



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO
FLEXIBLE DE LAS CALLES COMPRENDIDAS
DENTRO DEL PERÍMETRO DE LA CA. VRHT, CA. LA
PAZ, CA. PACHACUTEC Y AV. GRAN CHIMU DEL
DISTRITO DE LA VICTORIA – CHICLAYO –
LAMBAYEQUE”**

AUTOR

Zuñiga Chepe, Oscar Eduardo

ASESORA:

Mg. Serrepe Ranno Miriam Marcela

LINEA DE INVESTIGACIÓN

Ingeniería de Procesos

Ingeniería Vial y de Transportes

Pimentel – Perú

2018

TESIS

“DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE DE LAS CALLES COMPRENDIDAS DENTRO DEL PERÍMETRO DE LA CA. VRHT, CA. LA PAZ, CA. PACHACUTEC Y AV. GRAN CHIMU DEL DISTRITO DE LA VICTORIA – CHICLAYO – LAMBAYEQUE”

Aprobado por:

Dr. Coronado Zuloeta Omar
Presidente de jurado

Ing. Ruiz Saavedra Nepton
Secretario de jurado

MSc. Ballena del Rio Pedro Manuel
Vocal de jurado

DEDICATORIA

A Dios

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

A mis Padres y Hermanos

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.

Oscar Eduardo

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por haberme permitido llegar a mi primera meta, dándome fuerzas ante cada caída y tropiezo de mi vida, permitiéndome obtener con éxito cada una de mis propuestas.

Agradecer a mis padres y hermanos porque son los pilares para motivarme a seguir adelante y cumplir mis objetivos.

Agradecer a todos mis maestros ya que ellos me enseñaron a valorar los estudios y a superarme cada día.

El autor

ÍNDICE

PÁGINA DE JURADO	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN.....	xi
I. INTRODUCCIÓN	
1.1. Situación Problemática	14
1.2. Formulación del Problema	14
1.3. Objetivos	14
1.4. Justificación	14
1.5. Antecedentes	14
1.6. Marco Teórico	22
II. MATERIAL Y MÉTODO	
2.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	52
2.2. Método de Investigación	52
2.3. Población y Muestra.....	52
2.4. Variables	53
2.5. Operacionalización.....	53
2.6. Hipòtesis.....	58
2.7. Técnica de Recolección de Datos.....	58

2.8. Instrumentos de Recolección de Datos	53
III. RESULTADOS	
3.1. Resultados de los estudios realizados.....	63
IV. DISCUSIÓN	
4.1. Discusión de Resultados.....	78
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	
5.1. Conclusiones	81
5.2. Recomendaciones.....	82
REFERENCIAS.....	83
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Planta General del Proyecto.....	16
Figura 2 Estructura de Pavimento Flexible	22
Figura 3 Pavimento Rigido	25
Figura 4 Nomograma para calcular el SN.....	37
Figura 5 Pavimento Inteligente	44
Figura 6 Estructura de la fibra optica con dos sensores	46
Figura 7 Plano General Topografico.....	62
Figura 8 Porcentaje de humedad	66
Figura 9 Indice Plastico	67
Figura 10 Procedimiento para determinar los espesores por capa usando una aproximacion de Analisis.....	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Valores de confiabilidad</i>	32
Tabla 2: <i>Desviación Estándar</i>	33
Tabla 3: <i>Serviciabilidad</i>	34
Tabla 4: <i>Tiempos de drenaje</i>	35
Tabla 5: <i>Valores de m_i recomendada para los coeficientes de capa modificados de materiales de base y subbase no tratada en pavimentos flexibles</i>	36
Tabla 6: <i>Tamices</i>	38
Tabla 7: <i>Operacionalización de la variable dependiente</i>	54
Tabla 8: <i>Operacionalización de variable independiente</i>	55
Tabla 9: <i>Resumen de utilización de Normas Conteo Vehicular</i>	59
Tabla 10: <i>Resumen de los resultados de cada ensayo por estrato</i>	64
Tabla 11: <i>Sales solubles totales</i>	64
Tabla 12: <i>Resumen de resultados del Ensayo de Proctor Modificado</i>	68
Tabla 13: <i>Resultado del tráfico futuro estimado</i>	70
Tabla 14: <i>Diseño del pavimento</i>	69
Tabla 15: <i>Resumen de presupuesto</i>	75

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Módulo de Resiliencia.....	32
Ecuación 2: Ecuación del número estructural.....	35
Ecuación 3: Contenido de humedad	39
Ecuación 4: %Contenido de humedad	39
Ecuación 5: Índice plástico	41
Ecuación 6: Proctor modificado	41
Ecuación 7: % de Expansión	42

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A: Informe Topográfico.
- Anexo B: Informe de Estudio de Trafico.
- Anexo C: Informe de Mecánica de Suelos.
- Anexo D: Costos de la Ejecución de la Obra.
- Anexo E: Planos.
- Anexo F: Cronograma Valorizado de Obra.
- Anexo G: Costos Unitarios.
- Anexo H: Análisis de Riesgos.
- Anexo I: Estudio de Impacto Ambiental.
- Anexo J: Relación de Insumos.
- Anexo K: Gastos Generales.
- Anexo L: Formula Polinomial.

RESUMEN

La inexistencia de pavimentación en las zonas urbanas conlleva a una mala transitabilidad tanto vehicular como peatonal, generando mal estar en todos los usuarios y vecinos de la zona afectada, esto perjudicando el confort y salud de las personas.

El diseño del pavimento escogido debe ser el mejor desde el punto de vista económico y social, sin afectar demasiado al medio ambiente, con las correctas formas de mitigación ambiental.

El presente estudio se enfocó en realizar un estudio topográfico, de tráfico, de suelos (ensayos de campo y laboratorio) y el diseño estructural del pavimento flexible.

El tipo de investigación fue cuantitativo – cuasi experimental, se realizaron 14 exploraciones a cielo abierto a lo largo de la vía, además de utilizar guías de observación.

Se determinó un área de estudio de 278336.040 m², con un perímetro de 2115.823 m e IMDA de 400 veh/día. A partir de estos resultados, se propone la construcción de una estructura del pavimento.

El Plazo de Ejecución de la obra es de 10 meses y el monto para la ejecución es de S/. 11'198, 455.72.

Palabras clave: Pavimentación, estudio, guías de observación.

ABSTRACT

The lack of paving in urban areas leads to poor vehicular and pedestrian traffic, generating badly in all users and residents of the affected area, this harming the comfort and health of people.

The design of the chosen pavement should be the best from the economic and social point of view, without affecting too much to the environment, with the correct forms of environmental mitigation.

The present study focused on conducting a topographic, traffic, soil (field and laboratory tests) and structural design of flexible pavement.

The type of research was quantitative - quasi-experimental, 14 open-air explorations were carried out along the track, in addition to using observation guides.

A study area of 278336,040 m² was determined, with a perimeter of 2115,823 ml and IMDA of 400 veh / day. Based on these results, the construction of a pavement structure is proposed.

The execution period of the work is 10 months and the amount for execution is S /. 11'198, 455.72.

Keywords: Paving, study, observation guides.

I

INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Situación Problemática

1.1.1. A nivel Internacional

El concepto de pavimento perpetuo se refiere a aquel pavimento cuyas características estructurales permiten una vida útil mayor a 50 años con el mínimo de mantenimiento en su superficie de rodamiento y ningún mantenimiento en las capas inferiores. Se plantea el diseño de una estructura de pavimento perpetuo como medida de reconstrucción de una ruta nacional de Costa Rica. Mediante información obtenida por deflectometría de impacto se calcula el Módulo resiliente de la subrasante y se seleccionan tramos homogéneos. En este caso (como lo indica el concepto de pavimentos perpetuos) se aplica para estructuras de pavimento flexible: capa asfáltica sobre material granular; y estructuras de pavimento semirígido: capa asfáltica sobre capa estabilizada y material granular. La metodología de diseño aplicada es en un primer caso determinar los espesores iniciales con ayuda de la Guía de Diseño AASHTO 93, luego por medio de una revisión mecanística – empírica se calibran los espesores para resistir tanto por fatiga, como por deformación plástica en las diferentes capas. Se aplican modelos de evaluación del desempeño (ecuaciones de fatiga) desarrolladas por el instituto del asfalto y modelos desarrollados en África del sur. (Diseño de una estructura de pavimento perpetuo). (Leiva, 2015).

El diario internacional El Mundo (2013), da a conocer estadísticas sobre una carretera en condiciones de muy mal estado, generando elevados consumos de combustible en vehículos, afirma que:

En un 44% y disminuye en hasta un 35% su vida útil, información que asegura la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA).

1.1.2. A nivel Nacional

El método de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) - versión 1993 – establece que la estructura de un pavimento debe satisfacer un determinado Número Estructural, el cual se calcula en función de: - El tráfico que circulará por la vía durante un determinado número de años (período de diseño). - La

resistencia del suelo natural (sub-rasante) que soportará al pavimento. - Los niveles de serviciabilidad. Asimismo, deben considerarse diversos factores de seguridad que garanticen que la solución obtenida cumpla con un determinado nivel de confianza, los mismos que funcionan a través de determinados parámetros estadísticos. Cuando el Número Estructural requerido esté determinado, la estructuración del pavimento se realiza por medio de tanteos, indicando espesores para cada una de las capas tomadas en cuenta y calculando en función a estos espesores y a las características de los materiales considerados (haciendo uso de coeficientes estructurales y de drenaje) los números estructurales parciales, los mismos que deben satisfacer el valor total requerido una vez sumados. Por razones meramente constructivas (como, por ejemplo: el tamaño máximo de las partículas, el espesor mínimo para compactación de la capa superior, el tráfico y la estructura del pavimento), los espesores de las capas finales deben cumplir con determinados valores mínimos. El método de la AASHTO - versión 1993 - proporciona la siguiente ecuación con la finalidad de calcular el Número Estructural Total (SN), el mismo que debe satisfacer la estructura del pavimento. (Municipalidad provincial de Lima, 2014).

De acuerdo con lo señalado por los pobladores el tramo más crítico es que una Tiquillaca con Puno. En este tramo la carretera está en un pésimo estado originando que los conductores tengan que ir en zigzag e incluso salirse de la pista. Lo cual ocasiona un grave peligro para los pasajeros y transportistas, dicha situación se agrava en las temporadas de lluvias (El Correo, 2015. Párr.11).

El Comercio (2015). [Se realizó un informe en la vía directa entre Puno y Arequipa es a través de la carretera que se construyó por el distrito de Mañazo], “la cual luce deteriorada a poco de su inauguración, este proyecto costo 28 millones de soles”.

1.1.3. A nivel Local

La inexistencia de la infraestructura vial dentro del perímetro de la calle Víctor Raúl Haya de la Torre, calle la Paz, calle Pachacútec y Avenida Gran Chimú en el distrito de la Victoria generan incomodidades tanto para el tránsito vehicular como peatonal, además de enfermedades respiratorias para los vecinos de las mencionadas calles.

Frente a las últimas fuertes lluvias presenciadas en el año 2017 en la ciudad de Chiclayo gran parte de la ciudad fue afectada, siendo una de estas el distrito de la victoria, cabe resaltar que las más afectadas son las avenidas y calles no asfaltadas,

originando lodo en estas las mismas generando enfermedades por las aguas estancadas en las zonas de estudio.

En la presente investigación se realizará el diseño de pavimento flexible en total son 2115.823 metros lineales, haciendo un total de 25 hectáreas en toda el área de estudio. Para la realización de este proyecto se emplearán 300 días calendarios.

Para la presente investigación el objeto de estudio es el diseño del pavimento, debido a que a falta de esta infraestructura genera problemas de transitabilidad y el campo de estudio es la ingeniería de caminos.

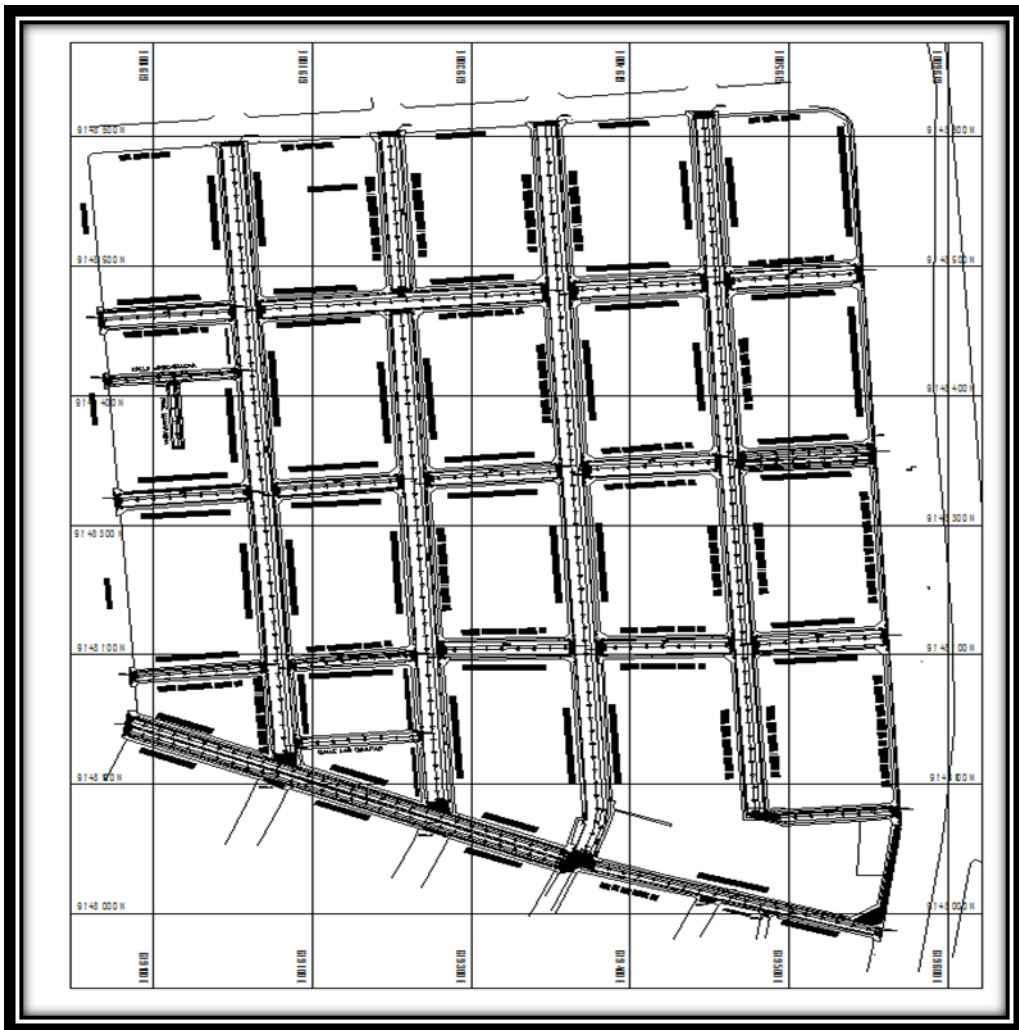


Figura 1: Planta General del Proyecto

Fuente: Elaboración propia

Actualmente la Av. Gran Chimú y Ca. Pachacútec se encuentran pavimentadas, el resto de calles se encuentran en Terreno Natural.

NOMBRE DE CALLES	ESTADO ACTUAL
Av. Víctor Raúl Haya de la Torre Cdra. 17 – Cdra. 20	SIN PAVIMENTO
Calle Paul Harris Cdra. 17 – Cdra. 20	SIN PAVIMENTO
Calle Manuel Seoane Cdra. 17 – Cdra. 20	SIN PAVIMENTO
Calle Antenor Orrego Cdra. 17 – Cdra. 20	SIN PAVIMENTO
Calle Huayna Cápac Cdra. 17 – Cdra. 20	SIN PAVIMENTO
Pasaje Mamapacha	SIN PAVIMENTO
Calle Machupichu Cdra. 01 – Cdra. 05	SIN PAVIMENTO
Calle Mascaipacha	SIN PAVIMENTO
Calle Sacsahuaman Cdra. 01 – Cdra. 05	SIN PAVIMENTO
Calle Pachacamac Cdra. 01 – Cdra. 05	SIN PAVIMENTO
Calle Las Chulpas	SIN PAVIMENTO
Calle Los Mochicas	SIN PAVIMENTO
Av. La Paz Cdra. 01 – Cdra. 05	SIN PAVIMENTO

1.2. Formulación del Problema

¿Para qué diseñar la estructura de pavimento flexible de las calles comprendidas dentro del perímetro de la Calle Víctor Raúl Haya de La Torre, calle La Paz, calle Pachacútec y Avenida Gran Chimú del distrito de la Victoria?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Diseñar la estructura de pavimento flexible de las calles comprendidas dentro del perímetro de la calle Víctor Raúl Haya de La Torre, calle La Paz, Calle Pachacútec y Avenida Gran Chimú del distrito de la victoria – Lambayeque.

1.3.2. Objetivos Específicos

1. Realizar el estudio topográfico del tramo en estudio.
2. Realizar el estudio de tráfico del tramo en estudio.
3. Realizar los estudios de mecánica de suelos.
4. Determinar la propuesta de diseño del área en estudio.
5. Calcular los costos de ejecución de obra.

1.4. Justificación

1.4.1. Tecnológica.

Para los criterios del diseño de pavimento flexible a emplearse en esta investigación permitirá elaborar los estudios definitivos para realizar el planteamiento técnico del proceso para el diseño de la estructura de pavimento flexible de las calles comprendidas dentro del perímetro de la Calle Víctor Raúl Haya de La Torre, Calle La Paz, Calle Pachacútec y Avenida Gran Chimú del distrito de La Victoria – Lambayeque.

1.4.2. Económica.

El diseño de la estructura de pavimento flexible en las calles comprendidas permitirá disminuir los gastos ocasionados por la operación y conservación de los vehículos que transiten en el área de influencia del proyecto.

1.4.3. Ambiental.

La Evaluación del estudio de impacto ambiental, es el procedimiento técnico administrativo que sirve para identificar, evaluar y describir los impactos ambientales que producirá un proyecto en su entorno en caso de ser ejecutado, todo ello con el fin de que la administración competente pueda aceptarlo, rechazarlo o modificarlo.

1.4.4. Social.

La población contará con adecuadas condiciones de transitabilidad vehicular y peatonal, sección de vías adecuadas, veredas y señalización.

1.5. Antecedentes

1.5.1. A nivel Internacional

Realizó la investigación “Evaluación del pavimento flexible de la Avenida Caracas”. En este trabajo de investigación se concluye que la Av. Caracas tiene un pavimento de estado regular, con un PCI ponderado igual a 49. Esta condición del pavimento se debe gracias a las obras de reparación realizadas el año 2008 que han aminorado la formación de fallas estructurales, dañinas para el pavimento. La mayoría de las fallas fueron fallas de tipo funcional, que no afectan al tránsito normal

de vehículos, no es necesario disminuir la velocidad libre y no son percibidas por el conductor, pues no causan daños estructurales. (Timaná, 2009)

En la ciudad de Maracaibo, realizo la investigación “Diseño de un sistema automatizado para el cálculo del índice de condición del pavimento (P.C.I) en pavimento flexible”. La presente tesis se enmarca en la modalidad de proyecto factible, por tratarse de la elaboración de un software interactivo, tiene como objetivo diseñar un sistema automatizado para el cálculo del índice de condición del pavimento en pavimento flexible. Donde se determinó correlaciones en las gráficas del PCI que permitieron determinar una ecuación para las curvas y severidades de cada falla. Se creó un programa de computación bajo ambiente Windows, con Visual Basic, donde permitió realizar el análisis y cálculo del índice de un pavimento con fácil manejo y documentado según norma. (Rodríguez, 2004)

En la ciudad de Manizales, realizaron la investigación “Diagnóstico de vía existente y diseño del pavimento flexible de la vía Nueva mediante parámetros obtenidos del estudio en fase 1 de la vía acceso al Barrio Ciudadela del Café – Vía la Badea”. (Mba & Tabares, 2005).

La tesis mencionada tiene como objetivo analizar las características de la zona con el fin de definir los parámetros necesarios a emplear y existente para los diseños de la estructura de pavimento mediante los diferentes (VIZIR y PCI). Tuvo como resultados que el estado actual del pavimento en el acceso al barrio Ciudadela del Café se encuentra en un excelente estado. (Mba & Tabares, 2005).

1.5.2. A nivel Nacional

En la ciudad Cajamarca, realizo la investigación “Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la vía de Evitamiento Norte, utilizando el método del índice de condición del pavimento. Cajamarca – 2014”. Esta tesis fue descriptiva/experimental, tiene como objetivo realizar el análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la Vía de Evitamiento Norte, utilizando el método índice de condición del pavimento. Según la evaluación mediante el método del Índice de la condición del Pavimento (PCI) se tuvo un valor de $PCI = 49$ y en

concordancia con la escala de evaluación del PCI, se concluye que el estado actual de dicho pavimento es regular. (Rabanal, 2014)

En la ciudad de Huancayo, realizaron la investigación “Diagnóstico del estado situacional de la vía: Av. Argentina – Av. 24 de junio por el método: índice de condición de pavimentos-2012”. La presente tesis utilizó una metodología observacional, tiene como objetivo Identificar en qué estado situacional se encuentra la vía Ingreso a la Ciudad de Chupaca Av. Argentina – Av. 24 de junio por el método PCI (índice de condición de pavimentos) haciendo un diagnóstico definitivo. En la inspección visual y diagnóstico vial realizado al tramo en estudio, mediante el procedimiento PCI (Índice de condición del Pavimento), se concluyó que el estado actual del pavimento en la Entrada a la Ciudad de Chupaca, Av. Argentina, Av.24 de junio, se encuentra en un estado REGULAR debido a un valor de PCI de 51. (Camposano & García, 2012)

En la ciudad de Piura, realizó la investigación “Cálculo del índice de condición aplicado en el pavimento flexible en la Av. Las Palmeras de Piura”. La presente tesis tiene como objetivo identificar el estado en que se encuentra la Av. Las Palmeras aplicando el método de inspección PCI haciendo un diagnóstico, haciendo la evaluación en cinco secciones. Se concluyó en que la sección 1 se encuentra en mal estado y es probable que no tenga vida residual, entendiéndose por vida residual como la capacidad del pavimento para soportar cargas antes de llegar a la falla; la sección 2 y la sección 4 se encuentran en buen estado, bastara conservar ese estado con mantenimiento rutinario y periódico; la sección 3 y la sección 5 se encuentran en regular estado, es necesario reparar las fallas de severidad media y alta que se presenten. (Gamboa, 2009)

1.5.3. A nivel Local

En la investigación denominada “Diseño de la estructura de pavimento flexible de la UPIS San Miguel Distrito de José Leonardo Ortiz – Chiclayo – Lambayeque”. El criterio de diseño y método empleado en la investigación permitió plantear la mejor alternativa de solución tanto ambiental, social y económica del diseño de la estructura de pavimento flexible de la zona en mención.

El conteo de tráfico vehicular permitió clasificar el tipo de vía, determinar el ESAL, proyectar el tráfico actual, la proyección se ha realizado en función de la tasa de crecimiento socio económico de la UPIS San Miguel Distrito de José Leonardo Ortiz – Chiclayo – Lambayeque.

El diseño de la estructura de pavimento se utilizó el método de la ecuación del AASHTO 93, teniendo como información preliminar el estudio de mecánica de suelos, conteo de tráfico vehicular; obteniendo como resultados los siguientes espesores son; 2 pulgadas de carpeta asfáltica, 10 pulgadas de base granular, 8 pulgadas de sub base y 10 pulgadas de mejoramiento de la subrasante con pedraplén (pedraplén $\varnothing = 4''-6''$).

1.6. Marco Teórico

1.6.1. Bases Teóricas

A. Pavimento

Es una estructura que se encuentra constituida por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y se construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de la vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de restringir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmiten durante el periodo para el cual fue diseñada la estructura del pavimento. (Montejo, 2006 p.1).

I. CARACTERÍSTICAS DE UN PAVIMENTO

Un pavimento para cumplir adecuadamente sus funciones debe reunir los siguientes requisitos:

- a) Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- b) Ser resistente ante los agentes de la interperie.
- c) Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos, por cuanto ella tiene una decisiva influencia en la

seguridad vial. Además, debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos. Debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.

d) Debe ser durable.

e) Presentar condiciones adecuadas respecto al drenaje.

f) Debe ser económico.

g) Debe poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos y ofrecer una adecuada seguridad al tránsito (Montejo, 2006 p.1-2).

II. CLASIFICACIÓN DE LOS PAVIMENTOS

a) Pavimento Flexible

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base. No obstante, puede prescindirse de cualquiera de estas capas dependiendo de las necesidades particulares de cada obra.

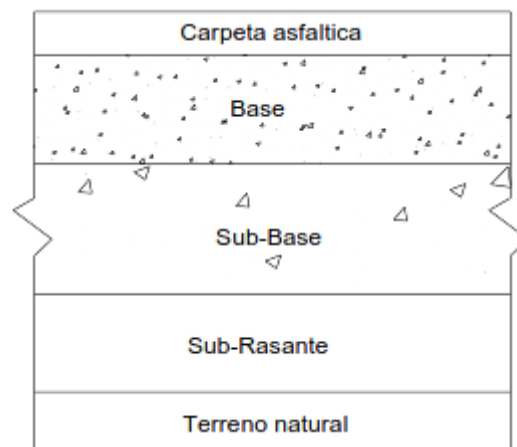


Figura 2: Estructura del pavimento flexible
Fuente Propia

Funciones de las capas de un pavimento flexible:

a.1 La sub-base granular

i. **Función económica.** Una de las principales funciones de esta capa es netamente económica; en efecto, el espesor total que se requiere para que el nivel de esfuerzos en la subrasante sea igual o menor que su propia resistencia, puede ser construido con materiales de alta calidad; sin embargo, es preferible distribuir las capas más calificadas en la parte superior y colocar en la parte inferior del pavimento la capa de menor calidad la cual es frecuentemente la más barata. Esta solución puede traer consigo un aumento en el espesor total del pavimento y, no obstante, resultar más económica.

ii. **Capa de transición.** La subbase bien diseñada impide la penetración de los materiales que constituyen la base con los de la subrasante y por otra parte, actúa como filtro de la base impidiendo que los finos de la subrasante la contaminen menoscabando su calidad.

iii. **Disminución de las deformaciones.** Algunos cambios volumétricos de la capa subrasante, generalmente asociados a cambios en su contenido de agua (expansiones), o a cambios extremos de temperatura (heladas), pueden absorberse con la capa subbase, impidiendo que dichas deformaciones se reflejen en la superficie de rodamiento.

iv. **Resistencia** la subbase debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores y transmitidas a un nivel adecuado a la subrasante.

v. **Drenaje.** En muchos casos la subbase debe drenar el agua, que se introduzca a través de la carpeta o por las bermas, así como impedir la ascensión capilar.

a.2) La base granular

i. **Resistencia.** La función fundamental de la base granular de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la sub-base ya la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada.

ii. **Función económica.** Respecto a la carpeta asfáltica, la base tiene una función económica análoga a la que tiene la subbase respecto a la base.

a.3) Carpeta de rodadura

i. Superficie de rodamiento. La carpeta debe proporcionar una superficie uniforme y estable al tránsito, de textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del tránsito.

ii. Impermeabilidad. Hasta donde sea posible, debe impedir el paso del agua al interior del pavimento.

Resistencia. Su resistencia a la tensión complementa la capacidad estructural del pavimento. (Montejo, 2006 p.2-5).

b) Pavimentos semi-rígidos

Aunque este tipo de pavimentos guarda básicamente la misma estructura de un pavimento flexible, una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos. El empleo de estos aditivos tiene la finalidad básica de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no son aptos para la construcción de las capas del pavimento, teniendo en cuenta que los adecuados se encuentran a

c) Pavimentos rígidos

Son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa, de material seleccionado, la cual se denomina subbase del pavimento rígido. Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico, así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. Además, como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la subrasante. La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y, por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento.

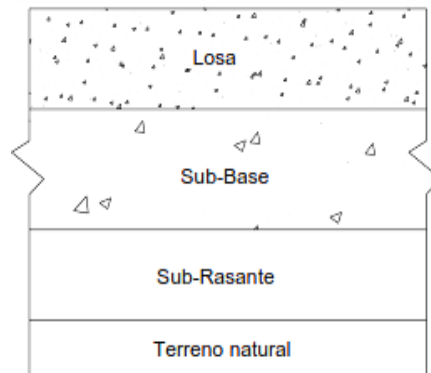


Figura 3: Pavimento rígido

Funciones de las capas de un pavimento rígido

1. La subbase

i. La función más importante es impedir la acción del bombeo en las juntas, grietas y extremos del pavimento. Se entiende por bombeo a la fluencia de material fino con agua fuera de la estructura del pavimento, debido a la infiltración de agua por las juntas de las losas. El agua que penetra a través de las juntas licúa el suelo fino de la subrasante facilitando así su evacuación a la superficie bajo la presión ejercida por las cargas circulantes a través de las losas.

ii. Servir como capa de transición y suministrar un apoyo uniforme, estable y permanente del pavimento.

iii. Facilitar los trabajos de pavimentación.

iv. Mejorar el drenaje y reducir por tanto al mínimo la acumulación de agua bajo el pavimento.

v. Ayudar a controlar los cambios volumétricos de la subrasante y disminuir al mínimo la acción superficial de tales cambios volumétricos sobre el pavimento.

vi. Mejorar en parte la capacidad de soporte del suelo de la subrasante.

2. Losa de concreto

Las funciones de la losa en el pavimento rígido son las mismas de la carpeta en el flexible, más la función estructural de soportar y transmitir en nivel adecuado los esfuerzos que le apliquen. (Montejo, 2006 p.5-7).

III. CONSIDERACIONES PARA ELEGIR UN PAVIMENTO

a) Consideraciones Técnicas

❖ Pavimento Flexible con Carpeta Asfáltica en Caliente:

Ventajas:

Gran flexibilidad para adaptarse a las fallas de Sub-rasante.

No requieren juntas de ninguna clase.

Posee buena comodidad para el tránsito.

Se utiliza cuando se requiere pavimentos de alta calidad.

Desventajas:

Es considerado un pavimento de alto costo.

No tiene buena visibilidad y reflexión nocturna.

Tiene poca resistencia a la inflamación por combustibles.

❖ Pavimento Rígido con Losa de Concreto:

Ventajas:

Buenas condiciones como superficie de rodadura.

Larga duración de vida de servicio.

Facilidad en la construcción.

Mejor control en cuanto a resistencia, geometría y costo.

Tiene una alta resistencia a la inflamación por combustibles.

Resistencia a los esfuerzos de torsión.

Buena visibilidad y reflexión nocturna.

Bajo costo de mantenimiento.

Desventajas:

Es un pavimento de alto costo inicial.

Requiere diversos tipos de juntas.

Tiene una menor resistencia a los sulfatos.

❖ **Pavimento Mixto con Adoquines de Concreto:**

Ventajas:

Buenas condiciones como superficie de rodadura.

Larga duración de vida de servicio.

Altamente estéticas.

Tiene una alta resistencia a la inflamación por combustibles.

Buena visibilidad y reflexión nocturna.

Bajo costo de mantenimiento.

Facilidad de acceso a instalaciones subterráneas.

Desventajas:

Es un pavimento de regular a alto costo inicial.

Requiere sardineles de borde para su confinamiento

b) Consideraciones económicas

Para elegir el tipo de Pavimento a colocar se tendrá en cuenta el costo inicial de construcción y el de mantenimiento.

c) Consideraciones sociales

La salud de la población se ve favorecida, al reducir el polvo levantado por los vientos, así como el no permitir la formación de aniegos, con una adecuada evacuación superficial.

Mejoramiento del tránsito vehicular, y el consiguiente beneficio a la actividad productiva de la ciudad.

Según estos requerimientos, no tienen influencia en la elección del tipo de pavimento.

d) Consideraciones financieras

El financiamiento de las obras se solicitará al organismo competente, como es la Municipalidad Distrital de La Victoria.

De acuerdo con estas perspectivas y con las posibilidades económicas, se elige el tipo de Pavimento que demande el menor costo total.

IV. MEDODOLOGÍA DE DISEÑO

Se presenta los tipos de metodologías para el análisis y diseño de estructuras de pavimentos flexibles, rígidos y articulados en el mundo, las tendencias actuales y el avance de herramientas computacionales en la ingeniería de pavimentos.

Para el diseño y análisis de pavimento flexible utilizaremos el Método de la Asociación Americana de Carreteras Estatales y Transportes Oficiales (AASHTO), y el programa de cálculo de ECUACIONES AAHSTO – 1993, elaborado por el Ingeniero Luis Ricardo Vásquez Valera – 2004.

Para el diseño y análisis de pavimento rígido utilizaremos el Método de la Asociación Americana de Carreteras Estatales y Transportes Oficiales (AASHTO), el programa de cálculo de ECUACIONES AAHSTO – 1993, elaborado por el Ingeniero Luis Ricardo Vásquez Valera – 2004 y el Método de del Cemento Portland (PCA).

Para el diseño del pavimento articulado, se propone el Método de Diseño del ICPI (Interlocking Concrete Pavement Institute).

A. Exploración de Suelos y Rocas

Recomienda la norma T 86 – 90 que equivale a la ASTM D420-69; que recoge alcances de AASHTO y ASTM. Donde Señala la altura mínima es de 1.50 por calicata (Sección Suelos y Pavimentos, 2014. Pág. 25)

B. Sub Rasante

Tiene por objetivo determinar las características físico-mecánicas de los materiales de la sub-rasante se llevarán a cabo investigaciones mediante la ejecución de pozos exploratorios o calicatas de 1.50m de profundidad mínima, para este proyecto por ser Carretera de bajo volumen de transito con un IMDA < 200 VEH/DIA, de una calzada es 1 calicata x kilómetros, igual para el numero de CBR, seria cada 3 km un CBR.

Sub rasante suelos con $CBR \geq 6\%$. En caso de ser menor (sub rasante pobre o sub rasante inadecuada), se procederá a la estabilización de los suelos, para lo cual

se analizarán alternativas de solución, de acuerdo a la naturaleza del suelo, como la estabilización mecánica, el reemplazo del suelo de cimentación, estabilización química del suelo, estabilización con geosintéticos, elevación de la rasante, cambiar el trazo vial, eligiéndose la más conveniente técnica y económica. (Sección Suelos y Pavimentos, 2014. Pág. 40).

Recomienda que la napa freática quede mínima a 0.60m de la Sub Rasante.

Clasificación de Sub Rasante

excelente – muy buena ($\text{CBR} \geq 20\%$); a 0.80 m cuando se trate de una sub rasante buena – regular ($6\% \leq \text{CBR} < 20\%$); a 1.00 m cuando se trate de una sub rasante pobre ($3\% \leq \text{CBR} < 6\%$); y a 1.20 m cuando se trate de una sub rasante inadecuada ($\text{CBR} < 3\%$). Se estabilizarán las zonas húmedas locales o áreas blandas o sub rasantes inadecuadas, cuya estabilización o mejoramiento será materia de un estudio geotécnico de estabilidad y de asentamiento donde el ingeniero responsable analizará según la naturaleza del suelo diversas alternativas como estabilización con cal o cemento, estabilización química de suelos, geosintéticos, pedraplenes, enrocados, capas de arena, reemplazo, etc.; (Sección Suelos y Pavimentos, 2014. Pág. 41).

C. Diseño de pavimentos

El pavimento es la capa o conjunto de capas de materiales apropiados, comprendida entre el nivel superior de la sub-rasante y la superficie de rodamiento, cuyas principales funciones son las de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, de color y textura apropiados, resistente a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir adecuadamente a la sub-rasante los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito.

La sub-rasante es definida como el suelo preparado y compactado para soportar la estructura de un sistema de pavimento.

Estas propiedades de los suelos que constituyen la sub-rasante son las variables más importantes que se debe considerar al momento de diseñar una estructura de pavimento.

El C.B.R. de diseño se debe definir empleando los métodos estadísticos (porcentual) en función a la representatividad de los suelos y así se obtendrá un valor

C.B.R. de diseño al 95% de la densidad Máxima Seca del ensayo de Próctor Modificado, realizado en el laboratorio.

También debe tenerse en cuenta algunos factores que son indispensables para el diseño, como son:

- Análisis de tráfico.
- Conteo de tráfico.
- Factores destructivos.
- Cálculo del número de ejes equivalentes (EAL), etc.

Estos ayudan a la elaboración de un diseño de pavimentos que brinde seguridad, fluidez de tránsito, confort y economía.

Se sabe que la actual tecnología contempla una gama muy diversa de secciones estructurales, las cuales están en función de los distintos factores que intervienen en la performance de una vía y que a decir son: Tránsito, tipo de suelo, importancia de la vía, condiciones de drenaje, recursos disponibles, etc.

Pero como para el presente proyecto se va a dar la alternativa de diseño de superficie de rodadura de un pavimento flexible, se debe tener en cuenta la metodología siguiente:

Metodología de DISEÑO AASHTO 1993:

Método AASHTO guide for design of Pavement structures 1993

Análisis de la performance o comportamiento del pavimento durante el período de diseño.

Básicamente el diseño de los pavimentos es mayormente influenciado por dos parámetros básicos:

1. Las cargas de tráfico vehicular impuestas al pavimento.
2. Las características de la subrasante sobre la que se asienta el pavimento.

A continuación, se describen las características más importantes para la aplicación de los procedimientos de cálculos usados.

Para el diseño de pavimentos se ha considerado utilizar el método AASHTO contenido en la Guía de 1993, para efectos de determinar el espesor del refuerzo del pavimento requerido. Los parámetros de diseño que se consideran son las propiedades de los materiales, tipo de tránsito, condiciones ambientales, etc.

El propósito del modelo es el cálculo del número estructural requerido (SNr), en base al cual se identifican y determinan un conjunto de espesores de cada capa de la estructura del pavimento, que deben ser construidas sobre la sub rasante para soportar las cargas vehiculares con aceptable serviciabilidad durante el periodo de diseño establecido en el proyecto. (Sección Suelos y Pavimentos, 2014. Pág. 130).

1) Periodo de Diseño

El periodo de Diseño a ser empleada para el presente proyecto será de 10 años por ser camino de bajo volumen de tránsito. Pero para el diseño de pavimentos se puede utilizar a las condiciones del proyecto y lo requerido por la Entidad (15 años) (Sección Suelos y Pavimentos, 2014. Pág. 131).

2) Variables

La ecuación básica para el diseño de la estructura de un pavimento flexible es la siguiente:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_r * S_o + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 2.0} \right]}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10}(MR) - 8.07 \quad \dots EC 1$$

a) Siendo W18, el numero acumulado de ejes simples equivalentes a 18000 lb (89 km) para el periodo de diseño, corresponde al número de repeticiones de EE de 8.2t; el cual se establece con base en la información del estudio de tráfico.

b) Módulo de Resiliencia (Mr.)

Es una medida de la rigidez del suelo de subrasante, el cual, para su cálculo, deberá determinarse mediante el ensayo de resiliencia determinado de acuerdo a las recomendaciones del AASHTO. (Sección Suelos y Pavimentos, 2014. Pág. 131).

O aplicando la siguiente fórmula:

$$MR = 3000 \times CBR^{0.65}$$

Ecuación 1: Módulo de Resiliencia

c) Confiabilidad (%R)

Básicamente es un medio para introducir cierto grado de certeza en el procedimiento de diseño, para asegurar que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación.

Confiabilidad (R) es la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación.

Tabla 1:

Valores de confiabilidad

Clasificación Funcional	Nivel De Confiabilidad %	
	Urbano	Rural
Interestatal y Otras Vías	85-99.9	80-99.9
Arteriales Principales	80-99	75-95
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Fuente: Guía AASHTO para el Diseño de Estructura de Pavimentos – 1993.

d) Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Zr)

El coeficiente estadístico de Desviación Estándar Normal (Zr) representa el valor de la Confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución normal.

Tabla 2:*Desviación Estándar*

Confiabilidad (R)	Desviación Estándar (ZR)
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Fuente: Guía AASHTO para el Diseño de Estructura de Pavimentos – 1993.

e) Desviación Estándar Combinada (S_o)

La Desviación Estándar Combinada (S_o), es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento; como, por ejemplo, construcción, medio ambiente, incertidumbre del modelo. La Guía AASHTO recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores de S_o comprendidos entre 0.40 y 0.50, en el presente Manual se adopta para los diseños recomendados el valor de una Desviación Estándar Combinada ($S_o=0.45$).

f) Serviciabilidad

El concepto de serviciabilidad está basado en 5 aspectos fundamentales:

Las vías están hechas para el confort y conveniencia del público usuario.

El confort, o calidad de la transitabilidad, es materia de una respuesta subjetiva de la opinión del usuario.

La serviciabilidad puede ser expresada por medio de la calificación hecha por los usuarios de la vía, y se denomina la calificación de la serviciabilidad.

Existen características físicas de un pavimento que pueden ser medidas objetivamente, y que pueden evolucionarse a las evaluaciones subjetivas. Este procedimiento produce un índice de serviciabilidad objetivo.

El comportamiento puede representarse por la historia de la serviciabilidad del pavimento.

La serviciabilidad de un pavimento está definida como su habilidad para servir al tipo de tráfico, automóviles o camiones, que usa la vía.

La medida de la serviciabilidad primaria es el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI –Present Serviciability Index), que varía entre 0 (camino imposible) a 5 (camino perfecto). La filosofía de este diseño está basada en un volumen específico de tráfico total y un nivel mínimo de serviciabilidad deseado al final del período de servicio. Para pavimento de asfalto, la Serviciabilidad inicial (Po) es 4.20 .

El índice de serviciabilidad terminal (Pt), está basado en el índice más bajo que será tolerado antes de requerir una rehabilitación. El índice deberá ser tal que, culminado el período de vida proyectado, la vía ofrezca una adecuada serviciabilidad. Para carreteras principales se sugiere un índice de 2.5 y de 2.0 para carreteras con menores volúmenes, para este diseño consideraremos $Pt=2.25$, para vías colectoras.

Tabla 3:

Serviciabilidad

Pt	Tipo de Vía
3.00	Expresas
2.50	Arteriales
2.25	Colectoras
2.00	Locales y Estacionamientos

Fuente: Norma Técnica CE. 010 Pavimentos Urbanos

g) Drenaje

Los efectos nocivos producidos por el agua atrapada en la estructura del pavimento son los siguientes:

- Reducción de la resistencia de materiales granulares no ligados.
- Reducción de la resistencia de la sub-rasante.

- Expulsión de finos, ocasionando pérdida de soporte.
- Levantamientos diferenciales de suelos expansivos.
- Los aspectos que se deben cuidar para evitar que el agua penetre en la estructura de soporte son los siguientes:

- Construir o aprovechar los drenajes pluviales en las ciudades.
- Colocar barreras rompedoras de capilaridad (esa donde se requiera).
- Utilizar cunetas, sub-drenajes.

El tratamiento para el nivel espedado de drenaje para un Pavimento Flexible es por medio del uso de coeficientes de capas modificados (es decir que debería usarse un coeficiente de capa efectivo mayor para mejorar las condiciones de drenaje). El factor para modificar el coeficiente de capa está referido como un valor m_i y ha sido integrado dentro de la ecuación del número estructural (SN) junto con el coeficiente de capa (a_1) y el espesor (D_1).

Ecuación 2: Ecuación del número estructural

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3 \dots EC 3$$

Tabla 4:

Tiempos de drenaje

Calidad del drenaje	Tiempo de remoción del agua
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Muy pobre	No drena

Fuente: Guía AASHTO para el diseño de Estructuras de Pavimentos - 1993

Tabla 5:

Valores de m_i recomendada para los coeficientes de capa modificados de materiales de base y subbase no tratada en pavimentos flexibles

<u>Calidad del drenaje</u>	<u>% del tiempo que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación</u>			
	<u><1</u>	<u>01-may</u>	<u>may-25</u>	<u>>25</u>
<u>Excelente</u>	<u>1.40-1.35</u>	<u>1.35 -1.30</u>	<u>1.30 - 1.20</u>	<u>1.2</u>
<u>Bueno</u>	<u>1.35 - 1.25</u>	<u>1.25-1.15</u>	<u>1.15-1.00</u>	<u>1</u>
<u>Regular</u>	<u>1.25-1.15</u>	<u>1.15 - 1.05</u>	<u>1.05-0.80</u>	<u>0.8</u>
<u>Pobre</u>	<u>1.15-1.05</u>	<u>1.05-0.80</u>	<u>0.80 - 0.60</u>	<u>0.6</u>
<u>Muy pobre</u>	<u>1.05-0.95</u>	<u>0.95-0.75</u>	<u>0.75 - 0.40</u>	<u>0.4</u>

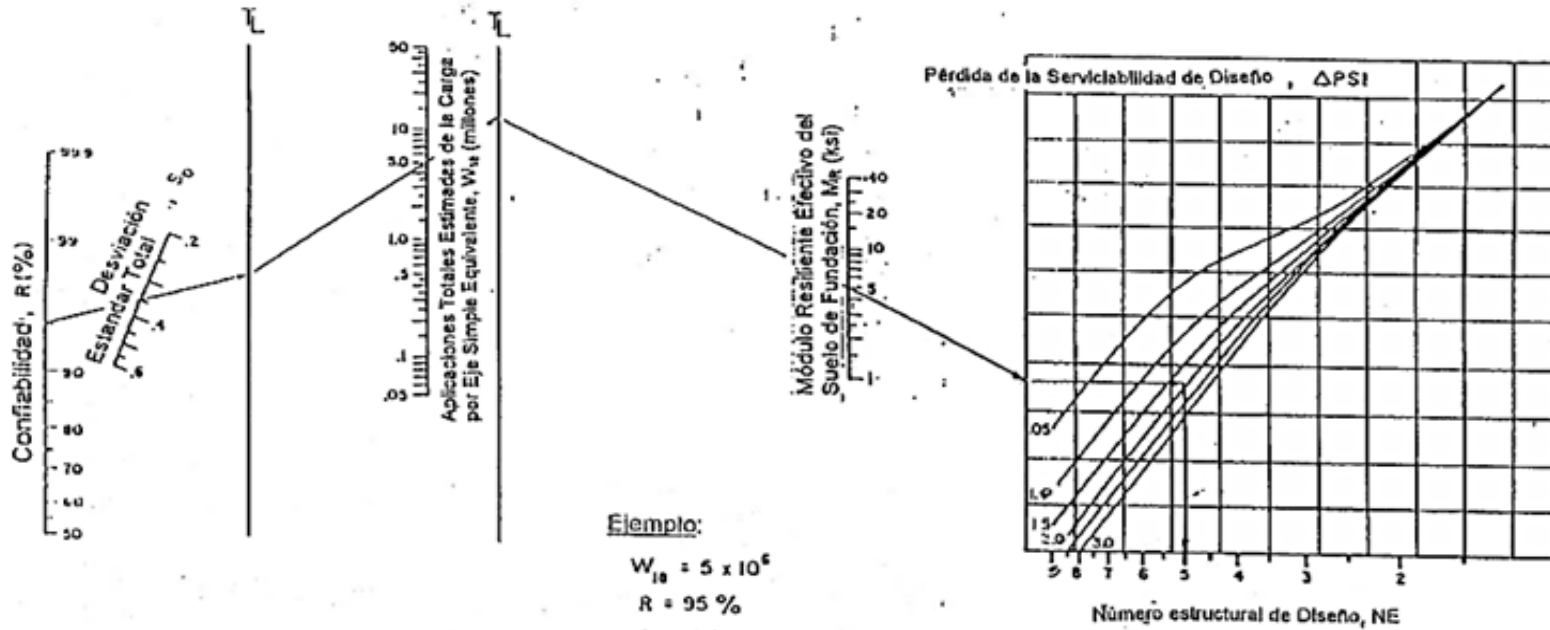
Fuente: Guía AASHTO para el diseño de Estructuras de Pavimentos – 1993

h) Obtención del número estructural

La Guía AASHTO-1993 brinda una Carta de Diseño para Pavimentos flexibles, utilizada para obtener el Número Estructural de Diseño (NE), basada en el uso de valores medios para cada ingreso de datos, los cuales son: R (%), S_o , W18 (millones), MR(ksi), Δ PSI.

SOLUCION DEL NOMOGRAMA

$$\log_{10} W_{18} = z_R \cdot S_o + 5.36 \cdot \log_{10} (SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \cdot \log_{10} M_R - 0.07$$



Ejemplo:

$W_{18} = 5 \times 10^6$

$R = 95 \%$

$S_o = 0.35$

$M_R = 500 \text{ psi}$

$\Delta PSI = 1.5$

Solución: $NE = 5.0$

Figura 4: Nomograma para hallar el SN

Fuente: Guía AASHTO para el diseño de Estructuras de Pavimentos – 1993

D. Normativa

Normatividad de los ensayos

a. Análisis Granulométrico de suelos por Tamizado MTC E-107

El objetivo de este ensayo es determinar cuantitativamente la distribución de tamaño de partículas del suelo. Este modo operativo describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 74mm (N°2000). (Manual de ensayos de materiales, MTC, pag.44). Equipo y/o materiales: Balanza, estufa, tamices, taras.

Tabla 6

Tamices

Tamices	Abertura (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 ½"	38,100
1"	25,400
¾"	19,000
3/8"	9,500
N° 4	4,760
N°10	2,000
N°20	0,840
N°40	0,425
N°60	0,260
N°140	0,160
N°200	0,075

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales - MTC

b. Determinación del contenido de Humedad MTC E-108

El objeto de este ensayo es establecer el método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las

partículas sólidas. Este modo Operativo determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en el horno controlado a 110 ± 5 °C*. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como peso de partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerada como peso del agua. (Manual de ensayos de materiales, MTC, pag.49)

Equipo y/o materiales: Horno de secado, balanza de capacidad convincente, taras.

Cálculos

Se calcula el contenido de humedad de la muestra mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 3: Contenido de humedad

$$w = \frac{MCWS - MCS}{MCS - MC} \times 100$$

Ecuación 4: %Contenido de humedad

ó

$$w = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo secado al horno}} \times 100$$

Donde:

W = es el contenido de humedad (%)

MCWS = es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos

MCS = es el peso del contenedor más el suelo secado al horno, en gramos

MC = es el peso del contenedor, en gramos

MW = es el peso del agua, en gramos

MS = es el peso de las partículas sólidas, en gramos

c. Determinación de límite líquido de los suelos MTC E-110

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla el límite entre los estados líquidos y plásticos. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulga) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1cm a razón de dos caídas por segundo.

Discusión: se considera que la resistencia al corte no drenado del suelo en límite líquido es de 2 kpa (0.28 psi).

El valor calculado deberá aproximarse al centésimo. (Manual de ensayos de materiales, MTC, pag.67)

Equipo y/o materiales: Taras, recipiente o pesa de filtros, balanza, estufa, espátula, calibrador, copa Casagrande, agua destilada.

d. Determinación de límite plástico MTC E-111

Determinar en laboratorio el límite plástico de un suelo y el cálculo de índice de plasticidad (I.P) si se conoce el límite líquido (L.L) del mismo suelo.

Se denomina límite plástico (L.P) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3.2 mm (1/8”) de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio Desmoralizado) sin que dichas barritas se desmoronen. Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de los suelos. (Manual de ensayos de materiales, MTC, pag.72)

Equipo y/o materiales: Espátulas de hoja flexible, vidrio de reloj, balanza, horno, tamiz N°40, agua destilada.

Además de LL y LP, una característica a obtener es el índice de plasticidad IP (ensayo MTC E 111) que se define como la diferencia entre LL y LP.

Ecuación 5: Índice plástico

$$IP = LL - LP$$

e. Proctor modificado ASTM D-1557 MTC E-115

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) en el manual de ensayos. Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 KN-m/ m^3 (56000 pie-lbf/ pie^3)).

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de Agua y peso unitario seco de los suelos (curva de Compactación) compactados en un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5N (10 lbf) que cae de una altura de 457mm (18 pulg), produciendo una energía de compactación de (2700 KN-m/ m^3 (56000 pie-lbf/ pie^3)). (Manual de ensayos de materiales, MTC, pag.105)

Cálculos

Humedad de compactación: El tanto por ciento de agua que hay que añadir al suelo con su humedad natural para que alcance la humedad prefijada, se calcula como sigue:

Ecuación 6: Proctor modificado

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H - h}{100 + h} \times 100$$

Donde:

H= humedad prefijada

h= humedad natural

Densidad o peso unitario: La densidad se calcula a partir del peso del suelo antes de sumergido y de su humedad, de la misma forma que en los métodos de ensayo citados. Próctor normal o modificado, para obtener la densidad máxima y la humedad óptima.

Agua absorbida: El cálculo para el agua absorbida puede efectuarse de dos maneras. Una, a partir de los datos de las humedades antes de la inmersión y después de esta, la diferencia entre ambas se toma normalmente como tanto por ciento de agua absorbida. Otra, utilizando la humedad de la muestra total contenida en el molde. Se calcula a partir del peso seco de la muestra (calculado) y el peso húmedo antes y después de la inmersión.

Presión de penetración: Se calcula la presión aplicada por el penetrómetro y se dibuja la curva para obtener las presiones reales de penetración a partir de los datos de prueba; el punto cero de la curva se ajustan para corregir las irregularidades de la superficie, que afectan la forma inicial de la curva.

Expansión: La expansión se calcula por la diferencia entre las lecturas del deformímetro antes y después de la inmersión. Este valor se refiere en tanto por ciento con respecto a la altura de la muestra en el molde, que es de 127 mm (5"). (Manual de Ensayo de Materiales E 132 -2000, Pág. 8)

$$\text{Ecuación 7: \% de Expansión} \quad \frac{L2-L1}{127} \times 100$$
$$\% \text{Expansión} = \frac{L2-L1}{127} \times 100$$

Dónde:

L1= lectura inicial en mm.

L2= lectura final en mm.

B. Impacto Ambiental

El estudio de impacto ambiental (EIA) se realizó según la Ley del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental N°27446 permitirá realizar un diagnóstico ambiental del área de influencia directa e indirecta del proyecto; identificar, evaluar y valorar los impactos que podrían ocurrir como consecuencia de las actividades del proyecto; y finalmente, proponer un plan de manejo para prevenir, mitigar o compensar los potenciales impactos.

Tener en cuenta las siguientes normas:

- ❖ Constitución Política del Perú.
- ❖ Ley General del Ambiente.
- ❖ Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental.
- ❖ Manual para Pavimentos de bajo volumen de tránsito
- ❖ Reglamento del Título II, Aceras y Pavimentos
- ❖ Reglamento Nacional de Tránsito.
- ❖ Ley General de Residuos Sólidos.
- ❖ Ley Orgánica de Municipalidades.
- ❖ Ley General de Servicios de Saneamiento.
- ❖ Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad de Aire.
- ❖ Reglamento de Estándares de Calidad Ambiental Para Ruido.
- ❖ Reglamento de Acondicionamiento Territorial y Desarrollo Urbano
- ❖ Otras normas ambientales.

E. Gestión de Riesgos

La Gestión de Riesgos se rige a la normativa de la norma G. 050, seguridad en la construcción, con la finalidad de prevenir riesgos.

También los trabajos de montaje y desmontaje, incluido cualquier proceso de demolición, refacción o remodelación.

F. Sistema de Costos y Presupuestos

La elaboración de los costos y presupuestos se realizará con hojas de cálculo de Microsoft Excel para los metrados, posteriormente se trabajará con el Software S10 para realizar el presupuesto general de la obra.

1.6.2. Estados de Arte

Pavimentos Inteligentes.

El control en tiempo real de los pavimentos asfálticos, con objeto de conocer su comportamiento bajo la acción de las cargas del tráfico que lo solicitan y poder determinar con mayor exactitud su evolución en el tiempo y su vida remanente, es muy útil para la gestión de la conservación y el mantenimiento de estos.

Instalar un sistema de monitoreo en el firme (Pavimento) correctamente, durante la fase de construcción, es una tarea que requiere mucha dedicación, pues hay que tener en cuenta que no existe mucha experiencia en este sentido, por una parte, y por otra, la alta agresividad a las que se ven sometidos los sistemas de control embebidos en el Pavimento durante la ejecución, como las altas temperaturas del aglomerado o las elevadas tensiones que se generan en la fase compactación de cada capa de mezcla bituminosa.

Los sistemas de control comúnmente más utilizados son los ASG (Asphalt Strain Gages) con barras tipo H, o los sistemas con sensores embebidos en el asfalto (Comunicación 24 ASEFMA 2010). Los sistemas de barras tipo H suelen dañarse en un porcentaje aproximado del 50% durante la fase de construcción del pavimento, mientras que el sistema de sensores embebidos en el firme sigue en fase de experimentación y no se conoce ni su durabilidad ni su precisión.

En este artículo se quiere presentar una solución innovadora basada en la combinación del uso de un geo textil de protección básico, con la tecnología de toma de datos mediante cables de fibra óptica, que se ha desarrollado y testado para medir las deformaciones y la temperatura de las capas de mezcla bituminosa a cierta profundidad. Dicha tecnología permite conjugar la capacidad de la fibra óptica de conducir la luz con la capacidad de un sistema Fiber Bragg Grating (FBG) (Rejilla de fibras tipo Bragg) de medir las variaciones de las longitudes de onda, debidas a los cambios de temperatura y a las deformaciones motivadas por el paso del tráfico.



Figura 5: Παπιμεντο Ιντελιγεντε

Una empresa británica creó un producto llamado "Starpath" (camino a las estrellas) que trata de un pavimento inteligente que capta la luz del día e ilumina de noche.

(STRARPATH: PAVIMENTO QUE CAPTA LUZ DEL DÍA E ILUMINA EN LA NOCHE, 2013)

Innovaciones.

Poder cuantificar en cualquier instante las cargas de tráfico a las que está sometido un firme (Pavimento), las deformaciones que se generan en determinadas capas del mismo, o la influencia de las variaciones estacionales en el pavimento, es uno de los retos que siempre han perseguido los técnicos que se dedican a la gestión de infraestructuras, para poder llevar a cabo una conservación y mantenimiento eficiente de nuestras carreteras y de nuestras calles urbanas.

Una novedosa tecnología basada en el empleo de sensores de fibra óptica debidamente colocados y protegidos por un geo textil, embebido en el firme (Pavimento), y adecuadamente monitorizados electrónicamente, ha sido desarrollada para alcanzar este reto, dando vida a los denominados “pavimentos inteligentes”.

La posibilidad de recopilar toda esta información permite establecer modelos reales de evolución del firme (Pavimento), y colaborar a determinar los ciclos de vida de sus materiales, tanto a nivel de nueva construcción, como de rehabilitación, y predecir, a su vez, las intervenciones futuras pertinentes para realizar una gestión eficiente del mantenimiento y una gestión racional del tráfico.

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA FIBRA ÓPTICA-GEOTEXTIL

La tecnología de un sensor FBG consiste en crear una perturbación del índice de refracción a lo largo de la longitud del cable de fibra óptica, introduciendo este en el núcleo de la misma. La rejilla de Bragg permite leer las variaciones de longitud de onda de la luz transmitida por la fibra óptica.

Estas variaciones dependen de las deformaciones que afecten al conjunto fibra-rejilla de Bragg, causadas por cambios de temperaturas, de presión, de

vibración etc., que se leen como desplazamientos o cambios de magnitud de la onda reflejada.

En conclusión, se puede decir que un sensor FBG permite la reflexión de algunas longitudes de onda del espectro de la luz, y transmite todas las de demás.

Para medir las variaciones de temperatura y las deformaciones de la fibra, hacen falta dos sensores FBG, como se observa en la figura. Un sensor permite leer las deformaciones asociadas a los cambios de temperatura mientras que el otro lo hace con las deformaciones asociadas a tensiones externas.

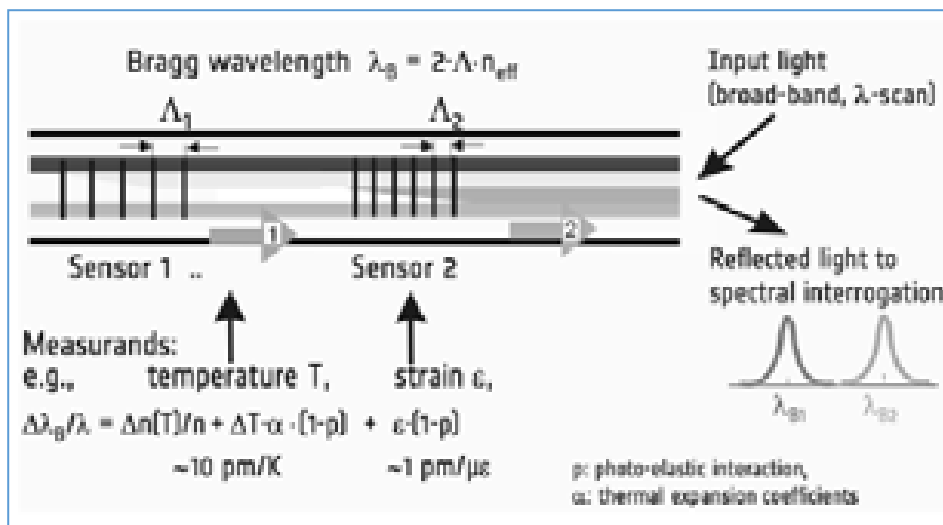


Figura 6: Estructura de la fibra (pueden ser dos sensores)

1.6.3. Definición de Términos

Altimetría: Parte de la topografía que estudia las alturas o “cota” de cada punto respecto a un plano de referencia. Con la altimetría se consigue representar el relieve del terreno. (Jiménez, G. 2015).

Análisis Granulométrico: Es la medición y graduación de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica, este ensayo se realiza en el laboratorio de tamices. (Lambe, T., Whitman, R. México, 2007).

Base: Es la capa que recibe la mayor parte de los esfuerzos producidos por el tránsito vehicular. La carpeta asfáltica es colocada sobre de ella porque la capacidad de carga del material friccional es baja en la superficie por falla de confinamiento. Regularmente esta capa además de la compactación necesita otro tipo de mejoramiento estabilización para poder resistir las cargas del tránsito sin deformarse y además de transmitir las y además de transmitir las en forma adecuada a las capas inferiores. El valor cementante en una base es indispensable para proporcionar una sustentación adecuada a las carpetas asfálticas delgadas. (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2016).

Calzada: Parte de una carretera destinada normalmente a la circulación de los vehículos. La anchura de una calzada depende del número de carriles. (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2016).

Carpeta asfáltica: La Carpeta Asfáltica es la parte superior del pavimento flexible que proporciona la superficie de rodamiento, es elaborada con material pétreo seleccionado y un producto asfáltico dependiendo del tipo de camino que se va a construir. (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2016).

C.B.R.: Es la capacidad soporte de California, cuya finalidad de ensayo, del CBR, es determinar la capacidad de soporte CBR de suelos y agregados compactados

en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables. (Mecánica de suelos, 2016).

Contenido de Humedad: El contenido de agua o humedad es la cantidad de agua contenida en un material, tal como el suelo. (Mecánica de Suelos, 2014).

Conteo del Tráfico Vehicular: El tráfico vehicular También llamado tráfico vehicular, o simplemente tráfico es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista. Antes de cualquier diseño geométrico de una vía se deben conocer las características del tránsito que va a ocupar esa carretera o calle. (Provias, 2015).

Diseño De Pavimento: Es el proceso por el cual los componentes estructurales carpeta, base, sub-base, sub-rasante de un segmento de carretera son determinados tomando en consideración la naturaleza del terreno de fundación, las consideraciones ambientales, densidad y composición del tráfico y las condiciones de mantenimiento. (Guía de Diseño Estructural de pavimentos para caminos de bajo Volumen de Tránsito, Dirección de Vialidad Ministerio de Obras Públicas, Chile, 2012).

Límite Líquido: Es el contenido de humedad para el cual 2 secciones de una pasta de suelo, alcanzan a unirse en 12 mm al cabo de 25 golpes en el cascador de casa grande. (Lambe,T., 2009).

Límite Plástico: El Límite Plástico de un suelo es el menor contenido de humedad determinado, de acuerdo con el método bajo el cual el suelo permanece plástico. (Lambe,T., 2009).

Pavimento Flexible: Se denomina Pavimento Flexible a aquellos cuya estructura total se deflacta o flexiona dependiendo de las cargas que transitan sobre él. El uso de pavimentos flexibles se realiza fundamentalmente en zonas de abundante tráfico como puedan ser vías, aceras o parkings. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

Planimetría: La Planimetría solo tiene en cuenta la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario vista en planta que se supone que es la superficie media de la tierra. (Gonzalo, C., 2015).

Proctor: Es el ensayo que permite determinar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad de material. (Mecánica de Suelos, 2016).

Salinidad: La Salinidad del Suelo se refiere a la cantidad de sales en el suelo y puede ser estimada por la medición de la conductividad eléctrica CE de una solución extraída del suelo. (William, T., 2009).

Sub-Base: Se define como sub-base granular a la capa de material granular situado entre la base de la estructura del pavimento y el terreno de fundación. (Especificaciones Técnicas, Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2016).

Suelo: El suelo es una mezcla de minerales, materia orgánica, bacterias, agua y aire. Se forma por la acción de la temperatura, el agua, el viento, los animales y las plantas sobre las rocas. Estos factores descomponen las rocas en partículas muy finas y así forman el suelo; la formación de dos centímetros de suelo tarda siglos, Existen muchas clases de suelo. Esto se debe a que las rocas, el clima, la vegetación varían de un sitio a otro. (Lambe, T., 2009).

Topografía: Consiste en un conjunto de operaciones realizadas sobre el terreno, con el propósito de obtener una fiel representación gráfica, y que posteriormente permitirá la ubicación de los puntos y confección del Plano de ese lugar o zona. Estas Operaciones tienen como finalidad la determinación de datos numéricos suficientes para confeccionar el plano. (Gonzalo C., México, 2015).

II

MATERIALES Y MÉTODOS

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Tipo y Diseño de Investigación

2.1.1. Tipo de la investigación

“La presente investigación fue Aplicada No Experimental, porque el investigador no tiene control sobre las variables independientes porque ya ocurrieron los hechos o porque son intrínsecamente manipulables...” (Hernández, Fernández y Baptista, 1991).

2.1.2. Diseño de la investigación

Experimental Tipo Cuasi – Experimental debido a que se han realizado ensayos en el laboratorio, correctamente realizados de acuerdo a especificaciones técnicas.

2.2. Método de Investigación

Analítico

Luego de haber ordenado las Variables Dependientes e Independiente de procedió a formular la Hipótesis sobre el proyecto.

Sintético

Habiendo elaborado la recolección de datos para el proyecto, de acuerdo con la asesoría del especialista, se dio inicio a la propuesta para el diseño de Pavimento Flexible.

Deductivo

De una manera Lógica los estudios realizados sirvieron para obtener los resultados del diseño de Pavimento Flexible.

Inductivo

Bajo un razonamiento se recolectó la información necesaria para el proyecto.

2.3. Población y Muestra

Población:

En la presente investigación los beneficiados son cuatro mil doscientos doce (4,212) pobladores pertenecientes al distrito de la Victoria, el Bosque y Santa Rosa, siendo un total de 22 hectáreas.

Muestra:

Para la presente investigación se han tomado 46, 181.02 m^2 de área neta de pavimento, que comprende el perímetro de las calles en mención párrafos arriba.

2.4. Variables

2.4.1. Independientes

A. Suelo

Base del pavimento a diseñar, al conformar parte de la estructura a esta se la conoce como subrasante.

B. Pavimento

Es una estructura que se encuentra constituida por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y se construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados.

2.4.2. Dependiente

Diseño de la estructura de pavimento flexible de las calles comprendidas dentro del perímetro de la calle Víctor Raúl Haya de La Torre, calle La Paz, calle Pachacutec y Avenida Gran Chimú del distrito de la Victoria – Lambayeque.

2.5. Operacionalización

Se operará la variable independiente y dependiente con sus respectivas dimensiones, indicadores, sub indicadores, índices, técnicas de recolección de datos, instrumentos de recolección de datos e instrumentos de medición.

Tabla 6*Operacionalización de variable independiente.*

VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADORES	SUB INDICADORES	ÍNDICES	TEC. DE RECOL. DE DATOS	INST. DE REC. DE DATOS	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	
SUELO	Propiedades Físicas	Tamaño de la partícula	Fina	mm	Observación	Guía de observación Anexo N°03	Tamiz N°4	
			Gruesa					
		Cont. De humedad	-----	%			Guía de observación Anexo N°04	Horno
	Consistencia	Plástico	%			Guía de observación Anexo N°06	Vidrio de reloj Copa Casagrande	
		Líquido						
	Propiedades Mecánicas	Densidad	Compactación	%		Guía de observación Anexo N°05	Molde de acero	
		Permeabilidad	-----	%		Guía de observación Anexo N°05	Wincha	
Propiedades Químicas	Salinidad	-----	ppm	Guía de observación Anexo N°07	Horno			
PAVIMENTO	Carpeta Asfáltica	Agregados	Agregado Grueso	%	Observación	Guía de observación Anexo N°03	Tamiz N°4	
			Agregado Fino					
	Asfalto	Emulsión Asfáltica	-----					
	Base	Afirmado	Agregado Grueso			%	Guía de observación Anexo N°03	Tamiz N°4
			Agregado Fino					
Sub Base	Afirmado	Agregado Grueso	%	Guía de observación Anexo N°03	Tamiz N°4			
		Agregado Fino						

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7

Operacionalización de la variable dependiente.

VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADORES	SUB INDICADORES	ÍNDICES	TEC. DE RECOL. DE DATOS	INST. DE REC. DE DATOS	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	
DISEÑO DEL PAVIMENTO	Estudio de tráfico	Conteo de vehículos	Clasificación de vehículos	Veh. / día	Observación	Guía de observación Anexo N°02	-----	
	Levantamiento Topográfico	Planimetría	Coordenadas	UTM		Guía de observación Anexo N°01	Estación total, Gps.	
		Altimetría	Cotas	msnm				
	Estudio de Mecánica de Suelos	Granulometría	Agregado Grueso				Guía de observación Anexo N°03	Tamiz N°4
			Agregado Fino					
		Límites de Atterberg	Límite Plástico				Guía de observación Anexo N°06	Vidrio de reloj
			Límite Líquido					Copa Casagrande
		CBR	Proctor				Guía de observación Anexo N°10	Molde de acero
		Contenido de humedad	-----			%	Guía de observación Anexo N°04	Horno
		Densidad	-----				Guía de observación Anexo N°05	Cono de arena
		Sales Solubles Totales	-----				Guía de observación Anexo N°07	Horno
	Estudio de Canteras	Granulometría	Agregado Grueso				Guía de observación Anexo N°03	Tamiz N°4
			Agregado Fino					

	Contenido de humedad	-----			Guía de observación Anexo N°04	Horno
	Límites de Atterberg	Límite Plástico Límite Líquido			Guía de observación Anexo N°06	Vidrio de reloj Copa Casagrande
	Chatas y Alargadas	-----			Guía de observación Anexo N°12	Calibrador
	Abrasión	-----			Guía de observación Anexo N°11	Maq. De los ángeles
	Equivalente de arena	-----			Guía de observación Anexo N°08	
Diseño Geométrico	Curvas	Horizontales	m	Análisis Documental	Guía de análisis documental	
		Verticales				
	Bombeo	Pendiente longitudinal	m/m		Guía de análisis documental	
Pendiente transversal						
Diseño del Pavimento	Pavimento Flexible	Carpeta Asfáltica	Pulgadas	Análisis Documental	Guía de análisis documental	-----
		Base	m			
		Sub base				
Impacto Ambiental	Diagnóstico	Social Económico	+/-		Guía de análisis documental	-----
Costo	Costo Unitario	-----	S/.		Guía de análisis documental	Software S10

Presupuesto	Metrado	Unid. de medida	Varios	Guía de análisis documental		
Operación y mantenimiento	Preventivo	Limpieza	Unidades	Observación	Guía de observación	-----
	Correctivo	Reparaciones				

FUENTE: Elaboración propia

2.6. Hipótesis

Con el diseño de la estructura de pavimento flexible en las calles comprendidas dentro del perímetro de la Calle Víctor Raúl Haya de La Torre, Calle La Paz, Calle Pachacutec y Avenida Gran Chimú del Distrito de La Victoria – Lambayeque entonces se mejoran las condiciones de transitabilidad vehicular y peatonal en el área de estudio.

2.7. Técnica de Recolección de Datos

Observación: Se ha realizado los estudios en general, y se han anotado los resultados que han obtenido en cada Estudio realizado.

Análisis de Documentos: Se ha tenido en cuenta Libros, Tesis, Revistas, relacionados al tema que se está investigando.

2.8. Instrumentos de recolección de datos

2.8.1. Guías de Observación

Estudios Preliminares:

Equipos para Realizar el Levantamiento Topográfico

Formatos para el Conteo de Vehículos

Estudio de Mecánica de Suelos:

Recolección de datos para la granulometría.

Recolección de datos para el porcentaje de humedad.

Recolección de datos para los límites de Atterberg.

Recolección de datos para sales solubles totales.

Recolección de datos de Proctor y CBR.

2.8.2. Guía de análisis de documentos

Tabla 8

Cuadro de Resumen de utilización de Normas.

NORMA	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN
MANUAL DE CARRETERAS DISEÑO GEOMÉTRICO DG-2014 (RD N° 028-2014-MTC-14)	El Manual de “Diseño Geométrico”, constituye uno de los documentos técnicos de carácter normativo, que rige a nivel nacional y es de cumplimiento obligatorio, el que abarca información necesaria y los diferentes procedimientos, para la elaboración del diseño geométrico de los proyectos, de acuerdo a su categoría y nivel de servicio.	El los Capítulos I, II Y III Capítulo I Clasificación de Carretera. Capítulo II Criterios y Controles Básicos para el Diseño. Capítulo II Diseño Geométrico en Planta, Perfil y Secciones Transversales.
NORMA CE.010 PAVIMENTOS URBANOS (DS N°015-2004-VIVIENDA)	La presente Norma tiene su ámbito de aplicación circunscrito al límite urbano de todas las ciudades del Perú. Esta Norma fija los requisitos y exigencias mínimas para el análisis, diseño, materiales, construcción, control de calidad e inspección de pavimentos urbanos en general, excepto donde ésta indique lo contrario.	Capítulo I Generalidades y Definiciones. Capitulo II. Información previa para la ejecución de los estudios y diseños.

EL manual de Carreteras MTC Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, forma parte de los MANUALES DE CARRETERAS SECCIÓN SUELOS Y PAVIMENTOS (DS N°034-2008-MTC) y es de cumplimiento obligatorio por los órganos responsables de la gestión del infraestructura vial de los 3 niveles de gobierno: Nacional, Regional y Local.

Se ha tomado en consideración los capítulos VI tráfico vial, XI afirmados y XII pavimentos flexibles.

Es un sistema único y coordinado de identificación, prevención, supervisión y corrección anticipada de los impactos ambientales negativos. Están comprendidos también las políticas, planes y programas de nivel nacional, regional y local (que generen implicancias ambientales, significativas, así como los proyectos de inversión pública privada o de capital mixto que podrían causar impactos ambientales negativos significativos).

Se emplearon todos los capítulos de la presente ley para la elaboración de un plan de mitigación ambiental frente a los daños que ocasione este proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

III

RESULTADOS

III. RESULTADOS

3.1 Estudio Topográfico

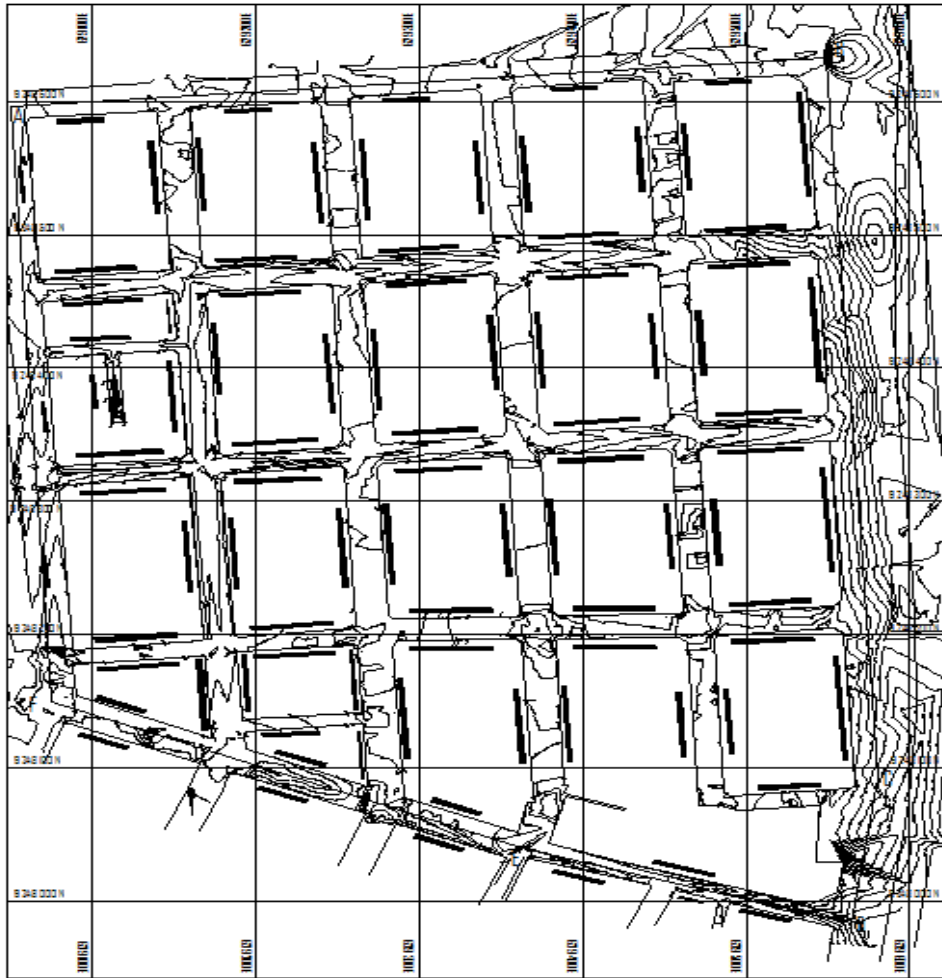


Figura 7: Πλano γενεραλ τοπογρ(φιχο

Fuente: Elaboración propia.

Ámbito de Influencia:

Ubicación geográfica: Latitud Sur: 06°47'18 Longitud Oeste: 79°50'12

Este = 629050.069	Norte = 9248596.538	Punto A
Este = 629548.419	Norte = 9248633.062	Punto B
Este = 629580.066	Norte = 9248093.101	Punto C
Este = 629564.081	Norte = 9247983.421	Punto D
Este = 629366.588	Norte = 9248038.370	Punto E
Este = 629074.944	Norte = 9248150.147	Punto F

Área = 278336.040 m²

Perímetro= 2115.823 ml

Se realizó el levantamiento topográfico con una estación total Leica T06, se hizo uso de 12 puntos que fueron usados como BM, teniendo como resultado una cota máxima de 30.000 m.s.n.m ubicado el E1 en la Intersección de la Av. Gran Chimú y Víctor Raúl sobre el Ovalo y teniendo una cota mínima en la Calle Pachacutec y Sacsahuman con 27.70 m.s.n.m las pendientes mínimas del proyecto son de 0.10% y máxima de 0.2% logrando generar en el diseño geométrico que las aguas pluviales evacuen fuera del área del Proyecto.

El Levantamiento Topográfico ayudo para generar los Planos de Planta General, Curvas de Nivel, Perfiles Longitudinales, Secciones Transversales, Planta Existente, Ubicación y Georreferenciación, Plano de: Sardineles; Veredas y Martillos, Plano de Ubicación de Bms, Plano de Señalización y Plano de Servicios.

3.2 Estudio de tráfico

El tráfico determinado para el diseño es el obtenido de las observaciones efectuadas en campo, la cual se realizó del domingo 01 hasta el 07 de Octubre del 2017, en la estación ubicada en la intersección de la calle Sacsayhuamán y la calle Manuel Seoane, cuyo resumen se indica a continuación:

Tabla 9:*Resumen de conteo de vehicular*

Tipo de Vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Autos, Camionetas (AP – AC)	347	377	359	377	362	332	352
Camión ligero de 2 ejes (C2)	3	2	2	2	2	4	1
Camión mediano de 3 ejes (C3)	2	1	2	1	1	0	0
Camión pesado de 4 ejes (C4)	0	0	0	0	0	0	0
Ómnibus de 2 ejes (B2)	0	0	0	0	0	0	0
Ómnibus de 3 ejes (B3)	0	0	0	0	0	0	0
Camión articulado (T2S1)	0	0	0	0	0	0	0
Camión articulado (T2S2)	0	0	0	0	0	0	0
Camión articulado (T3S1)	0	0	0	0	0	0	0
Camión articulado (T3S2)	0	0	0	0	0	0	0
Camión articulado (T3S3)	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	352	380	363	380	365	336	353

Fuente: Elaboración propia

La vía tiene un carácter vecinal y está clasificada como CV-3, tiene un IMD<400 veh/día, por lo que se ha visto conveniente estimar el tráfico de diseño mediante la aplicación del método para carreteras de bajo volumen por la TRB en su manual “Synthesis 4. Structural Design of low Volume Roads”, donde el IMD es afectado por un factor (M), de tráfico mixto de acuerdo con tres categorías de carga (Ligero-Medio-Pesado).

3.3. Estudio de Mecánica de Suelos

A continuación, se presenta una tabla resumen con la clasificación de suelos de los diferentes estratos encontrados y los ensayos respectivos para determinar su clasificación.

Tabla 10:*Resumen de los resultados de cada ensayo por Estrato*

N° DE CALICATA	N° DE ESTRATO	% W	CONTENIDO DE SALES	LÍMITE DE ATTERBERG			CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO	ANEXO C
				LL	LP	IP			
C1	C1-E1	5.40	0.69	37.87	21	16.87	CH	A-7-6	C
	C1-E2	15.68	0.36	39.48	21.12	18.36	CL	A-6	C
C2	C2-E1	18.67	0.37	57.34	27.3	30.04	CH	A-7-6	C
	C2-E2	12.93	0.17	36.25	21.37	14.88	CL	A-6	C
C3	C3-E1	21.66	0.45	56.56	26.53	30.03	CH	A-7-6	C
	C3-E2	26.79	0.19	36.17	18.77	17.4	CL	A-6	C
C4	C4-E1	20.63	0.5	54.8	24.32	30.48	CH	A-7-6	C
	C4-E2	21.68	0.24	34.93	18.16	16.77	CL	A-6	C
C5	C5-E1	18.36	0.48	57.34	27.3	30.04	CH	A-7-6	C
	C5-E2	18.65	0.27	33.57	18.31	15.26	CL	A-6	C
C6	C6-E1	27.24	0.58	55.76	25.2	30.56	CH	A-7-6	C
	C6-E2	20.73	0.35	34.3	18.69	15.61	CL	A-6	C
C7	C7-E1	7.01	0.30	42.17	18.81	23.36	CH	A-7-6	C
	C7-E2	17.36	0.52	40.30	22.25	18.05	CL	A-6	C
C8	C1-E1	21.35	0.24	55.58	25.97	29.61	CH	A-7-6	C
	C1-E2	22.96	0.13	35.39	22.33	13.06	CL	A-6	C
C9	C9-E1	26.23	0.32	55.78	25.07	30.71	CH	A-7-6	C
	C9-E2	20.71	0.17	34.01	18.11	15.9	CL	A-6	C
C10	C10-E1	7.63	0.21	37.45	18.61	18.84	CH	A-7-6	C
	C10-E2	13.60	0.13	37.54	18.46	19.08	CL	A-6	C
C11	C11-E1	21.13	0.48	56.32	23.69	32.63	CH	A-7-6	C
	C11-E2	26.72	0.15	36.57	18.53	18.04	CL	A-6	C
C12	C7-E1	28.56	0.37	55.22	25.31	29.91	CH	A-7-6	C
	C7-E2	22.04	0.17	34.98	18.19	16.79	CL	A-6	C
C13	C13-E1	27.31	0.49	56.27	25.71	30.56	CH	A-7-6	C
	C13-E2	20.88	0.18	34.05	18.62	15.43	CL	A-6	C
C14	C14-E1	10.67	0.67	41.10	21.91	19.19	CH	A-7-6	C
	C14-E2	10.07	0.14	37.40	18.12	19.28	CL	A-6	C

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1. Ensayo de contenido de Humedad

Para realizar el ensayo de Contenido de humedad se inició con la obtención de las muestras en bolsas herméticas para conservar su humedad de campo, se procedió a llevar las muestras al laboratorio y se pesó 1000 gr de muestra y se colocó al horno, al día siguiente se pesó y se procedió a hallar el contenido de humedad.

Los resultados del ensayo de contenido de humedad que se realizaron a cada estrato se muestran en la siguiente figura:

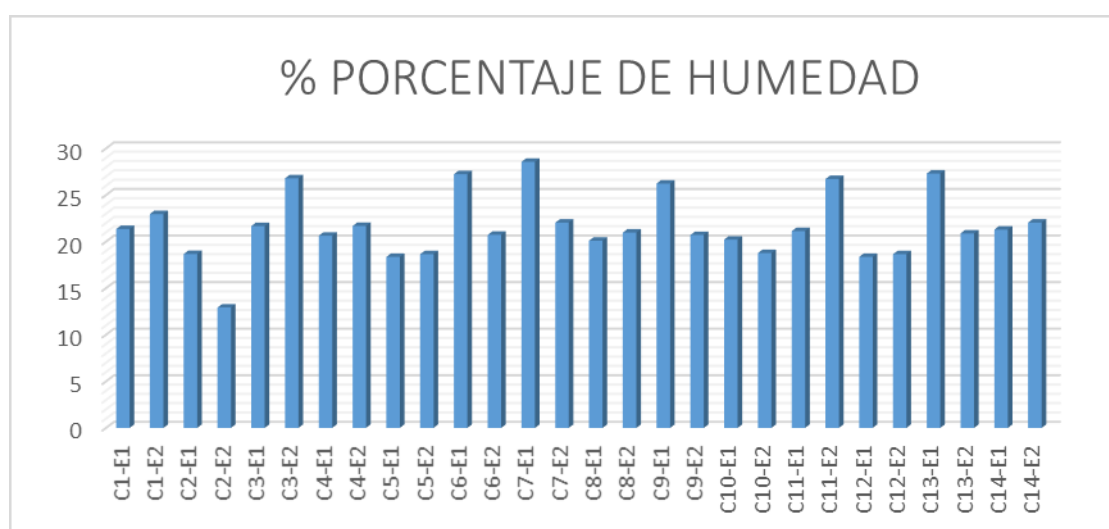


Figura 8: Porcentaje de humedad

Fuente: Elaboración propia

En la figura se puede apreciar que en todas las calicatas el mayor porcentaje de humedad se encuentra en el segundo estrato, esto sucede puesto que a mayor profundidad que se encuentra el suelo, mayor su humedad.

3.3.2. Ensayo de Límites de Atterberg

El ensayo de límite de Atterberg consiste en dos ensayos el de límite líquido y límite plástico; para ambos ensayos se inició secando la muestra al horno y luego chancarla y pesar 120 gr de muestra por la malla N°40 y colocar agua destilada para iniciar con los ensayos; la diferencia es que en el ensayo de límite líquido se utiliza la copa Casagrande y en el Límite plástico se utiliza una placa de vidrio esmerilado.

Los resultados del ensayo de límite de Atterberg que se realizaron a cada estrato se mostraron en la siguiente Figura:

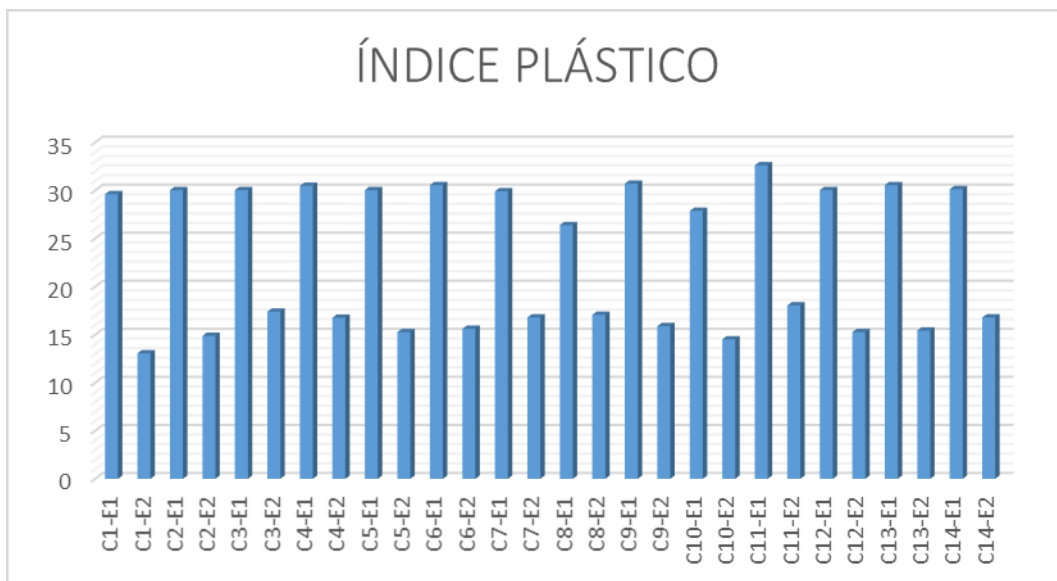


Figura 9 Índice plástico
Fuente: Elaboración propia

En la figura se muestra los resultados del ensayo de límite de Atterberg se observa que hay una gran diferencia entre la Calicata 1 y 14, debido a que estas son en mayor porcentaje arenas y presentan un índice de plasticidad bajo a diferencia del resto de estratos; en los primeros estratos es que presenta mayor índice de plasticidad.

3.3.3. Ensayo de Contenido de Sales

Para realizar el ensayo de contenido de sales se inició secando la muestra y al día siguiente se chanco y se procedió a tamizar por la malla N°10 y se pesó 50 gr, se colocó en una botella de vidrio de vidrio y se agregó 250 ml de agua destilada y se agito por una hora posteriormente se dejó reposar un día para pasar por un papel filtro 50 ml y colocar al horno para determinar el contenido de sales de cada estrato. Los resultados del ensayo de contenido de sales que se realizaron a cada estrato se mostraran en la siguiente tabla:

Tabla 11:*Sales Solubles Totales*

SALES SOLUBLES		
CALICATA	ESTRATO	%SALES
C-01	E-01	0.69
	E-02	0.36
C-02	E-01	0.37
	E-02	0.17
C-03	E-01	0.45
	E-02	0.19
C-04	E-01	0.50
	E-02	0.24
C-05	E-01	0.48
	E-02	0.27
C-06	E-01	0.58
	E-02	0.35
C-07	E-01	0.30
	E-02	0.52
C-08	E-01	0.24
	E-02	0.13
C-09	E-01	0.32
	E-02	0.17
C-10	E-01	0.21
	E-02	0.13
C-11	E-01	0.48
	E-02	0.15
C-12	E-01	0.37
	E-02	0.17
C-13	E-01	0.49
	E-02	0.18
C-14	E-01	0.67
	E-02	0.14

Fuente: Elaboración propia**Interpretación:**

En la tabla número 7 se muestra el porcentaje de sales solubles, las Calicatas 12 – 14 en el estrato 02 superan el 1.50 de contenido de sales que equivalen a 15000 ppm, esto

implica que presenta un grado de alteración perjudicial, pudiendo ocasionar graves problemas al pavimento.

3.3.4. Ensayo de Proctor Modificado

EL ensayo de Proctor se realizó a 3 Calicatas (C-1, C-7 y C-14); se obtuvo más de 80 kg de muestra por calicata, se procedió a secar y tamizar por la malla N°04, se pesó 4 bolsas de 5.50 kg de muestra y se colocó agua a una de ellas para obtener el contenido de humedad base, se dejó saturar por un día y se procedió a la compactación.

Los resultados del ensayo de Proctor modificado que se realizaron a las 3 calicatas se mostraran en la Siguiete Tabla:

Tabla 12:

Resumen de resultados del ensayo de Proctor Modificado Y CBR

Calicata	Muestra	Clasificación		CBR (95%MDS)	Clasificación DE CBR
		SUCS	AASHTO		
C-01	E-2	CL	A-6	8.80	Regular
C-07	E-2	SC	A-6	6.00	Regular
C-10	E-2	SC	A-6	9.75	regular
C-14	E-2	CL	A-6	6.15	Regular

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se visualiza que la muestra de la calicata 10 requiere mayor contenido de humedad y la calicata 10 requiere menos contenido de humedad; a mayor densidad seca será en optimo contenido de humedad.

3.4. Propuesta de diseño

3.4.1 Diseño Estructural del Pavimento

En el Anexo “D”, se detalla los espesores que comprende cada parte de la estructura del pavimento, se aprecia una sub – base granular de 65.00 cm, comprendida con una capa de 0.15 de piedra pedraplen de 6”, luego capa anticontaminante de arenilla de 0.15 cm, subbase de 015 cm, base de 0.15 cm y carpeta asfáltica de 2”.

Siendo un Tipo de Vía Colectora. Según CE. 010 Pavimentos Urbanos

Según Clasificación de Sub rasante

S₂: Subrasante Regular de CBR **6% a CBR < 10%**

Clasificación de la Vía Período de Análisis (Años)
 Pavimentada de bajo Volumen de tráfico 15 – 25 Años

Requisitos mínimos

Espesores de la capa de Rodadura

Vía Arterial ≥ 70 mm

Tabla 13:

Resultados del tráfico futuro estimado

Tipo	Diario Inicial	X 365	Factor Camión	Factor Crecimiento	Esal
AP	288	104938	0.00075	26.87	2114.78
AC	12	4380	0.00819	26.87	963.90
C2	23	8213	3.71171	26.87	819074.00
C3	3	1095	2.56842	26.87	75570.78
ESAL's =					897723.45

Fuente: Elaboración propia

TIPO	DIARIO INICIAL	X 365	FACTOR CAMIÓN	FACTOR CRECIMIENTO	ESAL
AP	288	104938	0.00075	26.87	2114.78
AC	12	4380	0.00819	26.87	963.90
C2	23	8213	3.71171	26.87	819074.00
C3	3	1095	2.56842	26.87	75570.78
ESAL's =					897723.45

Módulo de Resiliencia

$$MR = 3000 \times CBR^{0.65}$$

Con CBR de diseño = 7.68%, MR a emplear = 11288 psi

Confiabilidad:

Promedio: 90%

Coefficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Zr):

$$Zr = -1.282$$

Desviación Estándar Combinada (So):

$$S_o = 0.45$$

Serviciabilidad:

$$\Delta PSI = P_o - P_t = 4.20 - 2.25 = 1.95$$

Coefficiente de Capa:

$$SN = a_1 * D_1 * m_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3$$

Capa Superficial de Concreto Asfáltico:

$$E_{AC} \text{ a } 20^\circ C = 400000 \text{ psi, } a_1 = 0.43$$

Capa de Base Granular:

$$a_2 = 0.249 * \log (E_{BS}) - 0.977 \dots \dots \dots (\alpha)$$

$$E_{BS} = 30000 \text{ psi, } a_2 = 0.14$$

Capa de Sub-base Granular:

La ecuación base de la Carretera Experimental AASHO:

$$a_3 = 0.277 * \log (E_{SB}) - 0.839$$

$$E_{SB} = 15000 \text{ psi, } a_3 = 0.11$$

Drenaje:

$$SN = a_1 * D_1 + a_2 * D_2 * m_2 + a_3 * D_3 * m_3$$

Tiempos de Drenaje:

Bueno: 1 día

Coefficiente de Capa modificados de materiales de Base y Sub-base no tratada en Pavimentos Flexibles:

$$m_i = \text{Bueno} = 1.15 - 1.00$$

$$m_2, m_3 = 1.10, m_1 = 1.00$$

Datos de Entrada para el Cálculo del Sn

Ejes equivalentes: W18 897723.45

Confiabilidad: R: 0.90

Desviación Estandar Normal: Zr: -1.2815516

Desviación Estándar: So: 0.45

Serviciabilidad inicial: Po: 4.2

Serviciabilidad final: Pt: 2.25

PSI: 1.95

Mr: BASE: 30000 psi

Mr Sub-Base: 15000 psi

Mr Sub-Rasante: 11288 psi

W18 = 897723 Numero Estructural (SN) = 2.87

ESAL = 897723.

Tabla 13:

Diseño del pavimento

TRAFICO ESALS	CONCRETO ASFALTICO (PUL)	BASE DE AGREGADOS (PUL)
Menos de 50,000	1.0 (o tratamiento superficial)	4
50,001-150,000	2	4
150,000-500,000	2.5	4
500,001-2'000,000	3	6
2'000,000-7'000,000	3.5	6
Mayor que 7'000,000	4	6

Fuente Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimentos – 1993

Concreto Asfaltico (Pulgadas) = 3 “

Base de Agregados (Pulgadas) = 6”

Análisis de Diseño por Capas:

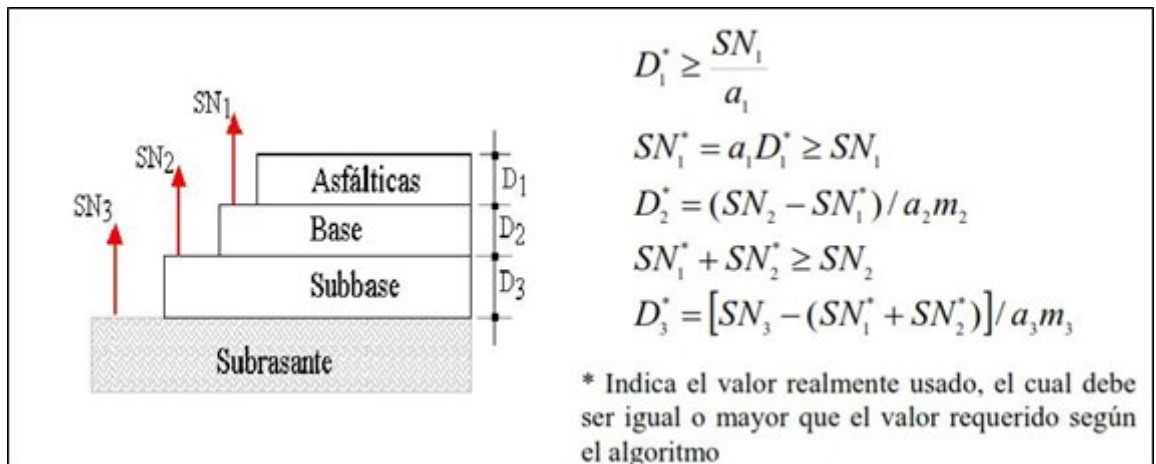


Figura 10: Procedimiento para determinar los espesores por capa usando una aproximación de Análisis.

$$D_1 = 3.00 \text{ ''}$$

$$D_2 = 6.00 \text{ ''}$$

$$a_1 = 0.43$$

$$a_2 = 0.14$$

$$a_3 = 0.11$$

$$m_1 = 1.00$$

$$m_2 = 1.10$$

$$m_3 = 1.10$$

- **Espesor de la capa asfáltica:**

Para calcular el espesor de la carpeta asfáltica se utiliza la siguiente expresión:

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1}$$

$$D_1 = \frac{1.91}{0.43} = 4.44 \approx 4.50 \approx 11.25 \text{ cm}$$

Se corrige el $SN_1^* = 1.94 \geq SN_1$.

- **Espesor de la base:**

$$D_2 = \frac{(SN_2 - SN_1)}{a_2 * m_2}$$

$$D_2 = \frac{(2.18 - 1.94)}{0.14 * 1.1} = 1.56" \approx 2.00" \approx 5 \text{ cm}$$

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2$$

$$1.94 + 0.14 * 1.1 * 2^* = 2.248 \geq 2.18$$

Se corrige el $SN_2^* = 0.30$

- **Espesor de la sub-base:**

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

$$D_3 = \frac{[2.87 - (1.94 + 0.30)]}{0.11 * 1.1} = 5.21 \approx 6.00 \approx 15.0 \text{ cm}$$

Tabla 14:

Espesores mínimos

Capas	ESPESORES MÍNIMOS	
Carpeta Asfáltica	3"	7.5 cm
Base Granular	6"	15 cm
Sub-Base Granular	6"	15 cm
TOTAL	15.0"	37.50 cm

Cuadro: Elaboración Propia

SN final = 2.94 mayor que el requerido SN = 2.87, podemos afirmar que cumple.

3.5 Presupuesto de ejecución de obra.

El Presupuesto de la Obra al mes de Mayo 2018 de acuerdo a los Costos Unitarios y Metrados obtenidos, tomando en cuenta también que la obra debe realizarse por Contrata.

El Presupuesto para la ejecución de este componente asciende a la suma de *S/. 11'198,455.72 (ONCE MILLONES CIENTO NOVENTA Y OCHO MIL CUATROCIENTOS CINCUENTA Y CINCO Y 72/100 NUEVOS SOLES)*,

Tabla 15:

Resumen de Presupuesto

N°	Descripción	Cantidad (%)	Parcial	Total
1.0.0.	PRESUPUESTO DE OBRA			
1.0.1	Costo Directo	100	7,859,392.72	
1.0.2.	Gastos Generales	10	785,939.27	
1.0.3.	Utilidad	5	392,969.64	
1.0.3.	Sub-total		9,038,301.63	
1.0.4.	Impuesto General a las Ventas - IGV	18	1,626,894.29	
I	Total de Presupuesto de Obra		10,665,195.92	10,665,195.92
2.0.0.	INTANGIBLES			
2.0.1.	Supervisión de Obra	5	533,259.80	
II	Total de intangibles		533,259.80	533,259.80
III	TOTAL DE LA INVERSIÓN (I + II)		11,198,455.72	11,198,455.72

MODALIDAD DE EJECUCIÓN

La obra se recomienda ejecutarse por la modalidad de Contrata – A Precios unitarios.

IV DISCUSIÓN

IV. DISCUSIÓN

4.1. Estudio topográfico.

Objetivo de realizar el Levantamiento Topográfico las Calles Comprendidas dentro del Perímetro de la Calle Víctor Raúl Haya de la Torre, Calle La Paz, Calle Pachacútec y Avenida Gran Chimú, Chiclayo - Lambayeque, para realizar: “DISEÑO LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE DE LAS CALLES COMPRENDIDAS DENTRO DEL PERÍMETRO DE LA CALLE VÍCTOR RAÚL HAYA DE LA TORRE, CALLE LA PAZ, CALLE PACHACUTEC Y AVENIDA GRAN CHIMÚ DEL DISTRITO DE LA VICTORIA – LAMBAYEQUE”.

Del Plano de curvas de nivel se generó el perfil de terreno, el cual ayudo a indicar la orientación natural del terreno, generar los alineamientos de las calles, a definir las secciones viales y empezar con los Diseño Geométrico de las Calles.

Estas coordenadas fueron contrastadas con software Google earth además por un GPS garmen modelo monterra, calibrado para el levantamiento topográfico.

4.2. Conteo de tráfico vehicular.

Se realizó el conteo vehicular según las disposiciones y normativa del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, así como también se siguieron las recomendaciones para un correcto conteo de esta manera poder definir qué tipo de vía es la que se ha estudiado y definirla según la normativa peruana CE.010 Pavimentos urbanos.

4.3. Estudio de Mecánica de Suelos

La conformación estratigráfica del área en estudio corresponde a un depósito sedimentario de suelos finos sedimentarios que corresponden a arcilla limosa y Arcillas Plásticas Inorgánicas donde predominan las arcillas inorgánicas de mediana y alta plasticidad (CL – CH) de consistencia variable entre media y semi dura, de baja capacidad de soporte en estado natural.

El material conformante en la zona superficial de todo el terreno que comprende el proyecto, es de tipo de relleno no seleccionado, contaminado, en un espesor promedio de 0.15 – 0.25 m; se recomienda eliminar con fines de limpieza.

El nivel freático no se ha ubicado.

El material existente en el proyecto a pavimentarse presenta un pobre o regular (a nivel de sub – rasante) resistencia al corte, bajo condiciones de humedad y densidad controladas ($3 < C.B.R. < 5$ %) por lo que se recomienda considerar espesores promedio de sub base y base de 0.15 – 0.20m. el tráfico en la zona es Regular tráfico local considerar una tasa de crecimiento del 2.4 %.

Clasificación del suelo.

De acuerdo con los ensayos realizados y los resultados se ha clasificado el suelo de exploración.

4.3.1 Ensayo de contenido de Humedad

Se han tomado en consideración las recomendaciones y procedimiento a seguir dados por la norma MTC E-108 para dar una mayor validez al trabajo realizado en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Señor de Sipán, bajo la supervisión del técnico encargado del laboratorio.

Dando como resultado niveles aceptables en los procedimientos realizados en el laboratorio.

4.3.2 Ensayo de Límites de Atterberg

Este ensayo se desarrolló según la N.T.P. 339.129, ASTM D – 4318, se siguió de acuerdo con la norma todo paso para llegar al resultado correcto el cual consiste en determinar el límite líquido, plástico e índice de plasticidad de las muestras obtenidas según las calicatas desarrolladas, con estos resultados se podrá obtener la clasificación de dichos suelos.

Según la norma CE.010 Pavimentos Urbanos los índices de las diferentes calicatas deben ser menor al 6% esto quiere decir que todas las calicatas cumplen con dicha condición.

4.3.3 Ensayo de Contenido de Sales

Se tomó en consideración las recomendaciones y procedimiento a seguir dado por la norma MTC E-219 para dar una mayor validez al trabajo realizado en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Señor de Sipán, bajo la supervisión del técnico encargado del laboratorio.

Según la norma CE.010 Pavimentos Urbanos nos indica que los valores en la subrasante no deben exceder 0.5% de sales, revisando la tabla de contenido de sales de resultados estos valores no exceden a lo que dicen la norma.

4.3.4 Ensayo de Proctor Modificado

Aplicando este ensayo a la subrasante según el MTC se determinó el espesor del nuevo pavimento y así cumplir con el diseño adecuado para este. Dando como resultado un CBR pobre por lo cual se ha tomado en consideración un mejoramiento de terreno como lo indica la norma CE.010 Pavimentos Urbanos.

4.4. Propuesta de diseño

El diseño realizado son tales como las metodologías del Instituto de Asfalto, de la AASHTO 93 El diseño es para una vía Local señalando en la norma mínimo 50mm de Capa de Rodadura teniendo el proyecto 5" seguido de una capa de Base de 15cm con material granular (Afirmado) y luego otra capa de 15 cm de material granular, y para el mejoramiento de la Subrasante 0.15 de pedraplén seguido de 0.15 de Arenilla como Impermeabilizante. Logrando concretar los 0.65 cm de Estructura de Pavimento mínimo para Pavimentos Urbanos CE.010

V

**CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El área a pavimentar de vías es 4.35 Ha, el cual será con pavimento flexible en caliente.

El ancho de las vías colectoras es de 6.00 m como mínimo y 12.00 m como máximo. La topografía del terreno es en su totalidad es plano, por lo que la pendiente longitudinal se adaptó a las condiciones del mismo.

Mediante el estudio de tráfico se concluyó que los días con mayor presencia de transitabilidad vehicular son los lunes y viernes, el resto de los días presentan una similitud entre ellos.

La zona a pavimentar, presenta una estratigrafía de suelos conformada por una primera capa de relleno, de 0.05 a 0.10 m de espesor, una segunda capa donde predominan las arcillas de baja a mediana compresibilidad, cuyo valor de CBR promedio de 7.68%.

El pavimento flexible en caliente es determinado por el método AASHTO 1993, teniendo los siguientes espesores: Mejoramiento de Sub Rasante con pedraplén de 15 cm, Mejoramiento de Sub Rasante con Arenilla de 15 cm, Sub Base Granular de 15 cm, Base Granular de 15 cm y Carpeta de Rodadura de 5.00 cm.

La capa de arenilla propuesta en el presente proyecto tiene la finalidad de servir como impermeabilizante, para el mejor trabajo de la estructura del pavimento.

El Plazo de Ejecución de la obra es de 10 meses y el monto total de la obra es de S/. 11,198,455.72 Soles.

5.2. Recomendaciones

Al realizar el replanteo topográfico, los puntos topográficos deberán estar visibles para facilitar los trabajos, el topógrafo debe estar continuamente revisando los puntos replanteados, hasta tener una precisión mínima en su poligonal cerrada.

Se tiene un total Análisis del presupuesto con respecto a Pavimento Flexible de S/. 5 225 695.73 Soles. Del cual se tiene un total de 47938.01 metros cuadrados. Lo cual se tiene por análisis un total de S/. 109.01 Soles del Valor de Estructura de Pavimento por Metro Cuadrado.

Para la Elaboración de la Siguiete Tesis se tuvo en cuenta la CE.010 Pavimentos Urbanos para la correcta información.

Se recomienda que, para la ejecución de los trabajos, en función a la estructura propuesta se realicen pruebas de densidad durante las compactaciones, además de los diseños de mezcla asfáltica, a fin de lograr un adecuado acabado y durabilidad de la estructura de pavimento flexible.

Se recomienda que se implemente un plan de uso de las áreas verdes, utilizando la cantidad de agua adecuada, porque un exceso de la misma afectará la capacidad de soporte del suelo, que lleve a un deterioro de la estructura del pavimento.

Referencias

- Ferrufino, J. y Moreira, S. (2006). *Material de apoyo didáctico para la enseñanza y el aprendizaje de la asignatura de obras hidráulicas II*. Diploma (Licenciatura en Ingeniería Civil). Cochabamba, Bolivia, Universidad Mayor de San Simón.
- Jiménez, J. y De Justo, J. (1975). *Geotecnia y Cimientos I: Propiedades de los suelos y de las rocas*. (2ª edición). Madrid (España): Rueda.
- Juárez, E. y Rico, A. (2011). *Mecánica de Suelos* (Tomo II). México: Limusa.
- Juárez, E. y Rico, A. (1974). *Mecánica de Suelos* (Tomo III). México: Limusa.
- M. Das, B. (2012). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. (7ª edición). México: Cengage.
- Martínez et al. (2007). *Diseño de pequeñas presas*. (Traducción de la 3ª edición americana). Madrid: Bellisco.
- Ministerio de transportes y comunicaciones (2010) Norma Ce. 010 Pavimentos Urbanos
- Terzaghi, K. & Peck, R. (1973). *Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica* (2ª edición – Versión Española). Barcelona (España): El Ateneo.