calcular la combinación que se necesita, la cual se muestra en la Tabla #5.

Límites de Atterberg

Objetivo:

- Calcular el límite líquido y el límite plástico.
- Determinar el índice de plasticidad.

Procedimiento

- Deshacer los grumos de la muestra con el mazo de hule.
- Pasar la muestra por el tamiz No. 40 y tomar 300 g de lo que pasa el tamiz 40.
- Se agrega agua destilada a la muestra hasta que tenga una consistencia moldeable.
- Colocar marial en la copa de Casagrande.
- Usar el ranurador para pasarlo por toda la copa dejando una división en el centro de la muestra.
- Se gira la palanca para dar golpes hasta que los dos lados de la muestra se toquen.
- Se coloca muestra al horno por 24 horas a 110 ± 5 °C.
- Se vuelve a repetir el procedimiento 5 para 25 y 12 golpes.
- Se toma del material y se moldean cilindros de 3 mm en el vidrio esterilizado.
- Se hacen varios cilindros hasta llegar a 20 gramos.
- Se coloca las muestras al horno 24 horas a 110 ± 5 °C.

Próctor modificado

Objetivo

- Determinar peso específico seco máximo.
- Determinar el contenido de humedad óptimo de la muestra.

Procedimiento

- Utilizar el material seco con el martillo de hule romper las partículas más grandes.
- Pasar el material por el tamiz #4, luego pesarlo.
- Agregar agua 200ml y 100ml al material.
- Depositar 5 capas del material en el molde, asegurarlo con el collarín.
- Golpear el suelo con el martillo Próctor 25 veces.
- Quitar el collarín y colocar el material en el molde y pesarlo nuevamente.
- Sacar el material del molde desarmarlo y tomar una muestra de por lo menos de 80 gramos y llevarlo al horno.
- Repetir el procedimiento agregando cada vez cierta cantidad de agua adicional hasta que uno de los valores sea mayor al anterior.

4.5 UNIDAD DE ANÁLISIS Y RESPUESTA

Para este proyecto de diseño de carretera pavimentada se requiere de levantamiento topográfico y resultados numéricos siguiendo normas indicadas en el Manual de Diseño de Carreteras de SOPTRAVI las cuales sentaran la base para la realización del diseño según indicaciones recibidas. Se trabajará con la Normativa AASHTO '93 obviando la reducción de pendientes al 12% máximo permitido debido a la gran cantidad de material de corte y relleno necesario para la ejecución de la obra.

4.5.1 UNIDAD DE ANÁLISIS

Levantamiento topográfico para conocer la extensión longitudinal, así como la topografía y geometría horizontal y vertical de la misma, realizando el diseño según manual de carreteras de SOPTRAVI con normativa AASHTO '93.

4.5.2 UNIDAD DE RESPUESTA

Con el levantamiento topográfico se obtiene poligonal abierta de 3.105 Kms y secciones transversales a cada 20.00 metros arrojando un perfil longitudinal acorde al terreno natural que demuestra los cambios en altimetría del terreno y un diseño en planta para la ubicación horizontal de los puntos de control tanto geodésicos como puntos de intersección de la carretera.

4.6 FUENTES DE INFORMACIÓN

Se denominan fuentes de información a diversos tipos de documentos que contienen datos útiles para satisfacer la demanda de recopilación de información para este proyecto de diseño de carretera, se incluyen fuentes primarias de información generando las pautas de diseño acorde a normativas, y secundarias generando ayuda a la generación del diseño adjunto a la elaboración y redacción del documento final.

4.6.1 FUENTES PRIMARIAS

Como fuentes primarias de información para el diseño de pavimentación, se realizó un levantamiento topográfico de perfil longitudinal con secciones transversales a @20.00 mts. Utilizando el Manual de Carreteras de SOPTRAVI, Ley de Comunicación Terrestre y normativas de calidad AASHTO '93.

4.6.2 FUENTES SECUNDARIAS

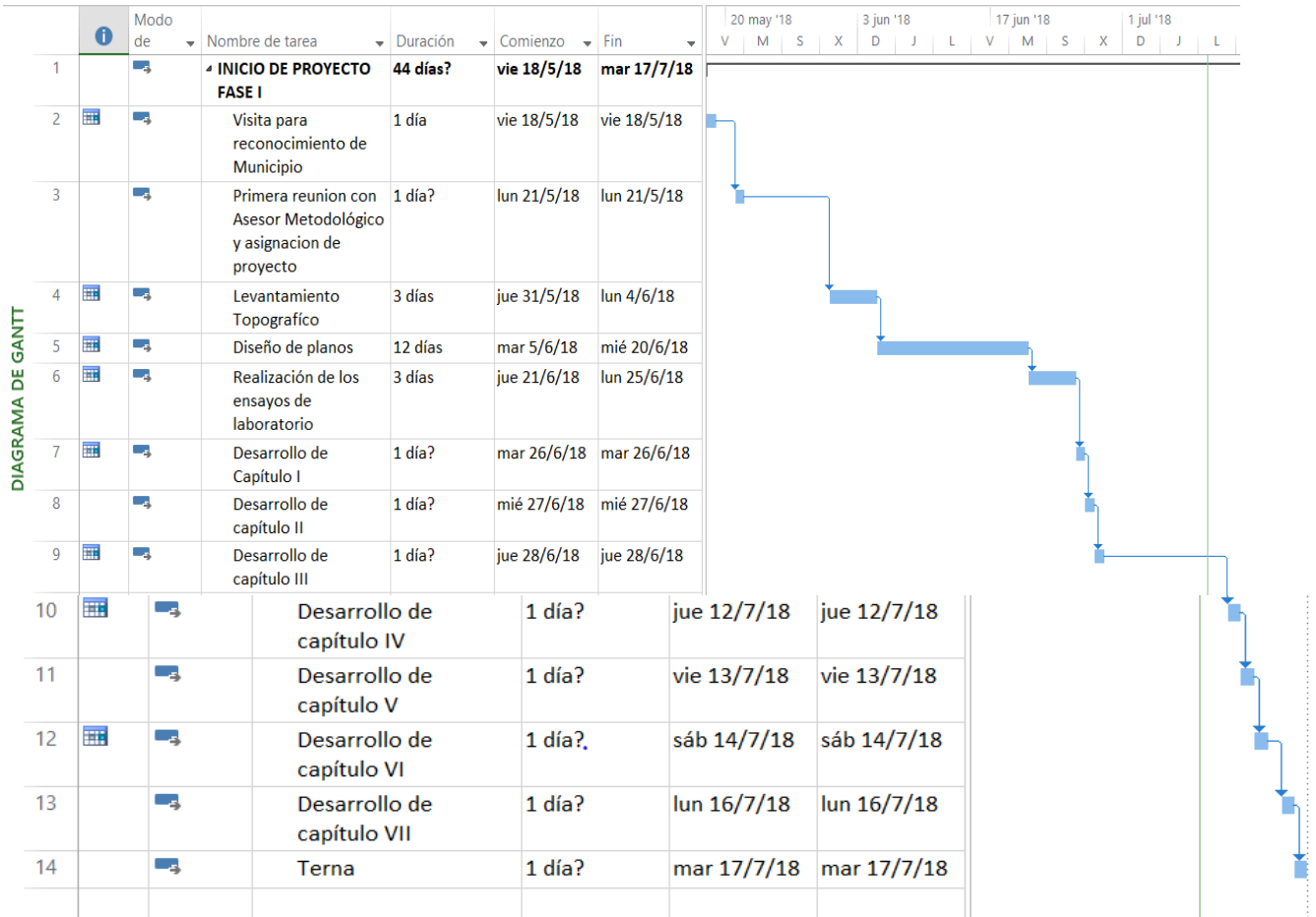
Como manual del programa de diseño asistido por computadora CAD, nos remitimos al libro de Diseño Vial AutoCad Civil 3d Primera edición 2017 por Jhon Alexander Tacué, Ingeniero Civil de la Universidad del Cauca, Colombia.

Como Manual de pendientes de diseño y valores "K" se utilizo el libro de DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS ajustado al Manual Colombiano. Basado en AASHTO 93, por JOHN JAIRO AGUDELO OSPINA

Información sobre proyección elipsoidal obtenida de la tabla de proyección Mercator elipsoide WGS-84 zona 16Norte de la USGS del gobierno norteamericano.

4.7 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tomando en consideración que la duración del periodo académico en proyecto Fase I consta de 11 semanas, se desglosa el cronograma de actividades en la ilustración 5.



V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.1 REPORTE DE RESULTADOS DE AGREGADOS

Ensayo de Granulometría

Tabla 5. Resumen de granulometría



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
CENTROAMERICANA**
LABORATORIO
**ENSAYO DE GRANULOMETRÍA PARA AGREGADOS GRUESOS Y
FINOS**

SUELO	TAMIZ	EQUIV. TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO INDIVIDUAL P.R.I.	PESO RETENIDO ACUMULADO P.R.A.	% PESO RETENIDO INDIVIDUAL	PESO RETENIDO ACUMULADO %PRA	PASADO %P
A. GRUESA	No. 3/4	19.05	0	0	0.00%	0.00%	100.00%
ARENA MEDIA	No. 1/2	12.7	48.56	48.56	3.27%	3.27%	96.73%
	No. 3/8	9.51	87.25	135.81	5.88%	9.15%	90.85%
	No. 4	4.76	305.62	441.43	20.59%	29.74%	70.26%
	No. 10	0.297	465.87	907.3	31.38%	61.12%	38.88%
ARENA FINA	No. 40	0.149	400	1307.3	26.95%	88.07%	11.93%
	No. 200	0.074	135.9	1443.2	9.16%	97.22%	2.78%
	FONDO		41.23	1484.43	2.78%	100.00%	0.00%
			1484.43		100%		

Ensayo de límites de Atterberg

- El paso del agua equivale al peso de la lata + suelo húmedo – el peso de la lata + suelo seco.
- El peso el suelo seco es el peso de la lata + suelo seco – el peso de la lata.
- El contenido de humedad es el peso del agua ente el peso del suelo seco.

Limite líquido

Tara N°1 3

$$\text{Peso suelo húmedo + lata} = 30 + 156.11 = 186.11\text{gr}$$

$$\text{Peso suelo seco + lata} = 20.88 + 156.11 = 176.99\text{gr}$$

$$\text{Peso del agua} = 156.11 + 30 - 156.11 - 20.88 = 9.12\text{gr}$$

$$\text{Contenido de humedad} = 9.12 / 20.88 = 0.4398 \times 100 = 43.68\%$$

Numero de golpes = 28 golpes.

Tara N°2

$$\text{Peso suelo húmedo + lata} = 29.97 + 156.98 = 186.95\text{gr}$$

$$\text{Peso suelo seco + lata} = 19.47 + 156.98 = 176.45\text{gr}$$

$$\text{Peso del agua} = 156.98 + 29.97 - 156.98 - 19.47 = 10.5\text{gr}$$

$$\text{Contenido de humedad} = 10.47 / 19.47 = 0.53 \times 100 = 53.77\%$$

Numero de golpes = 25 golpes.

Tara N°3

$$\text{Peso suelo húmedo + lata} = 30 + 151.37 = 181.37\text{gr}$$

$$\text{Peso suelo seco + lata} = 20.11 + 151.37 = 171.48\text{gr}$$

$$\text{Peso del agua} = 151.37 + 30 - 151.37 - 20.11 = 9.89\text{gr}$$

$$\text{Contenido de humedad} = 9.89 / 20.11 = 0.4917 \times 100 = 49.17\%$$

Numero de golpes = 12 golpes.

La curva de fluidez nos brinda la función:

$$Y = 0.35 (28) + 43.68 = 44.03, \text{ donde } X \text{ es el número de golpes}$$

Por lo tanto, limite liquido = 44.03%

Limite Plástico

- El peso del agua equivale al peso de la lata + suelo húmedo – el peso de la lata + suelo seco.
- El peso el suelo seco es el peso de la lata + suelo seco – el peso de la lata.
- El contenido de humedad es el peso del agua ente el peso del suelo seco.

Tara N°1

Peso suelo húmedo + lata = 20.01 + 151.32 = 171.33gr

Peso suelo seco + lata = 14.78 + 151.32= 166.1gr

Peso del agua = (20.01 + 158.86) –(14.78+ 158.85) = 5.23gr

Contenido de humedad = 5.23 / 14.78 = 0.3538 x 100 =35.38%

Tara N°2

Peso suelo húmedo + lata = 20 + 145.10 = 173.3gr

Peso suelo seco + lata = 14.24+ 145.10 = 159.34gr

Peso del agua = (20 + 145.10) – (14.24 + 145.10) = 5.76gr

Contenido de humedad = 5.76 / 14.24= 0.4421x100 = 40.44%

Limite plástico

promedio %W= (35.38+40.44) /2=37.91 \cong 38

Índice de plasticidad

IP=44.03-38=6.03%

Por lo tanto, limite plástico = 38%

Tabla6. Resumen de límite líquido.

Límite Líquido

Lata No.	30 golpes	25 golpes	12 golpes
Peso Suelo Húmedo + Lata (g)	186.11	186.98	181.37
Peso Suelo Seco + Lata (g)	176.99	172.95	171.48
Peso Lata (g)	156.11	156.98	151,37
Peso del Agua (g)	9.12	10.5	9.89
Peso Suelo Seco (g)	20.88	19.41	20.11
Contenido de Humedad (%)	43.68	53.77	49.11
No. de Golpes	28	25	12

Límite Líquido: 44.03%

Tabla7. Resumen de límite plástico.

Límite Plástico

Lata No.	Tara y	Tara toro
Peso Suelo Húmedo + Lata (g)	171.33	173.3
Peso Suelo Seco + Lata (g)	166.1	159.4
Peso Lata (g)	151.32	145.10
Peso del Agua (g)	5.23	5.76
Peso Suelo Seco (g)	14,78	13.46
Contenido de Humedad (%)	38.38	40.44

Límite plástico: 38%

Índice de plasticidad

$$IP=44.03-38=6.03\%$$

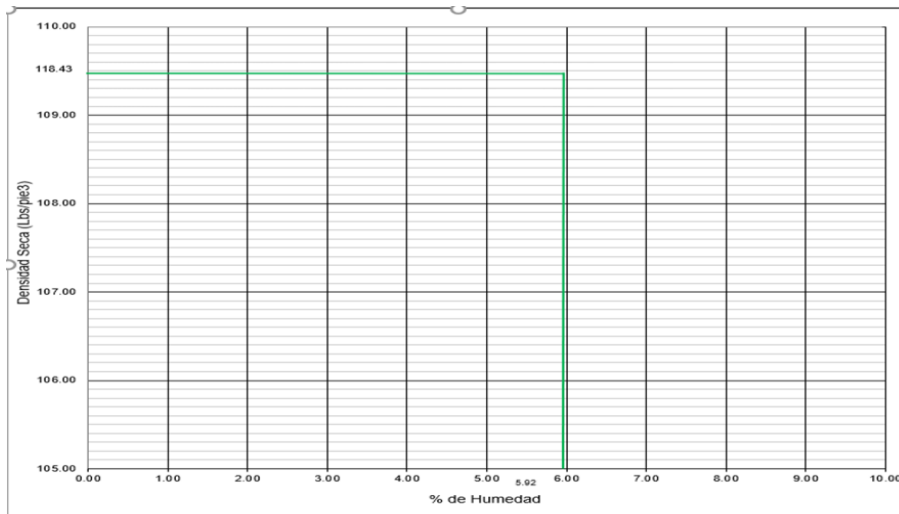
Ensayo de Proctor modificado

Tabla 8. Resumen de Proctor modificado

Método:	Modificado
No. De Capas:	5
No. De Golpes por Capa:	25
Volumen del molde (pie ³):	0.0333

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA					
Humedad de Mezcla (%)	4%	6%	8%	10%	12%
Peso Suelo Humedo + Molde (lbs), W2	7.94	8.04	8.18	8.25	8.61
Peso del Molde (lbs), W1	4.45	4.45	4.45	4.45	4.45
Peso del Suelo Humedo (lbs), W3	3.49	3.59	3.73	3.80	4.16
Densidad Humeda (lbs/p ³)	104.92	107.67	112.11	114.12	124.79
Lata #	1	2	3	4	5
Peso Lata + Suelo Humedo (gr), Wa	240.02	236.11	233.28	272.21	231.32
Peso Lata + Suelo Seco (gr), Wb	235.68	230.77	226.77	264.59	221.54
Peso de la Humedad (gr), Ww	4.34	5.34	6.51	7.62	9.78
Peso de Lata Vacía (gr), Wv	160.02	156.11	153.28	192.26	151.32
Peso del Suelo Seco (gr), Ws	75.66	74.66	73.49	72.33	70.22
Contenido de Humedad (%), %w	5.74	7.15	8.86	10.54	13.93
Densidad Seca (lbs/p ³)	99.23	100.48	102.98	103.24	109.53

Ilustración 6. Grafica de % de humedad vs Densidad seca



Densidad máxima obtenido fue de 117.53 lbs/p³ y contenido de humedad óptimo fue de 5.95 %

Volúmenes de Corte y Relleno de Material

REPORTE DE VOLUMENES

Volumen total de Corte: $116,785.87 \text{ Mts.}^3 \times 1.05\% \text{ abundamiento asumido} = 122,625.16 \text{ Mts.}^3$

Volumen total de Relleno: $19,167.45 \text{ Mts.}^3 \times 1.05\% \text{ abundamiento asumido} = 20,125.82 \text{ Mts.}^3$

Volumen neto de material Corte - Relleno: $97,618.41 \times 1.05\% \text{ abundamiento} = 102,499.33 \text{ Mts.}^3$

FACTOR DE ABUNDAMIENTO POR TIPO DE MATERIAL

	MATERIAL	FACTOR ABUNDAMIENTO
1	Tierra (material tipo I o II), tepetate, arcilla, limo.	1.30
2	Arena, grava.	1.12
3	Concreto, piedra, mamposterías, suelo (material tipo III)	1.50

Ilustración 7. Factor de abundamiento

Ensayo de CBR

SITIO	CBR %
BANCO DE MATERIAL	28.53
PDC-1	4.5
PDC-2	5.3
PDC-3	5.2

Tabla 9. Resultados de CBR

CALCULO DE ESAL:

Valores comunes de tasas de crecimiento

Caso	Tasa de Crecimiento
Crecimiento Normal	1% a 3%
Vías Completamente Saturadas	0% a 1%
Con tráfico inducido*	4% a 5%
Alto crecimiento**	mayor al 5%

solamente durante 3 a 5 años

Tabla 10. Valores comunes de tasas de crecimiento

Según la tabla 10 el valor de tasa de crecimiento: 2.50

Tipo de Carretera	Periodo de Diseño (Años)
Urbana de tránsito elevado.	30 – 50
Interurbana de tránsito elevado	20 – 50
Pavimentada de baja intensidad de tránsito	15 – 25
De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava	10 – 20

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Tabla 11. Periodos de Diseño en función del tipo de Carretera

Según la tabla el periodo de diseño: Pavimentado de baja intensidad de tráfico 20 años

Factor de Sentido: dos carriles 0.5

Número de Carriles	Factor de Carril
1	1.00
2	0.80 a 1.00
3	0.60 a 0.80
4	0.50 a 0.75

Tabla 12. Factor de Carril

Según tabla el Factor de carril: 0.90

Tipo de camino terciario: espesor asumido 9 cm





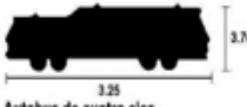


	Tipo de vehiculo	Cantidad	%
 <p>A2 Automovil</p>	Ap	40.00	65.57%
 <p>A'2 Camion ligero, hasta 3 ton</p>	Ac	5.00	8.20%
 <p>B2 Autobus de dos ejes</p>	B2	10.00	16.39%
 <p>B3 Autobus de tres ejes</p>	B3	-	0.00%
 <p>B4 Autobus de cuatro ejes</p>	B4	-	0.00%
 <p>C2 Camion de dos ejes</p>	C2	4.00	6.56%
 <p>C3 Camion de tres ejes</p>	C3	2.00	3.28%

Tabla 13. Reporte de Aforo

Tasa de crecimiento	3%	Tipo de camino	A	Periodo de diseño:	20 años											
Espesor asumido	8 in			Factor de carril:	0.90											
Pt=	10			Factor direccional:	0.50											
Tipo	Volumen	Tasa de crecimiento	Peso por eje en Toneladas			Peso por eje en Kips			LEFS	ESALs	SESALS	Factor de Camión	FC	Tráfico de diseño	ESALs de diseño	
			Simple	Tandem	Tridem	Simple	Tandem	Tridem								
Ap	40	3%	1	0	0	2.205	0	0	0.0004	0.01538	0.0154	0.0008	25.54	372,884.00	286.75	
			1	0	0	2.205	0	0	0.0004	0.01538						
Ac	5	3%	1.6	0	0	3.527	0	0	0.0015743	0.0078715	0.1312	0.0262	25.54	46,611.00	1,222.92	
			3.3	0	0	7.275	0	0	0.0246625	0.1233125						
B2	10	3%	6.5	0	0	14.33	0	0	0.3904	3.90395	37.6100	0.3904	25.54	93,221.00	36,393.01	
			11	0	0	24.251	0	0	3.3706	33.706						
B3	-	3%	6.5	0	0	14.33	0	0	0.390395	0	-	3.8390	25.54	-	-	
			0	18	0	0	39.683	0	3.44856	0						
B4	-	3%	6.5	0	0	14.33	0	0	0.3904	0	-	2.4646	25.54	-	-	
			6.5	0	0	14.33	0	0	0.3904	0						
			0	15	0	0	33.069	0	1.6838	0						
C2	4	3%	6.5	0	0	14.33	0	0	0.390395	1.56158	23.9156	5.9789	25.54	37,288.00	222,941.04	
			12.5	0	0	27.558	0	0	5.5885	22.354						
C3	2	3%	6.5	0	0	14.33	0	0	0.3904	0.78079	13.3964	6.6982	25.54	18,644.00	124,881.24	
			0	21	0	0	46.297	0	6.3078	12.61561						
TOTAL		61	Vehiculos mixtos/dia												SUBTOTAL	385,724.96
														ESALs de diseño	173,576.23	

Tabla 14. Calculo por ejes equivalentes

ESAL CALCULADO POR EJES EQUIVALENTES: 173,576.23

CÁLCULOS DE PERALTES ESTRUCTURALES SEGÚN AASHTO 93

CONFIABILIDAD:

Tabla 15. Nivel de confiabilidad recomendado (CR)

Clasificación funcional	Nivel de confiabilidad recomendado (R)					
	Urbano			Rural		
Autopista y carreteras interestatales, y otras vías	85	-	99.9	80	-	99.9
Arterias principales	80	-	99	75	-	95
Colectoras	80	-	95	75	-	95
Locales	50	-	80	50	-	80

Confiabilidad

DESVIACION ESTANDAR:

CONFIABILIDAD Y DESVIACION ESTÁNDAR

Confiabilidad (R%)	Desviacion normal estándar (ZR)
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841

Tabla 16. Desviación Estándar

INDICE DE SERVICIABILIDAD(PSI):

Valor Indice Serviabilidad (PSI)

Para el diseño es necesario seleccionar un índices de serviabilidad inicial y terminal.

El índice de Serviabilidad terminal o final de diseño deberá ser tal que culminado el periodo de vida proyectado, la vía (superficie de rodadura) ofrezca una adecuada serviabilidad

- Indice de serviabilidad inicial (pi)

4.2 pavimentos flexible

Pi 4.20

4.5 pavimentos rígidos

- Indice de serviabilidad final (pt)

2.5 ó 3.0 carretras principales

Pt 2.00

2 carreteras con clasificación menor

1.5 carreteras relativamente menores , donde las condiciones económicas determinan que gastos iniciales deben ser mantenidos bajos

$$\Delta \text{ PSI: PI-PT= } \Delta \text{ PSI}$$

$$\Delta \text{ PSI :4.20-2.00=2.20}$$

DESVIACION ESTANDAR TOTAL(So):

Criterio para la selección de la Desviacion estandar total (So)

0.30	-	0.40	Pavimentos rigidos
0.40	-	0.50	Pavimentos flexibles

So

COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE CAPA ASFALTICA:

<i>Coficiente Estructural Capa Asfáltica</i>		
<i>Estabilidad Marshall (N)</i>	<i>Estabilidad Marshall (Kg)</i>	<i>Coficiente Estructural (a1)</i>
5000	510	0.33
6000	612	0.36
7000	714	0.39
8000	816	0.41
9000	918	0.43
10000	1020	0.45

Tabla 17. Coficiente Estructural de capa asfáltica

Se utilizó 9000 como referencia de estabilidad de Marshall en concreto asfaltico

DATOS:

ESAL DE DISEÑO	173,576.23
CONFIABILIDAD	60%
DESVIACION	-0.253
SERV INICIAL (Po)	4.20
SERV FINAL (Pt)	2.00
DELTA PSI	2.20
So	0.45

DATOS DE SUELO

CBR BASE (%)	28.53
CBR SUBBASE (%)	28.53
CBR SUBRASANTE (%)	5
ESTABILIO MARSHALL (N)	9000
F'c (Mpa)	2.4

Modulo Resiliente (Psi) 7,157.0

Ilustración 8. Ingreso de los datos

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07$$

$\log_{10}(W_{18})$ = 5.239 = 5.239

NUMERO ESTRUCTURAL (ITERAR)

SN **2.184**

CAPA DE MATERIAL	Coefficiente de Capa (a)	Coefficiente de Drenaje (m)	ESPEJOR (Pulg)	Numero Estructural de Capa (SN)	ESPEJOR (cm)	Numero Estructural de Capa (SN)
Asfalto	0.43	1	4.00	1.730	7.00	3.027
Base Granular	0.09	1	6.00	0.561	10.00	0.935
Sub Base Granular	0.11	1	12.00	1.316	30.00	3.289

SN (Calculado) 3.607 7.251
 SN (Requerido) 2.184 5.548
 OK OK

Ilustración 9. Resultado de las capas estructurales

Diseño de Pavimento Flexible

Número Estructural	2.184393986	Módulo Resiliente (Psi)	7,157.01
ESAL de Diseño	173,576.23	Serviciabilidad Inicial	4.20
Confiabilidad	60%	Serviciabilidad Final	2.00
Desviación Estándar	-0.253		

Diseño de Espesores de Pavimento

CAPA DE MATERIAL	Coeficiente de Capa (a)	Coeficiente de Drenaje (m)	ESPESOR (Pulg)	Numero Estructural de Capa (SN)	ESPESOR (cm)	Numero Estructural de Capa (SN)
Asfalto	0.43	1	4	1.73	7	3.027
Base Granular	0.09	1	6	0.561	10	0.935
Sub Base Granular	0.11	1	12	1.316	30	3.289
				3.607		7.251

VI. CONCLUSIONES

- 1) Las características geométricas de la carretera existente indican que fue realizada mediante métodos rústicos. Esta ha sido mejorada, compactada y conformada con el paso de los años. Cuenta con pendientes que sobrepasan el 12% permisible según SOPTRAVI iniciando en la estación 2+040 hasta la estación 2+190 y desde la estación 2+600 hasta 2+740 en su alineamiento existente. Caracterizada por ser un terreno montañoso con pendientes acorde a la topografía del terreno original. Se determina que el diseño geométrico de la carretera obedecerá al alineamiento original, a una velocidad de diseño de 20 km/h y pendientes máximas del 14% siendo superadas en los anteriores tramos en un grado mínimo. Tomado del libro de Diseño de Carreteras de John Jairo Agudelo.
- 2) Luego de realizar los ensayos correspondientes se determinó que la clasificación del suelo in situ y las características del suelo existente son de un suelo de grado fino limo arcilloso de baja plasticidad (CL) según tabla SUCS. Se concluye que el material no es apto para la sub estructura por si solo y debe ser mejorado a través de métodos de estabilización de suelo.
- 3) Se respetó el diseño original de la carretera con un diseño de una velocidad de 20 km7hr. Los peraltes estructurales de la carretera son los siguientes determinados por los ensayos de laboratorio CBR y PDC in situ:
Sub base granular: 0.30 mts.
Base granular: 0.10 mts.
Carpeta asfáltica: 0.07 mts.
- 4) El valor total presupuestado para el proyecto de pavimento flexible de 3.105 kilómetros de la carretera principal del municipio San Francisco de Ojuera, Santa Bárbara es de Lps. 25,652,093.79. El valor por kilómetro es de 8,261,543.64.

VII. RECOMENDACIONES

- 1) Siguiendo las solicitudes por parte de la asesoría recibida se opta por incrementar una sección de pendientes al orden de un 14.5% en promedio en una longitud de 300 metros así realizando la menor cantidad de trabajo de corte y relleno de material para lograr el objetivo del diseño. Se recomienda realizar la instalación de Barreras tipo New Jersey en la parte exterior en los cambios de dirección horizontales entre las estaciones estación 2+040 hasta la estación 2+190 y desde la estación 2+600 hasta 2+740 debido a la topografía circundante a la carretera, aun siendo la velocidad de diseño de la misma de 20 Km/h será primordial y por seguridad cubrir todos los puntos de riesgo de este tramo carretero. Además de realizar la instalación de señalización vial acorde a normativas de SOPTRAVI en conjunto con demarcación y ampliación transversal de cajas puente a lo largo de la ruta.
- 2) Con la clasificación de suelos mencionada anteriormente se recomienda realizar ensayos de pruebas de compactación en sitio para el diseño estructural de la carretera, además de conformar la carretera actual debidamente y realizar el bombeo de 2.00% para el eje del tramo carretero.

BIBLIOGRAFÍA

- ANALISIS DE TAMAÑO DE PARTÍCULAS POR TAMIZADO EN AGREGADO FINO Y GRUESO Y DETERMINACIÓN DE MATERIAL MÁS FINO QUE EL TAMIZ No. 200 (75 μ m) EN AGREGADO MINERAL POR LAVADO. (s. f.). El salvador. Recuperado a partir de <http://www.uca.edu.sv/mecanica-estructural/materias/materialesCostruccion/guiasLab/ensayoAgregados/GRANULOMETRIA.pdf>
- Carreteras en Honduras. (2018). Recuperado a partir de <http://www.xplorhonduras.com/carreteras-de-honduras/>
- Compactación de Suelo. (s. f.). Recuperado a partir de http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/03_clases_catedra/clases_catedra_ms2/ms2/compactacion_suelos.pdf
- Coronado Iturbide, J. (2001). Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos (p. 10). Guatemala. Recuperado a partir de <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-pavimentos.pdf>
- Coto Snachez, J. D. (2016, noviembre). Comparación de las estructuras de pavimento rígido y flexible por medio de un análisis de ciclo de vida, enfocado a carreteras de tránsito pesado. en Costa Rica. Costa Rica. Recuperado a partir de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6792/comparacion-estructuras-pavimentorigidoy-flexible-enfocado-carreteras-de-transito-pesado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Crespo Villalaz, C. (2005). Vías de comunicación. Mexico.

- Dominguez, V. (2017). Plan estrategico vial corredor logistico, 1.
- ESTUDIO Y DISEÑO DE LA CALLE 8, EN LA CEIBA, DEPARTAMENTO DE ATLANTIDA. (2006, agosto), 1.
- Garrido Salazar, R. (s. f.). Normativa Vigente del IRI, tipos de Singularidades, Instrumentos, Precisiones y Cálculos de Multas. 2006. Recuperado a partir de <http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/laboratorionacional/MaterialCursos/Normativa%20vigente%20IRITipos%20SingularidadesInstrumentosPrecisiones%20y%20Multas%20de%20IRI.pdf>
- Giordani, C., & Leone, D. (s. f.). Pavimentos. Recuperado a partir de https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/1_anio/civil1/files/IC%20I-Pavimentos.pdf
- Guevara Malpartida, C. E. (2001). INFLUENCIA DE LA PRESIÓN DE INFLADO DE LOS NEUMÁTICOS EN LA VIDA UTIL DE LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS. Lima-Peru. Recuperado a partir de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1687/1/guevara_mc.pdf
- Manual de carretera (Tomo 4). (1996). Honduras. Recuperado a partir de file:///C:/Users/unicomer/Documents/tomo4_Disenio_de_pav_y_mantenimiento_de_caminos.pdf
- MBA LOZANO, E., & TABARE GONZALES, R. (2005, noviembre). Diagnóstico de via existente y diseño del pavimento flexible de la via nueva mediante parametros obtenidos del estudio en FASE 1. Colombia. Recuperado a partir de <http://www.bdigital.unal.edu.co/743/1/ricardotabaresgonzales.2005.pdf>
- Ministerio Del Agua Viceministerios De Servicios Básicos, M. D. A. V. D. S. B. (2007). Diseño De Sistemas De Alcantarillado Sanitario Y Pluvial.
- Padilla Rodriguez, A. (s. f.). Mexclas Asfalticas. Recuperado a partir de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3334/34065-14.pdf?sequence=14>

- Patillo B., P. (2002). Diseño estructural de pavimento flexible, 1.
- PLANIFICACIÓN Y REALIZACIÓN DE UN LEVANTAMIENTO DE SUELOS. (s. f.) (p. 1). Recuperado a partir de http://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s02.htm
- Remolina Bonilla, M. A. (2011). Diseño por el metodo MARSHALL de mezclas asfalticas. Bolivia. Recuperado a partir de file:///C:/Users/unicomer/Downloads/digital_21078.pdf
- Rico Rodríguez, A., Téllez Gutiérrez, R., & Garnica Anguas, P. (s. f.). PAVIMENTOS FLEXIBLES. PROBLEMÁTICA, METODOLOGÍAS DE DISEÑO Y TENDENCIAS (p. 1). Mexico. Recuperado a partir de <http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt104.pdf>
- San Francisco de Ojuera. (2018), 1.
- Tecno Carreteras. (2014). Recuperado a partir de <https://www.tecnocarreteras.es/2014/06/07/conociendo-un-poco-mas-acerca-de-los-peraltes-de-las-curvas/>
- Zapata ingenieros. (s. f.), 1.

ANEXOS

ANEXO 1. NORMA ASTM C 136

Análisis Granulométrico De Los Agregados

1. Objeto

1.1 Determinar, cuantitativamente, los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos de un material, por medio de tamices de abertura cuadrada.

1.2 Se determina la distribución de los tamaños de las partículas de una muestra seca del agregado, por separación a través de tamices dispuestos sucesivamente de mayor a menor abertura.

1.3 La determinación exacta de materiales que pasan el tamiz de 75 μm (No. 200) no puede lograrse mediante este ensayo. El método de ensayo que se debe emplear será: "Determinación de la cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 μm (No. 200)", norma MTC E202.

2. APARATOS

2.1 Balanza, con sensibilidad de por lo menos 0.1% del peso de la muestra que va a ser ensayada.

2.2 Tamices. Tamices seleccionados de acuerdo con las especificaciones del material que va a ser ensayado.

2.3 Estufa de tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230^{\circ} \pm 9^{\circ}\text{F}$).

3. MUESTRA

3.1 Las muestras para el ensayo se obtendrán por medio de cuarteo, manual o mecánico. El agregado debe estar completamente mezclado y tener la suficiente humedad para evitar la segregación y la pérdida de finos. La muestra para el ensayo debe tener la masa seca aproximada y consistir en una fracción completa de la operación de cuarteo. No está permitido seleccionar la muestra a un peso exacto determinado.

3.2 Agregado fino. Las muestras de agregado fino para el análisis granulométrico, después de secadas, deberán tener mínimo 300gr.

3.3 Agregado grueso. Las muestras de agregado grueso para el análisis granulométrico.

3.4 Para mezclas de agregados gruesos y finos, la muestra será separada en dos tamaños, por el tamiz de 4.75 mm (No. 4) y preparada de acuerdo con los numerales 3.2 y 3.3, respectivamente.

3.5 La cantidad de material que pasa el tamiz de 75 mm (No. 200), se puede determinar por el método de ensayo MTC E202. (Determinación de la cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 μ mm (No. 200)).

4. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

4.1 Séquese la muestra a una temperatura de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230^{\circ} \pm 9^{\circ}\text{F}$), hasta obtener peso constante.

También las muestras pueden secarse con las más altas temperaturas asociadas con el uso de planchas de calentamiento, sin que se afecten los resultados, pues se permiten escapes de vapores que no generan presiones suficientes para fracturar las partículas, ni temperaturas tan altas que causen rompimiento químico de los agregados.

5. PROCEDIMIENTO

5.1 Selecciónese un grupo de tamices de tamaños adecuados para cumplir con las especificaciones del material que se va a ensayar. Colóquense los tamices en orden decreciente, por tamaño de abertura. Efectúese la operación de tamizado a mano o por medio de un tamizador mecánico, durante un período adecuado.

5.2 Límitese la cantidad de material en un tamiz dado, de tal forma que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar las aberturas del tamiz varias veces durante la operación del tamizado.

El peso retenido en tamices menores al de 4.75 mm (No. 4) cuando se complete la operación de tamizado, no debe ser mayor de 7 kg/m² de superficie tamizada.

Para tamices de 4.75 mm (No. 4) y mayores, el peso en kg/m² por superficie de tamizado no excederá el producto de 2.5 x abertura del tamiz (mm).

En ningún caso, el peso debe ser tan grande que cause deformación permanente en la malla del tamiz.

5.3 Continúese el tamizado por un período suficiente, de tal forma que después de terminado, no pase más del 1% de la cantidad en peso retenida en cada tamiz, durante un (1) minuto de tamizado continuo a mano, realizado de la siguiente manera: tómese individualmente cada tamiz, con su tapa y un fondo que ajuste sin holgura, con la mano en una posición ligeramente inclinada. Se golpea secamente el lado del tamiz, con un movimiento hacia arriba contra la palma de la otra mano, a razón de 150 veces por minuto, girando el tamiz aproximadamente 1/6 de vuelta en cada intervalo de 25 golpes. Se considerará satisfactorio el tamizado para tamaños mayores al tamiz de 4.75 mm (No. 4), cuando el total de las partículas del material sobre la malla forme una sola capa. Si el tamaño de los tamices hace impracticable el movimiento de tamizado recomendado, utilícense tamices de 203 mm (8") de diámetro para comprobar la eficiencia del tamizado.

5.4 En el caso de mezclas de agregados gruesos y finos, la porción de muestra más fina que el tamiz de 4.75 mm (No. 4) puede distribuirse entre dos o más grupos de tamices para prevenir sobrecarga de los tamices individuales.

5.5 Para partículas mayores de 75 mm (3"), el tamizado debe realizarse a mano, determinando la abertura del tamiz más pequeño por el que pasa la partícula.

Comiencese el ensayo con el tamiz más pequeño que va a ser usado. Rótense las partículas si es necesario, con el fin de determinar si ellas pasarán a través de dicho tamiz; sin embargo, no deberán forzarse las partículas para que pasen a través de éste. Cuando sea necesario determinar la cantidad de material que pasa el tamiz de 75 mm (No. 200), se ensayará primero la muestra de acuerdo con la norma citada. Se añade el porcentaje de material más fino que el tamiz de 75 mm (No. 200) determinado por el mencionado método, al porcentaje tamizado sobre este mismo tamiz, determinado en el resto de la muestra, cuando se ensaye en seco mediante el presente método.

5.6 Determínese el peso de la muestra retenido en cada tamiz, con una balanza que cumpla lo exigido en el numeral 2.1.

El peso total del material después del tamizado debe ser comparado con el peso original de la muestra que se ensayó. Si la cantidad difiere en más del 0.3%, basado en el peso de la muestra original seca, el resultado no debe ser aceptado.

6. CÁLCULOS

6.1 Calcúlese el porcentaje que pasa, el porcentaje total retenido, o el porcentaje de las fracciones de varios tamaños, con una aproximación de 0.1%, con base en el peso total de la muestra inicial seca.

6.2 Si la muestra fue primero ensayada por el método MTC E202, inclúyase el peso del material más fino que el tamiz de 75 mm (No. 200) por lavado en los cálculos de tamizado, y úsese el total del peso de la muestra seca previamente lavada en el método mencionado, como base para calcular todos los porcentajes.

6.3 Cuando sea requerido, calcular el módulo de finura como la suma de los porcentajes retenidos, acumulados para cada una de las siguientes mallas, dividiendo la suma por 100:150 µm (N.º 100),

300 μm (N.º 50), 600 μm (N.º 30), 1,18 mm (N.º 16), 2,36 mm (N.º 8), 4,75 mm (N.º 4), 9,5 mm (3/8"), 19,0 mm (3/4"), 37,5 mm (1 1/2"), y mayores, incrementando en la relación de 2 a 1.

ANEXO 2 ASTM D4318-5

1 Ámbito de aplicación *

1.1 Estos métodos de ensayo son para la determinación del límite líquido, límite plástico, y el índice de plasticidad de los suelos tal como se define en la Sección 3 de la Terminología.

1.2 Dos métodos para la preparación de muestras de ensayo se proporcionan los siguientes: método preparación en húmedo, como se describe en 10.1. método de preparación en seco, como se describe en 10.2. El método que se utilice deberá ser especificado por la autoridad requirente. Si no se especifica ningún método, utilice el método de preparación húmeda.

1.2.1 Los límites líquido y plástico de muchos suelos que han permitido que se seque antes de la prueba pueden ser considerablemente distintos de los valores obtenidos en las muestras no sean secas. Si el límite líquido y plástico de los suelos se utilizan para correlacionar o estimar el comportamiento en la ingeniería de suelos en su estado húmedo natural, la muestra no se debe permitir que se seque antes de la prueba a menos que los datos sobre las muestras secas son especialmente deseados.

1.3 Dos métodos para la determinación del límite líquido se proporcionan de la siguiente manera: Método A, prueba multipunto como se describe en las secciones 11 y 12. Método B, prueba de un punto como se describe en las secciones 13 y 14. El método que se utilizará será el especificado por la autoridad requirente. Si no hay ningún método específico, utilice el método A.

1.3.1 El método de múltiples puntos para límite líquido es generalmente más exacto que el método de un punto. Se recomienda que el método multipunto se utiliza en los casos en que los resultados del examen pueden ser objeto de controversia, o cuando se requiere mayor precisión.

1.3.2 Dado que el método de un punto requiere que el operador de juzgar si la muestra de ensayo es de aproximadamente en el límite líquido, no es especialmente recomendado para su uso por los operadores sin experiencia.

1.3.3 La correlación en la que los cálculos del método de un punto se basan no puede ser válida para ciertos suelos, tales como suelos orgánicos o suelos de un medio ambiente marino. Se recomienda encarecidamente que el límite líquido de estos suelos se determinó por el método de múltiples puntos.

1.4 La prueba de límite plástico se realiza en el material preparado para la prueba de límite líquido.

1.5 El límite líquido y límite plástico de los suelos (junto con el límite de contracción) se suelen denominar como de los límites de Atterberg. Estos límites se distinguen los límites de los estados de la coherencia de varios de los suelos de plástico.

1.6 La composición y concentración de sales solubles en el suelo afectan a los valores de los límites líquido y plástico, así como los valores de contenido de agua de los suelos (véase el método D 221 6). Especial consideración por lo tanto se debe dar a los suelos de un medio marino o de otras fuentes donde las altas de sales solubles concentraciones pueden estar presentes. El grado en que las sales presentes en estos suelos se diluyen o concentrada debe ser estudiado con detenimiento.

1.7 Los métodos descritos en este documento se realizan sólo en la parte de un suelo que pase por el de 425 micras (núm. 40) tamiz. Por lo tanto, la contribución relativa de esta parte de la tierra a las propiedades de la muestra en su conjunto debe ser considerado cuando se utilizan estas pruebas para evaluar las propiedades de un suelo.

1.8 Los valores indicados en unidades métricas aceptables deben ser considerados como el estándar, con las siguientes excepciones. Los valores entre paréntesis son sólo a título informativo.

1.8.1 Las unidades estándar para el probador de resistencia de cubiertas en el anexo A1 es pulgada-libra, no métricas. Los valores de métricas dadas son a título informativo.

1.9 Esta norma no pretende dirigir todas las inquietudes sobre seguridad, si las hay, asociadas con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer la seguridad apropiada y prácticas de salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.

ANEXO 3 AASHTO 93

En la metodología AASHTO-93 [1] para diseño de estructuras de pavimento flexible, se presenta un modelo o ecuación a través de la cual se obtiene el parámetro llamado número estructural (SN) cuyo valor además de ser un indicativo del espesor total requerido del pavimento [2], es función del tránsito y la confiabilidad entre otros. Para la determinación de este parámetro se utiliza normalmente un ábaco en el cual se ingresa con el valor de la confiabilidad y conociendo los valores de los demás parámetros como son el tránsito, la desviación estándar, la confiabilidad y el índice de serviciabilidad, se obtiene el SN el cual es un valor fundamental para la determinación de los espesores finales de las diferentes capas que conforman la estructura de pavimento. Para la obtención del SN, generalmente se usan ábacos en los cuales las escalas no corresponden debido a que han sido reproducidos o fotocopiados muchas veces a tamaños de acuerdo a la necesidad de cada usuario, lo que conlleva a la obtención de valores con desviaciones importantes. De igual manera se hace tedioso realizar los cálculos propios del método por lo que surge la necesidad de emplear algún tipo de herramienta computacional para agilizar dichos cálculos y obtener una mayor precisión y agilidad. El presente artículo expone un caso de diseño de una estructura de pavimento a través de la utilización de la herramienta computacional DISAASHTO-93 la cual fue desarrollada en su totalidad por el autor del presente artículo, la cual brinda la posibilidad de obtener los números estructurales de la estructura de pavimento de una manera rápida y sin la utilización de ábacos así como la obtención de los espesores de las capas que conforman la estructura como son la capa asfáltica, la capa de base granular y la capa de subbase granular.

VARIABLES DE DISEÑO QUE INTERVIENEN EN EL MODELO AASHTO-93 La metodología AASHTO-93 para diseño de pavimentos asfálticos emplea un modelo o ecuación a través de la cual se obtiene el parámetro denominado número estructural (SN) el cual es fundamental para la determinación de los espesores de las capas que conforman el pavimento las cuales son la capa asfáltica, la capa de base y la capa de subbase. Como se dijo anteriormente, esta ecuación está en función de unas variables de diseño tales como el tránsito, la desviación estándar, la confiabilidad y el índice de serviciabilidad entre otros.

ANEXO 4 DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS Ajustado al Manual Colombiano Basado en AASHTO 93

Tabla 18. Pendientes permisibles:

TIPO DE CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO Vd (Km/h)									
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Carretera principal de dos calzadas	Plano							4	3	3	3
	Ondulado						5	5	4	4	4
	Montañoso						6	6	5	5	5
	Escarpado						7	6	6	6	
Carretera principal de una calzada	Plano					5	4	4	3		
	Ondulado				6	6	5	5	4		
	Montañoso				8	7	7	6			
	Escarpado				8	8	7				
Carretera secundaria	Plano			7	7	7	6				
	Ondulado		11	10	10	9	8				
	Montañoso		15	14	13	12					
	Escarpado	15	14	13	12						
Carretera Terciaria	Plano		7	7	7						
	Ondulado	11	11	10	10						
	Montañoso	14	13	13							
	Escarpado	16	15	14							

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Vías del I.N.V.

Tabla 19. Anchos de Calzadas:

TIPO DE CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO Vd (Km/h)									
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Carretera principal de dos calzadas	Plano							7.30	7.30	7.30	7.30
	Ondulado						7.30	7.30	7.30	7.30	7.30
	Montañoso						7.30	7.30	7.30	7.30	7.30
	Escarpado						7.30	7.30	7.30	7.30	
Carretera principal de una calzada	Plano					7.30	7.30	7.30	7.30		
	Ondulado				7.30	7.30	7.30	7.30	7.30		
	Montañoso				7.30	7.30	7.30	7.30			
	Escarpado				7.00	7.00	7.00				
Carretera secundaria	Plano			7.00	7.30	7.30	7.30				
	Ondulado		7.00	7.00	7.30	7.30	7.30				
	Montañoso		6.60	7.00	7.00	7.00					
	Escarpado	6.00	6.00	6.60	7.00						
Carretera Terciaria	Plano		5.00	6.00	6.60						
	Ondulado	5.00	5.00	6.00	6.60						
	Montañoso	5.00	5.00	6.00							
	Escarpado	5.00	5.00	6.00							

Tomado del Manual de Diseño Geométrico de Vías del I.N.V.

Tabla 20. Velocidades de diseño:

TIPO DE CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO Vd (Km/h)									
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Carretera principal de dos calzadas	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Carretera principal de una calzada	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Carretera secundaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Carretera Terciaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										

Tomado del Manual de Diseño Geométrico de Vías del I.N.V.

Tabla 21. Tipos de Terreno:

TERRENO	INCLINACION MAXIMA MEDIA DE LAS LINEAS DE MAXIMA PENDIENTE (%)	MOVIMIENTO DE TIERRAS
Plano (P)	0 a 5	Mínimo movimiento de tierras por lo que no presenta dificultad ni en el trazado ni en la explanación de una carretera.
Ondulado (O)	5 a 25	Moderado movimiento de tierras, que permite alineamientos rectos, sin mayores dificultades en el trazado y explanación de una carretera.
Montañoso (M)	25 a 75	Las pendientes longitudinales y transversales son fuertes aunque no las máximas que se pueden presentar en una dirección considerada; hay dificultades en el trazado y explanación de una carretera.
Escarpado (E)	>75	Máximo movimiento de tierras, con muchas dificultades para el trazado y la explanación, pues los alineamientos están prácticamente definidos por divisorias de aguas en el recorrido de una vía.

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Vías del I.N.V.

ANEXO 5 DE LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

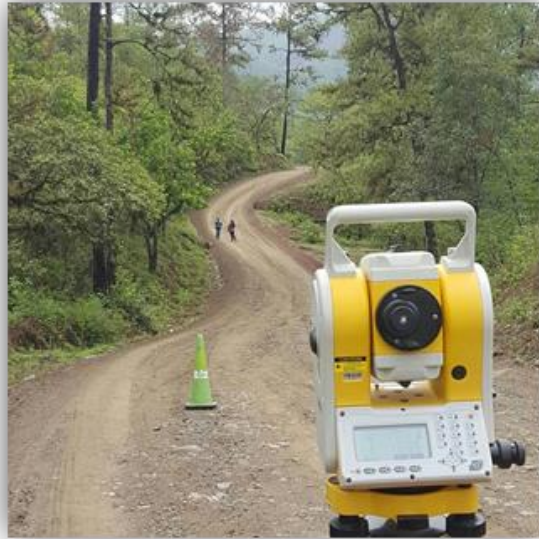


Ilustración 10. Vista panorámica del tramo carretero



Ilustración 11. Levantamiento topográfico



Ilustración 12. Levantamiento topográfico

ANEXO 6 DE ENSAYOS DE LABORATORIO



Ilustración 13. Juego de tamices



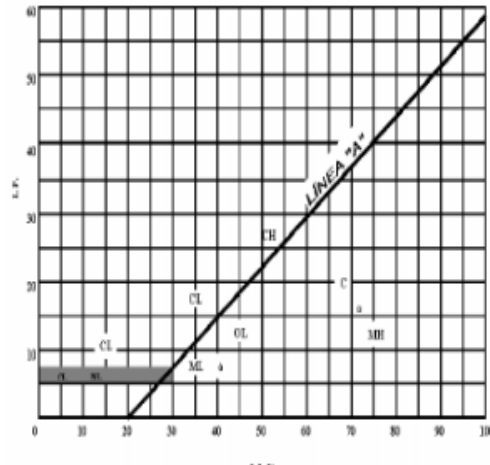
Ilustración 14. Ensayo granulometrico

ANEXO 7 CLASIFICACIÓN DE SUELO

Tabla 22. Clasificación de suelos (S.U.C.S.):

DIVISIÓN MAYOR		SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO	
SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 ⊕	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4 PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE 1/2 em. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	GRAVAS LIMPIA Poco o nada de partículas finas	GW Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD C_u : mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA C_c : entre 1 y 3. $C_u = D_{60} / D_{10}$ $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$	
			GP Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos		NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW.
		GRAVA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	* d u	GM Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo	LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4. LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.
				GC Gravas arcillosas, mezclas de gravas, arena y arcilla	
		ARENA LIMPIA Poco o nada de partículas finas	SW Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.	$C_u = D_{60} / D_{10}$ mayor de 6 ; $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ entre 1 y 3. No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW	
			SP Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos.		
	ARENA CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	* d u	SM Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4. LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.	
			SC Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.		Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.
	SUELOS DE PARTICULAS FINAS Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 ⊕	LIMOS Y ARCILLAS Limite Líquido menor de 50	ML Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.	G – Grava, S – Arena, O – Suelo Orgánico, P – Turba, M – Limo C – Arcilla, W – Bien Graduado, P – Mal Graduado, L – Baja Compresibilidad, H – Alta Compresibilidad CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S.) 	
			CL Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.		
		OL Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.			
		LIMOS Y ARCILLAS Limite Líquido Mayor de 50	MH Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos.		
CH Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.					
OH Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.					
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS		P Turbas y otros suelos altamente orgánicos.			

DETERMINENSE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA, DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE DE FINOS (fracción que pasa por la malla No. 200) LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO SIGUIE: Menos de 5% GW, GP, SW, SP, más de 12%: GM, GC, SM, SC. Entre 5% y 12%: Casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles **



ANEXO 8 DISEÑO DE CAPAS

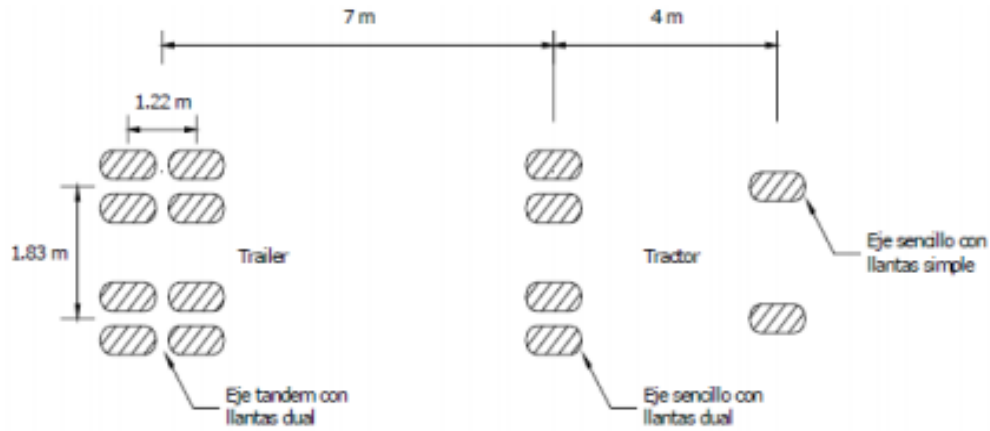


Ilustración. Límite de peso por ejes

Tabla 23. Configuración de los ejes y las ruedas

TIPO DE EJE	PESO MAXIMO POR EJE Kg	CONFIGURACION
EJE SENCILLO		
Dos Llantas	6000	
Cuatro llantas	11000	
EJE TANDEM		
Cuatro llantas	11000	
Seis llantas	17000	
Ocho llantas	22000	



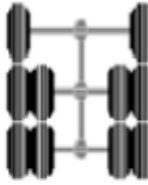

TIPO DE EJE	PESO MAXIMO POR EJE Kg	CONFIGURACION
EJE TRIDEM		
6 llantas	16500	
8 llantas	19000	
10 llantas	21500	
12 llantas	24000	

Tabla 24. Configuración de los ejes y las ruedas


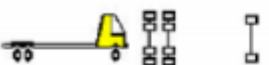





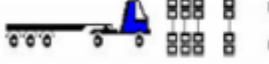



SIMBOLO	DIAGRAMA	LONGITUD TOTAL (MTS)	CARGA POR EJE (TN)				PESO BRUTO MAXIMO	
			EJE DLANTERO	CARGA POR EJE O CJTO POSTERIOR				
				1°eje	2°eje	3°eje		4°eje
C2		12.30	7	11			18	
C3		13.20	7	18			25	
C4		13.20	7	26			32	
8x4		13.20	7+7	18			32	
T2S1 O 2S1		20.50	7	11	11		29	
T2S2 O 2S2		20.50	7	11	18		36	
T2Se2		20.50	7	11	11	11	40	
T2S3 O 2S3		20.50	7	11	25		43	
T2Se3		20.50	7	11	11	18	47	
T3S1 O 3S1		20.50	7	18	11		36	
T3S2 O 3S2		20.50	7	18	18		43	

Tabla 25. Dimensiones y carga

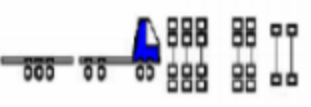



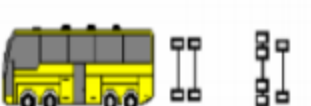

SIMBOL	DIAGRAMA	LONGITUD TOTAL (MTS)	CARGA POR EJE (TN)				PESO BRUTO MAXIMO	
			EJE DELANTERO	CARGA POR EJE O C/TO POSTERIOR				
				1º eje	2º eje	3º eje		4º eje
B4RE3		20.50	7+7	18	25		48	
T2S2 S3			7	11	18	11	18	48+
B2		13.20	7	11			18	
B3-1		14.00	7	16			23	
B4-1		15.00	7+7	16			30	
BA-1		18.30	7	11	7		25	

Tabla 26. Dimensiones y carga