



**FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
TESIS**

**“DISEÑO DE LA PAVIMENTACIÓN EN LA  
URBANIZACIÓN CIUDAD DEL CHOFER DEL  
DISTRITO DE CHICLAYO” – 2020**

**PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
CIVIL**

**Autor:**

**Bach. Porras Peña, Eswin Anibal**

**<https://orcid.org/0000-0002-7789-3041>**

**Asesor:**

**Ing. Villegas Granados Luis Mariano**

**<https://orcid.org/0000-0001-5401-2566>**

**Línea de Investigación:**

**Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente**

**Pimentel – Perú**

**2022**

## APROBACIÓN DEL JURADO

### “DISEÑO DE LA PAVIMENTACIÓN EN LA URBANIZACIÓN CIUDAD DEL CHOFER DEL DISTRITO DE CHICLAYO” – 2020

---

Bach. Eswin Anibal Porras Peña

**Autor**

---

Ing. Villegas Granados Luis Mariano

**Asesor**

---

Ing. Mg. Muñoz Pérez Sócrates Pedro

**Presidente de Jurado**

---

Ing. Idrogo Pérez, cesar Antonio

**Secretario de Jurado**

---

Ing. Mg. Marín Bardales, Noé

**Vocal de Jurado**

## **Dedicatoria**

A Dios, por guiarme por este camino de la vida, brindándome salud y bienestar.

A mis padres Aníbal y Genara que han guiado mi camino en cada momento, para que con su ejemplo y esfuerzo cumpla mis metas profesionales

A mis hermanos, quienes han sido los compañeros incondicionales en este camino que se llama vida.

Eswin Anibal Porras Peña

## **Agradecimiento**

A mi familia, amigos, que estuvieron presentes apoyándome para que pueda lograr esta meta tan importante en mi vida.

A los docentes de la escuela profesional de ingeniería civil que impartieron sus conocimientos y experiencias en las aulas de nuestra querida USS.

A mi hijo, Ethan que es la inspiración para que cada día tenga las ganas de cumplir mis metas.

A mi madre Genara que siempre su objetivo fue ver a todos sus hijos profesionales

A Itala por ser la compañera, que directa e indirectamente ayudo a lograr esta meta.

A todos ellos, infinitas gracias.

Eswin Anibal Porras Peña

## Resumen

El presente trabajo de investigación que a continuación se presenta es del tipo Cuantitativa – Tecnológica, de diseño Cuasi Experimental, porque se realizará recolección y análisis de datos compuesta por variables dependientes e independientes. Teniendo como finalidad realizar el diseño de la pavimentación en la urbanización ciudad del chofer del distrito de Chiclayo, que conlleve a una mejor transitabilidad peatonal y vehicular de sus habitantes, para tal fin se realizó un diagnóstico situacional de la zona, estudios mínimos de ingeniería (levantamiento topográfico, estudio de mecánica de suelos, estudio de tráfico y otros), diseño estructural del pavimento rígido utilizando la metodología AASTHO 93 y estudio económico para la ejecución de la pavimentación.

La urbanización donde se realizó la investigación no cuenta con pavimentación en ninguna de sus 21 calles, lo cual provoca en todo el año polvo excesivo, generando enfermedades dérmicas y respiratorias.

La pavimentación de calles tiene un efecto positivo directo en los pobladores de la urbanización: inversión en bienes, ser propietario de algún vehículo, aumentan el valor de los bienes inmuebles, mejor transitabilidad peatonal y vehicular entre otros. El análisis de costo-beneficio de las repercusiones positivas económicas de pavimentar, conllevan a superar los costos de la construcción del pavimento. Es así que la pavimentación de la zona mejora la calidad de vida de la urbanización.

**Palabras clave:** Pavimentación, Pavimento Rígido, Diseño Estructural, Topografía, CBR, suelos, volumen vehicular, ESALS

## **Abstract**

The present research work that is presented below is of the Quantitative - Technological type, of Quasi-Experimental design, because data collection and analysis will be carried out composed of dependent and independent variables. With the purpose of carrying out the design of the paving in the ciudad del chauffeur urbanization of the district of Chiclayo, which leads to a better pedestrian and vehicular traffic of its inhabitants, for this purpose a situational diagnosis of the area was carried out, minimum engineering studies (topographic survey, soil mechanics study, traffic study and others), structural design of the rigid pavement using the AASTHO 93 methodology and economic study for the execution of the paving.

The urbanization where the research was carried out does not have paving in any of its 21 streets, which causes excessive dust throughout the year, generating skin and respiratory diseases.

The paving of streets has a direct positive effect on the residents of the urbanization: investment in assets, owning a vehicle, increases the value of real estate, better pedestrian and vehicular traffic, among others. The cost-benefit analysis of the positive economic repercussions of paving leads to exceeding the costs of pavement construction. Thus, paving the area improves the quality of life in the urbanization.

**Keywords:** Paving, Rigid Pavement, Structural Design, Topography, CBR, soils, vehicle volume, ESALS

## Índice de Contenido

Dedicatoria .....	iii
Agradecimiento .....	iv
Resumen .....	v
Abstract .....	vi
Índice de Contenido .....	vii
Indice de Figuras .....	xi
Indice de Tablas .....	xiii
<b>I.INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>16</b>
1.1. Realidad Problemática. ....	16
1.1.1. A Nivel Internacional.....	16
1.1.2. A Nivel Nacional. ....	18
1.1.3. A Nivel Local. ....	20
1.2. Trabajos previos.....	24
1.2.1. A Nivel internacional.....	24
1.2.2. A Nivel Nacional .....	26
1.2.3. A Nivel Local. ....	28
1.3. Teorías Relacionadas al tema.....	30
1.3.1. Pavimento .....	30
1.3.2. Pavimento rígido.....	58
1.3.3. Normativa Técnica y Manuales. ....	82

1.3.4.	Definición de Términos.....	84
1.4.	Formulación del Problema. ....	88
1.5.	Justificación e importancia del estudio .....	88
1.5.1.	Justificación Técnica .....	88
1.5.2.	Justificación Ambiental. ....	88
1.5.3.	Justificación Socioeconómica.....	88
1.5.4.	Importancia.....	89
1.6.	Hipótesis .....	89
1.7.	Objetivos .....	89
1.7.1.	Objetivo General.....	89
1.7.2.	Objetivos Específicos .....	89
<b>II.</b>	<b>MATERIAL Y METODOS.....</b>	<b>90</b>
2.1.	Tipo y Diseño de Investigación .....	90
2.1.1.	Tipo de Investigación.....	90
2.1.2.	Diseño de Investigación .....	90
2.2.	Población y Muestra.....	90
2.2.1.	Población.....	90
2.2.2.	Muestra .....	90
2.3.	Variables, Operacionalización.....	91
2.3.1.	Variables .....	91
2.3.2.	Operacionalización.....	91

2.4.	Técnicas e instrumentación de Recolección de Datos, Validez Y Confiabilidad.	92
2.4.1.	Técnicas de Recolección de Datos .....	92
2.4.2.	Instrumentos de Recolección de Datos .....	93
2.4.3.	Confiabilidad de Datos .....	94
2.5.	Procedimientos de Análisis de Datos.....	95
2.5.1.	Diagrama de Flujo de Procesos .....	96
2.5.2.	Descripción de Procesos.....	97
2.6.	Criterios Éticos .....	106
2.6.1.	Ética de la Recolección de Datos:.....	106
2.6.2.	Ética de la publicación.....	106
2.6.3.	Ética de la aplicación.....	106
2.7.	Criterios de Rigor Científico. ....	106
<b>III.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>108</b>
3.1.	Resultados en Tablas y figuras .....	108
3.1.1.	Primero: Diagnóstico Situacional de las calles y avenidas.....	108
3.1.2.	Segundo: Estudios básicos para el diseño de Infraestructura Vial Urbano.	110
3.1.3.	Tercero: Diseño del Pavimento Rígido Utilizando Método AASTHO 93.	122
3.1.4.	Cuarto: Estudio económico para la pavimentación de la urbanización...	125
3.2.	Discusión de Resultados.....	128
<b>IV.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>135</b>

4.1.	Conclusiones.....	135
4.2.	Recomendaciones.....	137
<b>V.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. ....</b>	<b>139</b>
<b>VI.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>151</b>

## Índice de Figuras

Figura 1 <i>Vista Satelital Urbanización Ciudad del Chofer</i> .....	20
Figura 2 <i>Acumulación de Aguas de Lluvia en las Vías de la Urbanización</i> .....	22
Figura 3 <i>Centros Educativos Perjudicado Por el estancamiento del agua de llluvias</i> .....	23
Figura 4 <i>Tipos de Pavimentos</i> .....	31
Figura 5 <i>Estructura Típica de un Pavimento Rígido</i> .....	32
Figura 6 <i>Propagación de la Presión de Carga de la Rueda a Través de la Estructura del Pavimento</i> .....	33
Figura 7 <i>Conformación Típica de un Pavimento Semirrígido</i> .....	33
Figura 8 <i>Deflexión en el Pavimento Producida por Esfuerzos de Tracción y Compresión</i> .....	34
Figura 9 <i>Estructura Típica de un Pavimento Asfáltico-Flexible</i> .....	34
Figura 10 <i>Esfuerzos Sobre un Pavimento Asfáltico-Flexible</i> .....	35
Figura 11 <i>Corte de un Pavimento Articulado</i> .....	36
Figura 12 <i>Forma de Ejes</i> .....	40
Figura 13 <i>Curva Granulométrica</i> .....	48
Figura 14 <i>Límites de Atterberg</i> .....	49
Figura 15 <i>Gráfica de Plasticidad</i> .....	55
Figura 16 <i>Proporción de Vehículos Comerciales en Carril</i> .....	63
<b>Figura 17</b> <i>Factores de Seguridad</i> .....	64
Figura 18 <i>Numero de Desviación Estándar del Promedio</i> .....	68
Figura 19 <i>Capas de Apoyo del Pavimento Rígido</i> .....	71

Figura 20 <i>Modulo de Reacción de la Subrasante y Correlación CBR</i> .....	71
Figura 21 <i>Coeficiente de Reacción</i> .....	72
Figura 22 <i>CBR para la Subbase Granular de Pavimentos Rígidos Según Tráfico Expresado en EE</i> .....	72
Figura 23 <i>Tipos de Juntas Transversales de Contracción</i> .....	78
Figura 24 <i>Juntas e Expansión y Aislamiento</i> .....	79
Figura 25 <i>Juntas Transversales de Construcción</i> .....	80
Figura 26 <i>Esquema de Flujo de Procesos</i> .....	96
Figura 27 <i>Tamizado de la Muestra</i> .....	102
Figura 28 <i>Poligonal Urbanización del Chofer</i> .....	110
Figura 29 <i>Contenido de Sales en el Suelo</i> .....	121
Figura 30 <i>Comprobación del Espesor de Losa con el Prog. PavimR</i> .....	124
Figura 31 <i>Sección Típica del Paquete Estructural</i> .....	125
Figura 32 <i>Resumen del Presupuesto</i> .....	128

## Indice de Tablas

Tabla 1 <i>Factor de Distribución - Direccional para Cálculo del Tránsito en el Carril</i> .....	37
Tabla 2 <i>Factores de Crecimiento Acumulado (Fca), para calcular el N° de EE</i> 38	
Tabla 3 <i>N° de EE, en el Carril de Diseño</i> .....	41
Tabla 4 <i>Técnicas de Investigación de Campo</i> .....	44
Tabla 5 <i>Tipos de Muestras</i> .....	45
Tabla 6 <i>Puntos de Investigación</i> .....	46
Tabla 7 <i>Límites de Separación de Tamaño de Suelo</i> .....	47
Tabla 8 <i>Suelos Dispuestos a Cambios volumétricos con Cambios de Humedad</i> .....	51
Tabla 9 <i>Características del Suelo Según su Plasticidad</i> .....	51
Tabla 10 <i>Clasificación de materiales para Subrasante</i> .....	52
Tabla 11 <i>S.U.C.S. (Apoyado en el Material que pasa por el tamiz N° 75)</i> .....	54
Tabla 12 <i>Valores de Esfuerzo en la muestra Patrón</i> .....	57
Tabla 13 <i>Categorías de Subrasante</i> .....	58
Tabla 14 <i>Bases Tratadas con Cemento</i> .....	61
Tabla 15 <i>Periodo de Análisis</i> .....	62
Tabla 16 <i>Periodo de Análisis</i> .....	66
Tabla 17 <i>Desviación Estándar Global</i> .....	67
Tabla 18 <i>Coeficiente (R) y (Zr), Según Rango de Trafico</i> .....	68
Tabla 19 <i>Índice de (Pi) y (Pt)</i> .....	69

Tabla 20	<i>Valores de Resistencia del Concreto Según Trafico</i> .....	73
Tabla 21	<i>Condición de Drenaje</i> .....	74
Tabla 22	<i>Coeficientes de Drenaje en las Capas Granulares Cd</i> .....	75
Tabla 23	<i>Coeficiente de Transmisión de Carga J</i> .....	76
Tabla 24	<i>Dimensiones de Losa</i> .....	77
Tabla 25	<i>Distanciamiento de Juntas</i> .....	80
Tabla 26	<i>Espesores y Dimensiones Recomendados en Pasadores</i> .....	81
Tabla 27	<i>Operacionalización</i> .....	91
Tabla 28	<i>Nombre de Calles y Servicios Básicos</i> .....	108
Tabla 29	<i>Instituciones en la Urbanización</i> . .....	109
Tabla 30	<i>Resumen del Cuadro de Datos Técnicos</i> .....	111
Tabla 31	<i>Resumen Áreas Ocupadas por Lotes y Otros Usos</i> .....	111
Tabla 32	<i>Estaciones de Conteo Vehicular</i> .....	111
Tabla 33	<i>Conteo Vehicular en Estación 01 del 02/08/2021 al 08/08/2021</i> .....	112
Tabla 34	<i>Conteo Vehicular en Estación 02 del 02/08/2021 al 08/08/2021</i> .....	112
Tabla 35	<i>Tráfico Vehicular IMD Sin Corrección (Veh/día)</i> .....	113
Tabla 36	<i>Tráfico Vehicular IMDA y clasificación Vehicular (Veh/día)</i> .....	114
Tabla 37	<i>Clasificación de las Calles urbanas Urb. Ciudad del Chofer</i> .....	115
Tabla 38	<i>Análisis Granulométrico por Tamizado</i> .....	116
Tabla 39	<i>Resultados de Contenido de Humedad (%W)</i> .....	117
Tabla 40	<i>Resultados Límites de Atterberg</i> .....	118
Tabla 41	<i>Tipo de Suelo según AASHTO y SUCS</i> .....	119

Tabla 42 <i>Contenido de Sales Solubles en Suelo</i> .....	120
Tabla 43 <i>Resultados de CBR y Proctor</i> .....	122
Tabla 44 <i>Datos para el Diseño del espesor del Pavimento y la Subbase</i> .....	122

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática.

#### 1.1.1. A Nivel Internacional.

**Ecuador**, entre el cruce vía virgen de Fátima - Naranjal ubicado en el Kilómetro 11 – Tauro, en un total de 15 KM, es un eje vial que conecta las provincias de el Oro, Cañar y Azuay, las localidades menores de poca población tienen escasa comunicación y acceso muy limitado a las mayores ciudades, para sus actividades comerciales, además la población joven que desea estudiar tiene que recorrer demasiadas distancias para llegar a sus centros de estudios.

El corredor vial de las provincias antes mencionadas, se encuentran en ejecución con un pavimento flexible, frente a esto se está presentando una propuesta alternativa con pavimento rígido que sería mejor en el futuro. (Delgado & Livingston, 2018).

**Ecuador**, con el crecimiento de la población, la economía ha crecido considerablemente, como consecuencia el parque automotor ha incrementado, por eso la necesidad del mejoramiento y construcción de infraestructura vial urbana, para mejorar la calidad de vida de la población y dar vías seguras, confortables que disminuyan el costo de operación. (Maila & Pasacocha, 2017).

**Bogotá**, existen 900 barrios ubicadas en zonas marginales cuyas calles no tienen pavimento, humanos que rutinariamente tienen que batallar con partículas de polvo, 200,000 niños en temporadas de frío tienen que andar en el fango para ir de sus casas a las escuelas, son zonas donde domina el transporte ilegal porque los vehículos de transporte público no entran por el mal estado de las vías, son áreas donde las personas con condiciones de habilidades diferente o alguna imposibilidad no tienen pases o vías que se les faciliten su desplazamiento.

De esos 900, 120 sectores carecen de infraestructura vial porque viven en la precariedad y a ellos no han llegado los beneficios de servicios comunales del estado.

El resto de barrios, a pesar de estar formalizados, no tienen infraestructura vial, porque por años han sido olvidados por sus gobernantes de turno, que han creído que las obras de pavimentación no tienen nada que ver con la calidad de vida y con la inversión social.

Varios sectores tuvieron pavimentos peatonales y vehiculares en sus calles y avenidas, pero al no recibir mantenimiento por mucho tiempo, que han desaparecido, sin quedar señas que alguna vez tuvieron pavimentadas y hoy sus vías parecen trochas.

Un poblador Hugo Quintero, narra que tuvo que esperar 20 años para que su sector sea pavimentado, obteniendo beneficios como la desaparición de los constantes malos olores que llegaban en épocas de lluvia y el polvo que padecían en verano, los moscos, los insectos y la indigencia, los niños no podían salir a recrearse frente a sus hogares o áreas verdes, los carros y las ambulancias no podían llegar por el mal estado de las calles y avenidas.

Las obras de infraestructura vial con cemento o asfalto, aumenta la importancia cuando nos dirigimos al progreso de la clase de vida de los habitantes. El ambiente se transforma a calles con polvo, con malos olores, por la dejadez de del mantenimiento de vías, sin inversión social. (Bastidas, 2016).

**México**, frente a la necesidad de tener vías de comunicación en buenas condiciones es una prioridad en una urbanización, debido que las calles y accesos que se encuentren en una ciudad deben brindar seguridad y comodidad a los usuarios, por tal motivo el trazo del proyecto debe cumplir con las necesidades del proyecto para mejorar la calidad de vida de los habitantes.

Por lo expuesto es necesario saber ¿qué tipo de pavimento es mejor utilizar en la pavimentación de la urbanización, de la Colonia Tijerías de Uruapan y por

consecuencia seleccionar el tipo de pavimento más adecuado a utilizar y realizar el diseño del pavimento, para solucionar la problemática de una manera técnica y adecuada. (Guerrero, 2014).

**Chile**, al incrementar los moradores, hace de prioridad expandir los bordes de la urbanización, para lograr la interconexión con la demás zona urbana, Valdivia - Chile, no es excluida de esta realidad, por lo que se hace de necesidad realizar y ejecutar proyectos de buena calidad para las nuevas urbanizaciones.

En la actualidad la ciudad de Valdivia, tiene una realidad muy diferente a la proyectada hace unos años, el parque automotor incrementado drásticamente, generando el congestionamiento vehicular y el colapso de las vías de la ciudad, es por eso que se vienen desarrollando diferentes proyectos viales en la ciudad que busquen solucionar la realidad problemática, con una red vial sólida y de calidad. (Fontalba, 2015)

### **1.1.2. A Nivel Nacional.**

**Huaraz**, en las calles de circulación del centro poblado Shansha, se ha constatado la ausencia de vías adecuadas, para brindar accesos adecuados a sus pobladores. Shansha es un lugar de zona agrícola rural en vías de desarrollo, con miras a un desarrollo por su estratégica ubicación geográfica cerca de la urbe de Huaraz, que es la capital de la región Ancash.

Las vías de acceso son trochas carrozables, es una infraestructura vial deficiente, debido que se encuentra muy cerca de la ciudad de Huaraz, de acuerdo a ser considerado un lugar rural, es una localidad en área de expansión urbana, haciendo una necesidad su mejora en infraestructura vial.

Entre todos los problemas mencionados se le adiciona, las épocas de lluvia, que convierte a la trocha en lodo, provocando un tránsito lento, peligroso, además de convertirse en focos infecciones por los charcos de agua que se forman en la vía. (Acuña Huerta & Figueroa Colonia, 2020).

**Huánuco**, en el distrito de Amarilis, en la localidad Zona Cero, una de las principales vías, se encuentra a nivel de terreno natural, es decir una vía sin pavimentar, que, con la transitabilidad de carros, motos, etc., generan avalanchas de partículas de áridos, generando incomodidad en sus habitantes.

Esta contaminación provoca problemas respiratorios, de la misma forma en temporada de lluvia, se vuelve una zona de charcos de agua y lodo, volviendo intransitable e imposibilita el tránsito vehicular y peatonal, incrementando mayores costos de transporte y perjuicio en las unidades móviles. (Inga, 2019)

**Cañete**, la Municipalidad distrital de Coayllo, gestionan el apoyo financiero ante las instituciones competentes para su financiamiento.

Está dirigida a disminuir la cantidad de las calles y avenidas que se encuentran sin construir, con el objetivo de un mejoramiento en la transitabilidad hacia las casas, comercios, etc. El menester de reducir los probables accidentes, mejorando la circulación de los pobladores es que se presenta como una prioridad el ejecutar obras de estas características.

Hoy en día no existen vías pavimentadas en el área urbana del distrito Coayllo para circulación vial y peatonal público como privado, solo existe calles afirmadas, con hueco y polvorientas en condiciones generales inadecuadas, exponiendo a la gente que usa la vía y pobladores en general, que utilizan estas calles de acceso a diario para llegar a sus hogares. Las zonas transitables actualmente están es muy mal estado, pareciendo ser como si fuera una localidad olvidada y sin habitantes cosa que es inadmisibles, teniendo inmensos recursos económicos para ser gestionados por sus autoridades, n organismos de mayor rango. **Rojas, E & Lucano, L. (2013).**

**Piura**, en la avenida las Amapolas que tiene 3 tramos, ha sido clasificada como una vía urbana, perteneciente a los distritos de Piura y 26 de octubre.

Que se aprecia un deterioro y no tiene las dimensiones mínimas requeridas para una vía que la Municipalidad provincial de Piura admite para su aprobación, para

este tipo de vías, lo que genera inconvenientes a la población por la carencia de transporte público e incrementen el tiempo de desplazamiento de los pobladores, por el mal estado de la vía.

El estado actual de la vía provoca accidente de tránsito, al no tener señalización, un tramo de la avenida Amapolas se encuentra en terreno natural, generando acumulación de lluvias, no habiendo donde drenar el agua, que aumenta el coto de operación y mantenimiento vehicular. (Ocaña , 2018)

### 1.1.3. A Nivel Local.

La urbanización Ciudad Del Chofer, está situada geográficamente en la ciudad de Chiclayo, cubriendo una extensión territorial de 28.79 Ha., elevación aproximada de 36 m.s.n.m. y con centroide en coordenadas DATUM WGS84 zona 17M, 624592E 9252065N. (ver figura 1).

**Figura 1**

*Vista Satelital Urbanización Ciudad del Chofer*



*Nota:* se puede apreciar de línea naranja, la delimitación geográfica, de la urbanización Ciudad del Chofer. Tomada de (Google Eart Pro, 2021)  
Fuente: figura extraída de Google Eart Pro, 2021

El departamento de Lambayeque, tiene un promedio de miembros de hogar, por área de residencia, según el censo del 2017, en el sector urbano de 3.8 habitantes, (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018). La urbanización tiene 38 manzanas y 882 viviendas, por lo que tendría una población de 3352 habitantes.

La urbanización Ciudad del chofer, actualmente no existe infraestructura de pavimentación en ninguna de sus calles, a pesar que se encuentra cerca al centro de la ciudad de Chiclayo, así como de infraestructura de gran envergadura como el hospital regional, universidad Tecnológica del Perú, mall aventura Chiclayo, entre otras por lo que sus habitantes necesitan con suma urgencia para suplir esta demanda de una mejor circulación vehicular y peatonal. (ver figura 2).

La transitabilidad de los vehículos actualmente genera nubes de polvo, provocando malestar en los visitantes y pobladores, que utilizan las calles y avenidas para dirigirse a sus hogares o realizar actividades comerciales. El terreno es relativamente plano, generando en meses de precipitaciones pluviales, charcos de agua volviendo a las vías totalmente inundadas e intransitable, esto además de ser incómodo para la población, provoca zonas de generación de enfermedades que dañan a los habitantes de la urbanización, física y económicamente. (ver figura 3).

## Figura 2

*Acumulación de Aguas de Lluvia en las Vías de la Urbanización.*



*Nota:* En la figura podemos apreciar la acumulación de agua, en la urbanización ciudad del chofer, imposibilitando a la población realizar sus actividades diarias. Fotografía tomada por el tesista.

Fuente: Figura propia

La ausencia de pavimentación también perjudica la educación de los niños, ya que los centros educativos de nivel inicial, que están ubicados en la urbanización, quedan aislados, las pozas de agua imposibilitan el tránsito vehicular y peatonal, paralizando las actividades por el tiempo que se infiltre o se evapore el agua estancada. (ver figura 4).

### Figura 3

#### *Centros Educativos Perjudicado Por el estancamiento del agua de lluvias*



Nota: Se puede apreciar como los centros educativos iniciales, cierran sus puertas paralizando actividades, por la transitabilidad de las vías y los alumnos no pueden llegar a recibir sus clases.  
Fuente: Figura propia

El impacto que genera tener vías en ese estado desfavorable, no permite tener la calidad de vida que todo ciudadano merece, aparte de las vías sin pavimentar se veredas y áreas verdes.

Circunstancias antes mencionadas, suman a que el tráfico en la zona donde se hizo la investigación sea poco fluido, incomodo e inseguro; adicional a ellos brinda una percepción visual desagradable.

## **1.2. Trabajos previos.**

### **1.2.1. A Nivel internacional.**

(Aguilar Sandoval, 2019), tesis titulada “Diseño de pavimento rígido de la calle 20 de noviembre en la ciudad de Uruapan, Michoacán”, para optar el título de ingeniería civil en la escuela de Ingeniería Civil en la Universidad Don Vasco A.C. Expresa que con el objetivo de determinar la mejor propuesta de diseño para el reencarpetamiento de la calle 20 de noviembre ubicada en Uruapan, que el área de estudio será desde la calle Emilio Carranza hasta calle la Lic. Primo Verdad; fundamentándose en los principales métodos para el diseño de la estructura. Concluyendo que dado sus datos obtenidos por el método empírico AASTHO le da como resultado una losa de concreto de 20cm de espesor, con una base de 15cm, la carga no afecta a la subrasante no indica espesor, así también determino que la resistencia del concreto a utilizar será de 250 kg/cm<sup>2</sup> y justifica el uso de pavimento rígido y no flexible, por las ventajas de utilizar un pavimento rígido frente a un flexible, es el mantenimiento de la carpeta ya que por el tipo de vehículos que transitan por la vía, el rígido es más favorable sin embargo en costos el rígido es más cara que el flexible.

(Miranda Pérez, 2018), en su Tesina Titulada “Análisis comparativo de un diseño de pavimento rígido por los métodos AASTHO y PCA”, para optar el grado de especialista en Geotecnia, en el programa único de especialización de ingeniería en la Universidad Nacional Autónoma de México. Manifiesta que con el objetivo de Diseñar un pavimento rígido por el AASTHO y PCA para realizar una comparativa en los resultados y poder decidir cuál es el más óptimo a utilizar, determinando que los resultados obtenidos en función de los datos utilizados, así como el cotejo y la elección del método a emplear, puede asegurar un adecuado diseño del pavimento, vida útil de este, así que la metodología AASTHO es de tipo experimental, a medida que pasa el tiempo va teniendo procesos empíricos-mecanista, en cambio el método PCA es netamente

mecanista, justificando así tener una mayor amplitud de alcance con respecto a la primera metodología.

(Camargo Ramirez, 2018), en su trabajo final de Máster titulado “Estudio de alternativas para pavimentos urbanos” para optar grado de maestro en Ingeniería Estructural y de la construcción de la Universidad Politécnica de Cataluña · Barcelona Tech – UPC. Realizando una investigación experimental. Su trabajo final de master tiene como objetivo caracterizar y verificar el comportamiento de piezas de adoquín diseñadas por el ayuntamiento de Barcelona, concluyendo que el constante crecimiento de la población urbana produce una serie de obstáculos que deben ser afrontados a la brevedad posible, proponiendo como solución la innovación a través de los pavimentos.

(Ospina Camacho, 2018), en su tesis titulada “Diseño estructural de pavimento rígido de las vías urbanas en el municipio del Espinal – departamento de Tolima”, para optar el título de especialista en diseño y construcción de pavimentos de la Universidad Cooperativa de Colombia. Manifiesta que las pruebas de geotecnia y del estudio de tránsito realizado indican que es un suelo apto para la proyección de pavimento hidráulico, además recomienda el mejoramiento de la subrasante, para aumentar su capacidad de soporte y que el material de la subbase debe cumplir con las condiciones de afirmado en resistencia, durabilidad, dureza al compactarse. En su tesis elaboro dos diseños de pavimento para el concreto rígido, el primero mediante el método PCA y el segundo con el método planteado por el instituto nacional de vías (INVIAS). Sus resultados le permiten concluir, que el método PCA es el adecuado para la realización del diseño, considerándose el tipo de vehículos que transitan por la zona.

(Da Rocha, 2017), en su tesis de maestría titulado “Análisis de la Satisfacción de los Usuarios de la Infraestructura Urbana: Caso de vías públicas con pavimento antipolvo y pavimento de hormigón asfáltico en la ciudad de Curitiba”, para optar el grado de Maestro en ingeniería civil en la escuela de Postgrado de Ingeniería Civil Universidad Tecnológica Federal de Paraná. Expresa que con el objetivo de

reducir los impactos a la naturaleza y en tal sentido, una de las opciones de reutilizar residuos obtenidos del reciclaje, reprocesando objetos hacer nuevos elementos. Determinando que, en cuanto al pavimento final, se ha producido un incremento significativo de satisfacción de los pobladores que utilizan la vía, ya que la infraestructura vial presenta mucho menos problemas en comparación con el piso antipolvo, requiriendo menos mantenimiento, además de reducir los problemas existentes. El costo/beneficio también fue notorio, ya que el pavimento reciclado demuestra una duración cercana al pavimento convencional, pero costando un 40% menos.

(Rodriguez Armas, 2015), en su tesis titulada “Estudio y diseño del sistema vial de la comuna San Vicente de Cucupuro de la Parroquia rural de El Quinche del distrito metropolitano de Quito, provincia de Pichincha” para optar el título de ingeniero civil de la Universidad Internacional del Ecuador. Manifiesta que, en su zona de estudio, el suelo de la sub rasante es un suelo limo arcilloso, con un CBR de 3%, este porcentaje obtenido de su EMS es fundamental para el diseño, por método racional. En la tesis ha planteado un diseño de pavimento, de dos tipos uno de asfalto y el otro de adoquines, del cual toma como infraestructura vial transitable primaria el articulado, por lo que obtuvo en el análisis de costos un presupuesto mucho más económico y funcional para la población de la comuna.

### **1.2.2. A Nivel Nacional**

(Ortiz Salazar & Quipuscoa Sanchez, 2022), en su tesis titulada “Diseño Estructural mediante la metodología AASTHO 93 Basado en el Índice de Condición de Pavimento Rígido del Barrio Ramon Castilla, Otuzco 2021”, para tener el título de ingeniero civil de la Universidad Nacional de Trujillo, su propósito de estudio es hacer el cálculo de las capas del pavimento, usando AASTHO 93, basándose en el Índice de Condición de Pavimento Rígido del Barrio Ramon Castilla Otuzco, realizando una investigación no experimental descriptiva propositiva y concluyendo que el valor del índice de condición de las calles de

Ramon Castilla es en promedio 54.9 PCI, además indica que el pavimento se encuentra en estado regular, realizó estudios básicos para la proyección de un pavimento hidráulico y determino la capa de pavimento rígido para las calles Lorenzo Moreno, Av. Los Ángeles e Hipólito Unanue usando el método AASTHO 93, debe tener una capa de pavimento de 20cm de espesor con una resistencia a la compresión  $f'c$  280 kg/cm<sup>2</sup> y una base de 18cm de afirmado.

(Pari Mamani, 2019), en su tesis titulada “Aplicación de la metodología de la losa con geometría optimizada en diseño de pavimento rígido en el centro poblado de Jayllihuaya –Puno” para optar el título de ingeniero civil en la Universidad Nacional del Altiplano, Perú. Manifiesta que las capas de un pavimento hidráulico diseñado por el método de la losa con geometría optimizada, deberá tener un espesor de concreto de 12cm y 20cm de sub base granular, que en igualdad con AASTHO 93, da un peralte de concreto de 15cm y 20 cm de subbase granular, el resultado obtenido depende de los parámetros de tráfico, suelos y factores climáticos. El costo directo del pavimento rígido, diseñado por la metodología de losa con geometría optimizada es menor en 13.04%, aproximadamente en comparación con el método tradicional AASTHO 93.

(Vilca Rocha, 2017), en su tesis titulada “Diseño de pavimento vehicular del asentamiento humano Nueva Jerusalén, Pacanga, La Libertad, 2017” para optar el título de ingeniero civil en la Universidad Cesar Vallejo, Perú. Manifiesta que el objetivo del trabajo es la determinar la estructura del pavimento hidráulico en el asentamiento humano Nueva Jerusalén, que cumpla con la normativa peruana vigente, para el cual se realizaron los estudios básicos de ingeniería. Entre las conclusiones se pudo determinar que, del estudio de suelos, se hizo mediante puntos de investigación a profundidad bajo el nivel de terreno normal de 1.50m, en la estratigrafía del suelo se obtuvo un tipo grava limo arcilloso con arena, que se planteó el mejoramiento de suelo y optar por un pavimento rígido. El diseño de pavimento rígido se hizo por el método de AASTHO 93, teniendo

como datos fundamentales para el diseño el CBR y el Índice Medio diario anual, obteniendo un espesor de losa de concreto de 20 cm.

(Montalvo Guevara, 2015), en su tesis titulada “Pavimentos rígidos reforzados con fibras de acero versus pavimentos tradicionales” para optar el título de ingeniero civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú. Manifiesta que el cálculo de espesores, con método PCA, usando el MR y  $f'c$ . Cuando utiliza método PCA, el peralte del pavimento se determina por la cantidad de pasadas aproximadas que realiza al pasar los vehículos, mientras en la TR-34, se usa el caso menos favorable o el peso más desfavorable en el periodo de diseño del pavimento, ya que se encuentra comprometido por límite de esfuerzo. Recomienda que se realice un análisis con la utilización de concreto reforzado, con fibras en la colocación en losas de pisos y pavimentos, donde haya alto volumen de tráfico y carga pesada.

### **1.2.3. A Nivel Local.**

(Perez Sanchez, 2022), en su tesis titulada “Análisis y diseño del sistema de drenaje pluvial y pavimentación del centro poblado Saltur, distrito de Zaña, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque 2019”, en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, para optar el título de ingeniero civil ambiental. Manifiesta que el objetivo del trabajo fue analizar y diseñar un pavimento y drenaje pluvial que contenga las mejores características técnicas y económicas, pretendiendo solucionar etapas de problemática con mayor efectividad y celeridad ante circunstancias de desastres naturales como lluvias torrenciales e inundaciones, de la misma forma, colaborar con el mejoramiento urbanístico del área en estudio. Entre las conclusiones pudo obtener que, para un pavimento rígido, uso un valor ESAL de diseño = 194 412, que ha sido calculado con el estudio vial en la Av. Pomalca por ser la más transitada, el espesor del pavimento rígido es de 15cm, subbase granular de 15cm y para la ejecución del proyecto costaría S/. 13 938 307.24.

(Ramirez Arias & Sausa Barreto, 2019), en su tesis titulada “Estudio definitivo de la pavimentación en la localidad de Cachinche del distrito de Pitipo, provincia de Ferreñafe, región Lambayeque”, para optar el título de ingeniero civil en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Tiene por objetivo realizar el análisis final de la pavimentación en el centro poblado de Cachinche del distrito de Pitipo, en Ferreñafe, departamento de Lambayeque. Teniendo un tipo de Investigación Cuantitativa Cuasi Experimental. Y concluyendo que: El análisis final traerá beneficios a sus habitantes de estatus económico bajo, incrementando su condición de vida, si se impulsará la actividad productiva y comercial.

(Rojas Ayala & Cubas Guevara, 2019), en su tesis “Diseño del sistema de drenaje pluvial y pavimentación del casco urbano del distrito de Pomalca, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, 2017”, presentado en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, para tener el título de ingeniero Civil Ambiental. Manifiesta que su objetivo del trabajo es el análisis de los componentes del sistema pluvial urbano e infraestructura de calles del centro urbano de Pomalca, provincia Chiclayo, región Lambayeque. Teniendo un tipo de Investigación Descriptiva, entre sus conclusiones tuvo como resultado que para el cálculo del pavimento hidráulico, utilizo un ESAL = 342 567, referente al tráfico de cargas, teniendo la mayor cantidad de vehículos tipo C2, para el cálculo utiliza un CBR de 9%, teniendo un área a pavimentar de 19.02 ha, planteado un pavimento flexible con los siguientes espesores, subbase granular de 20cm, base granular 20cm, carpeta asfáltica de 5cm, el costo para la ejecución del proyecto es S/. 27 872 452.29 soles.

(Garcia Farías, 2015), en su tesis “Diseño de pavimentación en la habilitación urbana las Dunas de Lambayeque”, para optar el título de ingeniero civil en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú. Tiene por objetivo, el diseño de la infraestructura vial en la Habilitación Urbana las Dunas, realizando estudios básicos de ingeniería y tener un proyecto que sirva como punto de partida para la elaboración de un estudio definitivo. Teniendo un tipo de Investigación

Cuantitativa Cuasi Experimental y concluyendo que el área de estudio se tiene 2 clases de suelos, ML que son arcillas o arenas limosas y CL suelo arcilloso, determino una capacidad de soporte para el cálculo de 6.27% y finalmente teniendo los siguientes espesores par un pavimento flexible, subbase 20cm, base 15cm y una carpeta de rodadura de 5cm.

### **1.3. Teorías Relacionadas al tema.**

#### **1.3.1. Pavimento**

##### **1.3.1.1. Concepto.**

Según (Montejo Fonseca, 2002), un pavimento es una estructura diseñada con la capacidad de absorber las fuerzas causadas por acción de cargas de tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodadura lo cual debe funcionar eficientemente, las características mínimas para el funcionamiento son: geometría horizontal y vertical, cuando existe un incremento del tráfico o se ha superado la vida útil del pavimento, se empiezan a producir los deterioros que puedan ser muy diversos, de esta manera es necesario tener la idea clara del concepto de pavimento el cual describirá a continuación.

Su estructura es una combinación de cimiento, firme y revestimiento, colocada sobre un terreno de fundación resistente a las cargas a los agentes climatológicos y a los efectos abrasivos del tránsito.

(Flores Mori, 2016), Nos dice que los pavimentos es un conjunto de espesores que forman un paquete estructural, cuyo diseño busca establecer espesores y propiedades físicos mecánicos requeridos por los materiales que componen la estructura para que sea capaz de soportar las cargas de tráfico y ambientales a los que será cometido durante un periodo de tiempo, cuya función debe mantener la vía bajo un cierto nivel de deterioro, confort, transitabilidad y seguridad.

### 1.3.1.2. Funciones de los Pavimentos.

Según (Flores Mori, 2016), un pavimento debe cumplir adecuadamente sus funciones debiendo reunir los siguientes parámetros:

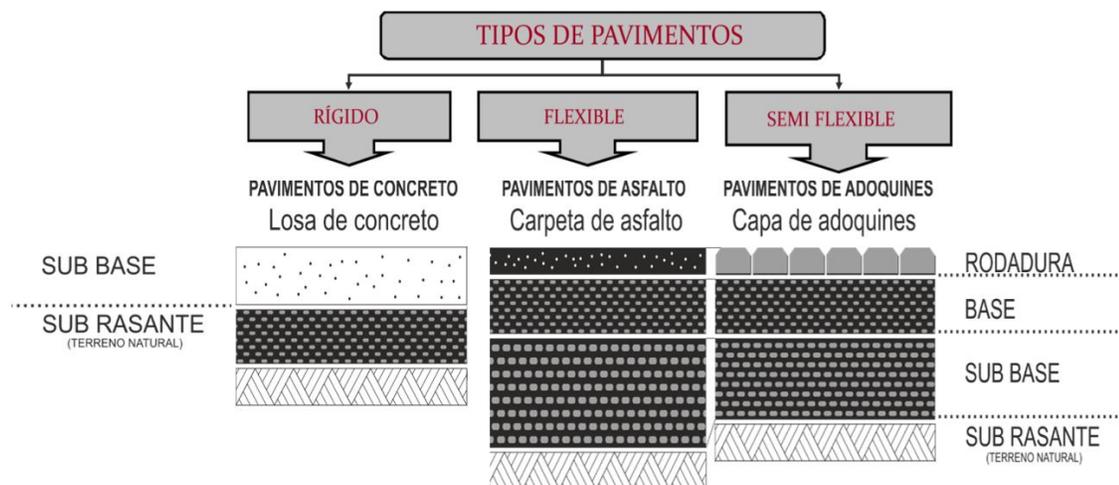
- Resistencia a las cargas generadas por el tráfico
- Ser resistente a condiciones climatológicas.
- Textura superficial adecuada a las velocidades proyectadas de circulación de los automóviles, camiones etc.,
- Seguridad vial.
- Resistencia a la erosión.
- El ruido de rodadura, no debe ser molesto interna ni externamente.
- Color adecuado y reglamentario evitar reflejos.

### 1.3.1.3. Clasificación.

Pueden clasificarse en: rígidos, flexibles y semiflexibles, en la figura 4, se indican los tipos de pavimentos con su respectivo paquete estructural que los conforman.

**Figura 4**

*Tipos de Pavimentos*



Fuente: (Flores Mori, 2016)

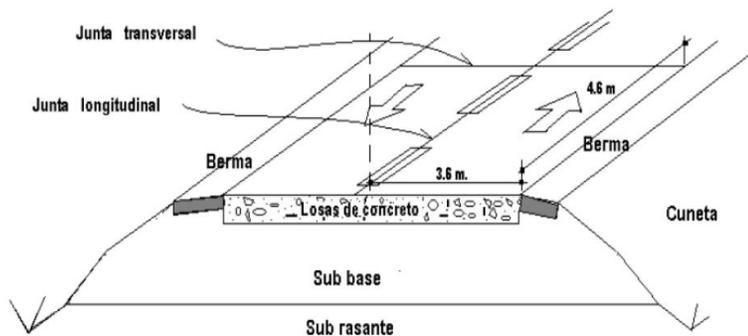
## Pavimentos rígidos:

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.

Según (Yang Huang, 2004, pág. 11), la facultad estructural de las capas inferiores, brindan poca influencia en el diseño del peralte del pavimento.

## Figura 5

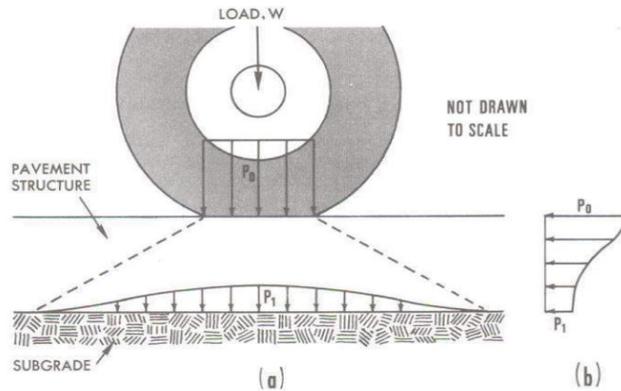
*Estructura Típica de un Pavimento Rígido*



Fuente: (Flores Mori, 2016)

## Figura 6

*Propagación de la Presión de Carga de la Rueda a Través de la Estructura del Pavimento*



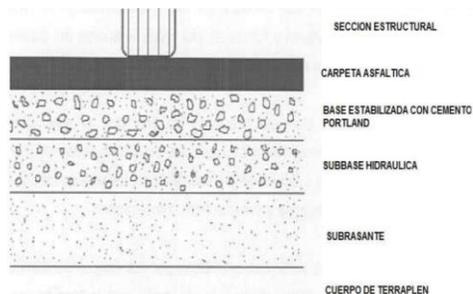
Fuente: (Flores Mori, 2016)

## Pavimentos semirrígidos:

Aunque este tipo de pavimentos guarda básicamente la misma estructura de un pavimento flexible, unas de sus capas se encuentran rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos.

## Figura 7

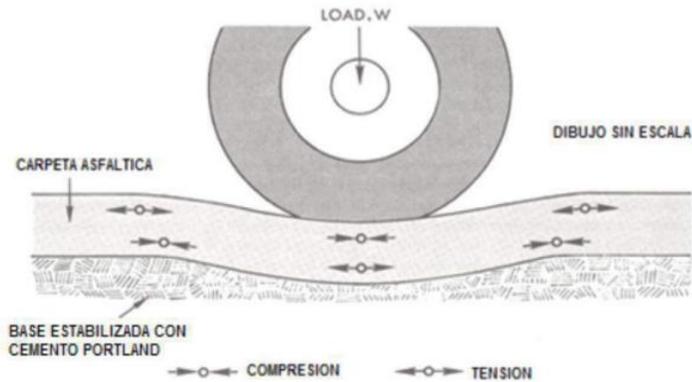
*Conformación Típica de un Pavimento Semirrígido*



Fuente: (Flores Mori, 2016)

**Figura 8**

*Deflexión en el Pavimento Producida por Esfuerzos de Tracción y Compresión.*



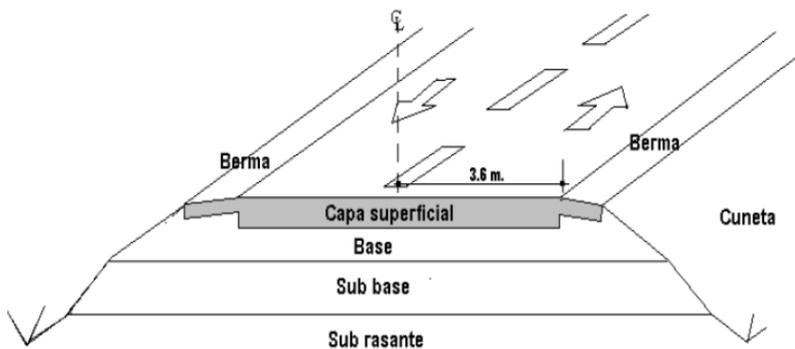
Fuente: (Flores Mori, 2016)

**Pavimentos flexibles:**

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase. Sin embargo, en algunos casos se puede obviar la base o subbase dependiendo el tipo e importancia del proyecto.

**Figura 9**

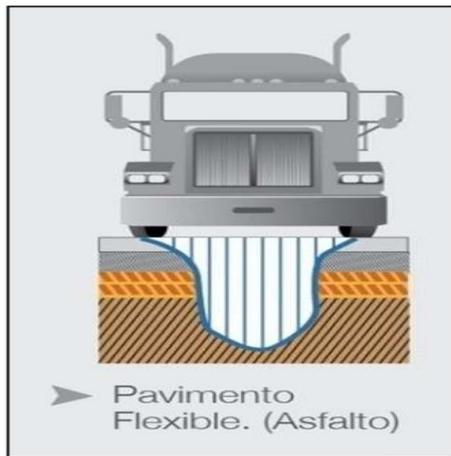
*Estructura Típica de un Pavimento Asphaltico-Flexible*



Fuente: (Flores Mori, 2016)

## Figura 10

### *Esfuerzos Sobre un Pavimento Asfáltico-Flexible*



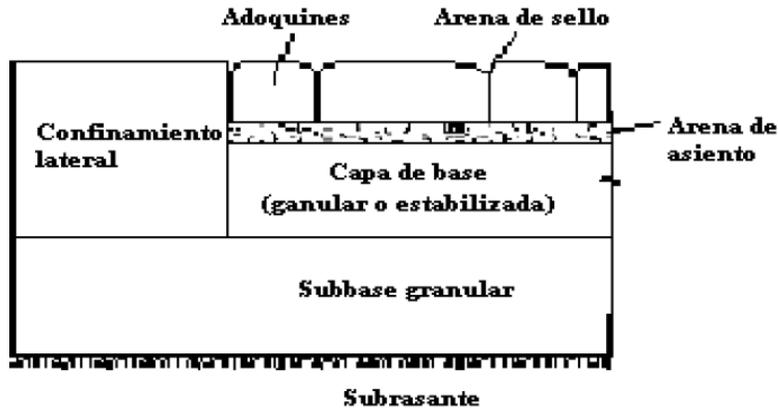
Fuente: (Flores Mori, 2016)

### **Pavimento articulado:**

Según (Montejo Fonseca, 2002), los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concreto prefabricado, llamados adoquines, de espesor y uniforme e iguales entre sí, pueden colocarse sobre una capa fina de arena, que se apoyara sobre la capa de base granular o de forma directa en la subrasante, según la calidad de esta y el ESAL de diseño.

**Figura 11**

*Corte de un Pavimento Articulado.*



Fuente: (Flores Mori, 2016)

#### **1.3.1.4. Estudios Para Diseñar un Pavimento:**

Los estudios como mínimo son:

- Estudio vial
- Cargas de diseño.
- Estudio de suelos para pavimentación (EMS).
- Levantamiento topográfico.
- Diseño del pavimento.
- Estudio Económico.

##### **1.3.1.4.1. Estudio Vial y Carga de Diseño.**

Según (Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC);, 2014), el estudio vial nos debe brindar información del IMDA, para el área en investigación.

Los datos del campo son la base, para la proyección de la demanda para el periodo de análisis y para establecer el número de ejes equivalentes (EE). (Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC);, 2014)

#### **Factor Carril y Direccional.**

El factor de distribución direccional se muestra como una relación, que corresponde al número de vehículos pesados que circulan en una dirección o sentido de tráfico. El factor de distribución carril expresado como una relación, que corresponde al carril que recibe el mayor número de EE. (Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC);, 2014),

**Tabla 1**

*Factor de Distribución - Direccional para Cálculo del Tránsito en el Carril*

N° de Calzadas	N° de direcciones	N° de carriles por sentido	Factor direccional (Fd)	Factor carril (Fc)	Factor ponderado Fd x Fc de diseño
1 (para IMD de la calzada)	1 dirección	1	1	1	1
	1 dirección	2	1	0.8	0.8
	1 dirección	3	1	0.6	0.6
	1 dirección	4	1	0.5	0.5
	2 direcciones	1	0.5	1	0.5
2 con división central (para IMD de las dos calzadas)	2 direcciones	2	0.5	0.8	0.4
	2 direcciones	1	0.5	1	0.5
	2 direcciones	2	0.5	0.8	0.4
	2 direcciones	3	0.5	0.6	0.3
	2 direcciones	4	0.5	0.5	0.25

Fuente: (Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC);, 2014, pág. 64)

### **Cálculo de tasas de Proyección y Crecimiento.**

Se calculará la tasa de crecimiento de tránsito con una fórmula de progresión geométrica por separado por el componente de tránsito de vehículos ligeros y para el componente de tránsito de vehículos pesados. (Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC);, 2014)

$$T_n = T_o(1 + r)^{n-1}$$

De donde:

$$T_n = \text{Transito proyectado en veh/día.}$$

$T_o =$  Transito actual en veh/día.

$n =$  Periodo de diseño.

$r =$  Tasa anual de crecimiento del transito

Para el cálculo del factor de crecimiento acumulado (Fca), el N° de repeticiones de EE, se podrá encontrar con la siguiente formula de progresión geométrica.

$$\text{Factor Fca} = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

De donde:

$r =$  Tasa anual de crecimiento.

$n =$  Periodo de diseño.

En la tabla 2, usa el criterio para calcular el Fca, con un periodo de diseño, teniendo en cuenta la tasa anual de crecimiento (r) y el tiempo de diseño.

**Tabla 2**

*Factores de Crecimiento Acumulado (Fca), para calcular el N° de EE*

Tiempo de Análisis (años)	Factor Sin Crecimiento	Tasa anual de Crecimiento (r)							
		2	3	4	5	6	7	8	10
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	2.00	2.02	2.03	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.00	3.06	3.09	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.00	4.12	4.18	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.00	5.20	5.31	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.00	6.31	6.47	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.00	7.43	7.66	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.00	8.58	8.89	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.00	9.75	10.16	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.00	10.95	11.46	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.00	12.17	12.81	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.00	13.41	14.19	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38

Tiempo de Análisis (años)	Factor Sin Crecimiento	Tasa anual de Crecimiento (r)							
		2	3	4	5	6	7	8	10
13	13.00	14.68	15.62	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.00	15.97	17.09	18.29	19.60	21.02	22.55	24.21	27.97
15	15.00	17.29	18.60	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.00	18.64	20.16	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.00	20.01	21.76	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.54
18	18.00	21.41	23.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.00	22.84	25.12	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.00	24.30	26.87	29.78	33.07	36.79	41.00	45.76	57.27

Fuente: Elaboración propia, según datos del MTC.

### Factor Ajuste por Tensión de Neumáticos

Para los pavimentos flexibles y semirrígidos se debe tomar en consideración para el cálculo de EE, un factor de ajuste por presión de neumáticos, con el objetivo de calcular el efecto suplementario de deterioro que producen las presiones de los neumáticos sobre los pavimentos flexibles y semirrígidos, **para los pavimentos de afirmados y pavimentos hidráulicos el factor de ajuste por presión de neumáticos es igual a 1.0.** (Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC);, 2014)

### N° Repeticiones de EE.

Para el cálculo de la losa, la solicitud que pertenece al tráfico pesado de ómnibus y de camiones es la que tiene importancia, las demás son mínimas.

Se debe conocer las solicitudes sobre la carretera a lo largo de su vida en términos de lo que se denomina ejes equivalentes (EE) o más comúnmente conocido como ESALs (Equivalent Standard Axle Load – Carga estándar por eje equivalente)

(American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 1993), nos indica que el efecto del tránsito se mide en una unidad definida, como ejes equivalentes EE acumulados durante el periodo de tomado en el análisis.

## Figura 12

### Forma de Ejes

Conjunto de Eje (s)	Nomenclatura	N° de Neumáticos	Grafico
<b>EJE SIMPLE</b> (Con Rueda Simple)	1RS	02	
<b>EJE SIMPLE</b> (Con Rueda Doble)	1RD	04	
<b>EJE TANDEM</b> (1 Eje Rueda Simple + 1 Eje Rueda Doble)	1RS + 1RD	06	
<b>EJE TANDEM</b> (2 Ejes Rueda Doble)	2RD	08	
<b>EJE TRIDEM</b> (1 Rueda Simple + 2 Ejes Rueda Doble)	1RS + 2RD	10	
<b>EJE TRIDEM</b> (3 Ejes Rueda Doble)	3RD	12	

Nota: RS= Rueda Simple, RD= Rueda Doble.

Fuente: recopilado del (Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC);, 2014)

Para hallar el N° de repeticiones de EE de 8.2 Tn, en un tiempo de diseño, que radica en transformar independientemente las cargas, por eje proyectado. Se usará las siguientes ecuaciones para calcular el ESALs de diseño.

$$ESAL = Nrep\ de\ EE_{8.2tn} = \sum [EE_{dia-carril} * Fca * 365]$$

Donde:

$Nrep\ de\ EE_{8.2tn}$  = N° de veces de EE

$EE_{dia-carril}$  = EE por tipo de vehículo pesado, por día para el carril de diseño.

$$EE_{dia-carril} = IMD_{pi} * Fd * Fc * Fv_{pi} * F_{pi}$$

$Fv_{pi}$ : factor vehículo escogido.

$Fd$  = Factor direccional.

$Fc$  = Factor carril de diseño

$F_{pi}$  = Factor de tensión del neumático

$Fca$  = Factor crecimiento acumulado

365 = N° de días.

$\Sigma$  = acumulación de EE de todos los de vehículos pesados.

### Tabla 3

*N° de EE, en el Carril de Diseño*

Tipo de Tráfico Pesado Expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado Expresado en EE	
$T_{P1}$	> 150 000 EE	≤ 300 000 EE
$T_{P2}$	> 300 000 EE	≤ 500 000 EE
$T_{P3}$	> 500 000 EE	≤ 750 000 EE

Tipo de Tráfico Pesado Expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado Expresado en EE	
T <sub>P4</sub>	> 750 000 EE	≤ 1 000 000 EE
T <sub>P5</sub>	>1 000 000 EE	≤ 1 500 000 EE
T <sub>P6</sub>	>1 500 000 EE	≤ 3 000 000 EE
T <sub>P7</sub>	>3 000 000 EE	≤ 5 000 000 EE
T <sub>P8</sub>	>5 000 000 EE	≤ 7 500 000 EE
T <sub>P9</sub>	>7 500 000 EE	≤ 10 000 000 EE
T <sub>P10</sub>	>10 000 000 EE	≤ 12 500 000 EE
T <sub>P11</sub>	>12 500 000 EE	≤ 15 000 000 EE
T <sub>P12</sub>	>15 000 000 EE	≤ 20 000 000 EE
T <sub>P13</sub>	>20 000 000 EE	≤ 25 000 000 EE
T <sub>P14</sub>	>25 000 000 EE	≤ 30 000 000 EE

Nota: T<sub>px</sub>=tráfico pesado expresado en EE en el carril de diseño

P<sub>x</sub> = pavimentada, X= Numero de rango.

Fuente: recopilado del (Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC);, 2014)

#### 1.3.1.4.2. Estudio Topográfico.

La topografía es el pilar de los proyectos de pavimentación. El levantamiento topográfico que incluye la planimetría y altimetría es fundamental para tener los datos técnicos y pasmarlos en planos que muestren la geometría del proyecto.

##### Planimetría.

idealización del terreno, en un plano horizontal con orientación hacia el norte magnético, idealizando que no existe curvatura terrestre. Es así como se representa el terreno del proyecto en planos.

La medida de polígonos por el método de ángulos de deflexión o desviación es el método más utilizado, especialmente en poligonales abiertas, en que solo hay que tomar algunos detalles al recorrer el itinerario, es el proceso que aplica para levantamientos de obras viales, hidráulicas y de saneamiento (Mendoza, 2010).

### **Altimetría**

Según Mendoza (2010), indica que la altimetría es el grupo de actividades ejecutadas para tener los desniveles del terreno en los puntos ubicados en diferente posición. La altimetría nos permite obtener los datos necesarios para la representación del terreno en elevación y en los planos estará representado por las curvas de nivel, importante para obtener volúmenes de corte y relleno

#### **1.3.1.4.3. Estudios de Suelos con Fines de Pavimentación.**

El (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, C.E. 010 Pavimentos Urbanos, 2010), indica que previamente a la ejecución del E.M.S. y al diseño del Pavimento (DP), se necesita tener conocimiento de la topografía del terreno para el cual deberemos de afianzarnos de planos topográficos, mostrando los límites, edificaciones existentes, lugar de las vías a pavimentar, límites de infraestructuras viales aledañas, disponibilidad de drenes, acequias, postes de luz, buzones de desagüe, cajas de inspección, drenajes y toda infraestructura vial o urbana que intervenga con el proyecto.

Según el EMS, se obtendrá el tipo de suelo del proyecto que determinará los espesores y tipo de pavimento a utilizar. Por características de topografía y capacidad de soporte del suelo natural de apoyo, se sabrá si es necesario colocar capas adicionales entre la capa de concreto y la subrasante.

Los ensayos de laboratorio se deben hacer de la siguiente manera:

- Establecer el perfil del suelo.
- Clasificación del suelo.
- Ensayos para la construcción.

- Determinar la capacidad de soporte.

### **Establecer el perfil del suelo.**

Consiste en realizar perforaciones con dimensiones recomendadas en la CE. 010, con el propósito de tener el número y los diferentes tipos del suelo, la forma como estos están distribuidas y la apreciación de aguas. . (Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC);, 2014)

El MTC, nos brinda recomendaciones sobre la zona, profundidad y cantidad de exploraciones, estas deben determinar el perfil de la variación importante de las muestras exploradas. (Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC);, 2014)

### **Tabla 4**

#### *Técnicas de Investigación de Campo*

<b>Normativa</b>	<b>Descripción</b>
MTC E 101-2000	Pozos, calicatas, trincheras y zanjas
NTP 339.175:2002	Suelos. Método de ensayo normalizado in-situ para CBR de suelos

Fuente: recopila del (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, C.E. 010 Pavimentos Urbanos, 2010)

### **Toma de Muestras de Suelos.**

En las calicatas se tomará, muestras representativas de las diferentes capas encontradas, las muestras tienen que ser: alteradas e inalteradas y se clasifican según la tabla 5.

**Tabla 5***Tipos de Muestras*

<b>Muestra</b>	<b>Normativa Aplicada</b>	<b>Modo de obtener y Trasladar</b>	<b>Estado</b>	<b>Descripción</b>
Inalterada compacta (Mib)	NTP 339.151 (ASTM D4220) Practicas Normalizadas para la Preservación y Transporte de Muestras de Suelos	Bloques	Inalterada	Conservar inalteradas las Características físicas y mecánicas en su estado natural al momento del muestreo (Aplica únicamente a suelos cohesivos, rocas blandas o suelos granulares finos suficientemente cementados para permitir su extracción).
Inalterada en tubo de pared delgada (Mit)	NTP 339.169 (ASTM D1587) Muestreo Geotécnico de Suelos con tubo de Pared Delgada NTP 339.151 (ASTM D4220) Practicas	tubería de pared delgada		tener inalterada la granulometría del suelo en su estado natural al momento del muestreo
Alterada en bolsa de poliestireno (Mab)	normalizadas para la Preservación y Transporte de Muestras de Suelos	Con bolsas de plástico		
Alterada para humedad sellada (Mah)	NTP 339.151 (ASTM D4220) Prácticas para la Preservación y Transporte de Muestras de Suelos	En recipiente sellada	Alterada	Debe mantener inalterado el contenido de agua

Fuente: Norma Técnica E 0.50 Suelos y Cimentaciones (2018, p. 31)

**N° de Puntos de Exploración.**

Según (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, C.E. 010 Pavimentos Urbanos, 2010), el N° de calicatas de exploración debe ser de acuerdo a la clasificación del tipo de vía, con un mínimo de tres (03).

**Tabla 6**

*Puntos de Investigación*

Vía	Número Mínimo de Puntos de Exploración	Superficie (m <sup>2</sup> )
Expresas	1 cada	2000
Arteriales	1 cada	2400
Colectoras	1 cada	3000
Locales	1 cada	3600

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, C.E. 010 Pavimentos Urbanos, 2010)

Según el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, C.E. 010 Pavimentos Urbanos, 2010), los puntos a explorar se ubicarán en: intersecciones de las vías, que permitan establecer la estratigrafía a lo largo de la vía.

**Profundidad de Investigación.**

La excavación mínima que se debe realizar para la investigación será de 1.50m por debajo del terreno normal (rasante), si en la inspección visual se apreciara suelos blandos o altamente compresibles, la excavación deberá ampliarse a criterio del profesional responsable, al igual si hay rellenos no controlados se deberá profundizarse 0.50m dentro del suelo natural. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, C.E. 010 Pavimentos Urbanos, 2010).

**Ensayo para la clasificación del suelo.**

Las muestras extraídas, servirán para procesarlas en el laboratorio, para tener de las propiedades físicas y su clasificación. Los ensayos nos dan una clasificación de los suelos encontrados.

**Características Geotécnicas**

**Tamaño de las partículas de suelos.**

“Los tamaños de las partículas que conforman un suelo varían en un amplio rango. Los suelos, en general, son llamados grava, arena, limo o arcillas,

dependiendo del tamaño predominante de las partículas” (Braja, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2015, pág. 28).

“Las gravas vienen a ser partes de las rocas con partículas ocasionales de cuarzo, feldespato y otros minerales, en las partículas de arena predominan el cuarzo y el feldespato y a veces también pueden presentar granos de otros minerales. (Braja, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2015, pág. 28).

Los limos son las partes microscópicas del suelo que consisten en fragmentos de cuarzo muy finos y algunas partículas en forma laminar que son fragmentos de minerales micáceos. (Braja, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2015, pág. 28).

Las arcillas son en su mayoría partículas en forma de láminas microscópicas y submicroscópicas de mica, minerales de arcilla y otros minerales. (Braja, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2015, pág. 28).

### Tabla 7

#### *Límites de Separación de Tamaño de Suelo*

Nombre de la Organización	Tamaño del Grano (mm)			
	Grava	Arena	Limo	Arcilla
Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT)	> 2	2 a 0.06	0.06 a 0.002	< 0.002
Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA)	> 2	2 a 0.05	0.05 a 0.002	< 0.002
Asociación Americana de funcionarios Del Transporte y Carreteras Estatales (AASTHO)	76.2 a 2	2 a 0.075	0.075 a 0.002	< 0.002
Sistema unificado de clasificación de suelos (U.S Army Corps of Engineers; U.S. Bureau of Reclamation; American Society for Testing and Materials)	76.2 a 4.75	a 4.75 a 0.075	Finos (limos y arcillas) < 0.075	

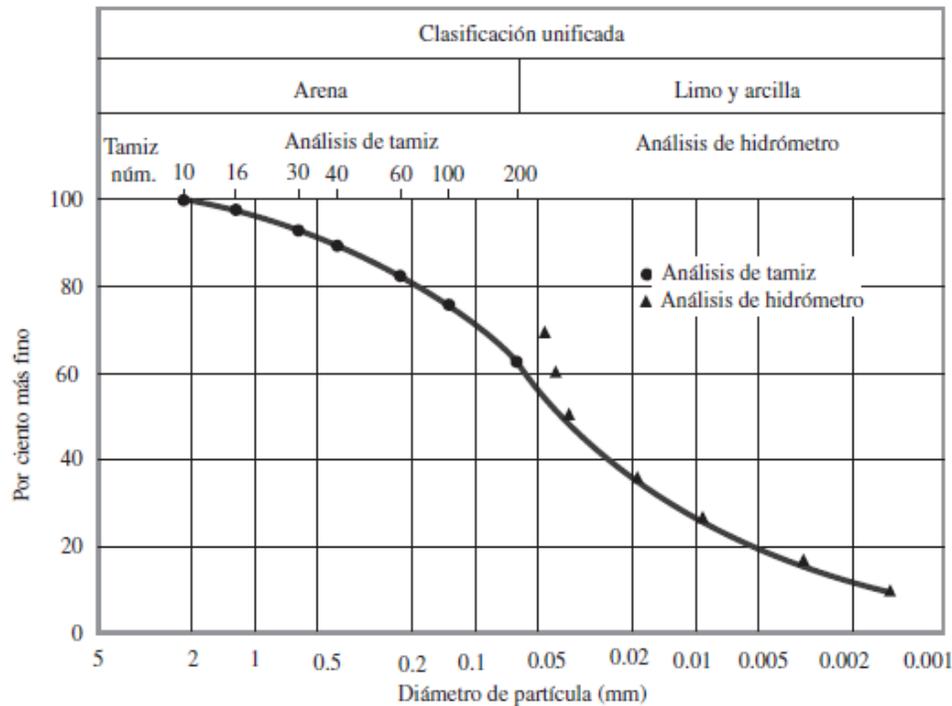
Fuente: (Braja, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2015)

### Curva de distribución granulométrica

El análisis mecánico es la determinación de la gama de tamaños de partículas presentes en un suelo, expresados como un porcentaje del peso seco total (o masa). Generalmente se utilizan dos métodos para encontrar la distribución de tamaño de partícula de suelo: (1) análisis de tamiz para tamaños de partículas mayores de 0.075 mm de diámetro, y (2) análisis de hidrómetro para tamaños de partículas más pequeñas que 0.075 mm de diámetro. (Braja, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2015, pág. 33)

**Figura 13**

*Curva Granulométrica*



Fuente: (Braja, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2015)

### Consistencia del suelo

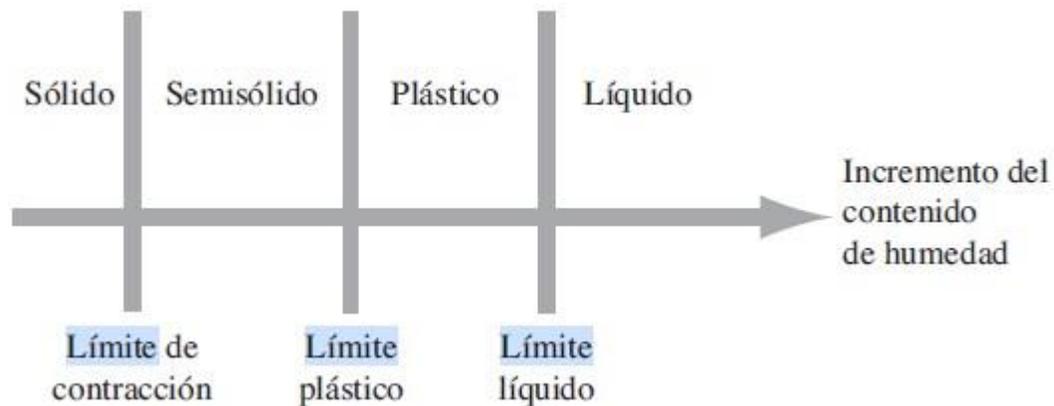
(Braja, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2015), nos dice que el desarrollo de un método para explicar la consistencia de los suelos de grano fino con contenidos de agua variables, a muy bajo contenido de agua, el suelo se

comporta más como un sólido frágil, cuando la cantidad de agua es muy alta, el suelo y el agua fluyen como un líquido.

Por lo tanto, dependiendo del contenido de agua, el comportamiento del suelo se clasifica arbitrariamente en cuatro estados básicos, sólidos, semisólidos, plásticos y líquidos, como se presenta en la figura 14. (Braja, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2015),

### Figura 14

#### *Límites de Atterberg*



Fuente: (Braja, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2015)

#### **Límite líquido (LL).**

Forma del suelo cuando está en un tipo pasta fluida. Se define como el contenido de agua necesario para que, a un determinado número de golpes (normalmente 25), en la copa de Casagrande, se cierre 1.27 cm a lo largo de una ranura formada en in suelos remoldado, cuya consistencia es la de una pasta dentro de la copa.

Esta forma de suelo se encuentra entre el estado semi líquido y el estado plástico, el límite liquido en algunos casos aplica para estimar desplazamientos en problemas de consolidación. (Braja, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2015),

El procedimiento analítico para la determinación de este límite se basa en la norma AASHTO T 89 teniendo como obligatoriedad al hacerlo sobre muestras preparadas en húmedo, la resistencia al corte es aproximadamente de 25 g/cm<sup>2</sup>. (Braja, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2015)

**Límite plástico (PL):**

Se define como el contenido de agua, es el estado límites de suelo ya un poco endurecido, pero sin llegar a ser semisólido, con el cual el suelo, al ser enrollado en rollitos de 3.2 mm de diámetro, se desmorona, siendo el límite bajo de la etapa plástica, el proceso analítico para este ensayo se encuentra en la norma AASHTO T 90. (Braja, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2015)

$$PI = LL - PL$$

**Límite de contracción (SL):**

La masa de suelo se contrae conforme se pierde gradualmente el agua del suelo. con una pérdida continua de agua, se alcanza una etapa de equilibrio en la que más pérdida de agua conducirá a que no haya cambio de volumen. (Braja, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2015)

$$SL = W_i (\%) - \Delta (\%)$$

Este ensayo permite obtener el contenido de humedad por debajo del cual no se presenta cambio adicional en el volumen de una masa de suelo y obtener una indicación cuantitativa del cambio total que puede ocurrir:

Para el ensayo de límite de contracción se aplican las Normas AASHTO T 92, ASTM D 427 según Normas Peruanas de Estructura-ACI. (Crespo,1996, pág. 86).

**Tabla 8***Suelos Dispuestos a Cambios volumétricos con Cambios de Humedad*

Posibilidad de cambio de volumen	Índice plástico (%)		Límite de contracción (%)	Grado de expansión
	Región árida	Región húmeda		
Poco	0 – 15	0 – 30	≥ 12	No critico
Poco a moderado	15 – 30	30 – 50	10 – 12	Marginal
Moderado a severo	≥ 30	≥ 50	≤ 10	critico

Fuente: (Crespo Villalaz, 2004, pág. 86)

**Índice de plasticidad**

Es la diferencia entre el LL y el LP, el LP de un tipo suelo es el área de humedad, expresado como porcentaje del peso de suelo al horno, dentro del cual la muestra permanece plástica, cuando el LL o el LP no pueden determinarse o cuando el LP es mayor que el LL el LP se incluirá como no plástico (NP). (Terzaghi, 1963)

**Tabla 9***Características del Suelo Según su Plasticidad*

IP	Plasticidad	Tipo de suelo	Cohesión
0	No plástico	Arena	No cohesivo
< 7	Baja plasticidad	Limos	Parcialmente cohesivo
7 – 17	Plasticidad media	Arcillas o limo arcilloso	Cohesivo
> 17	Altamente plástico	arcillas	cohesivo

Fuente: (Terzaghi, 1963)

**Clasificación del suelo**

Según (Braja, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2015, pág. 78), los suelos con características similares se clasifican en grupos y subgrupos basándose en su comportamiento ingenieril, los sistemas de clasificación proporcionan una

forma de interpretación común para expresar en forma concisa las características generales de los suelos, que son infinitamente variadas sin una descripción detallada.

En la actualidad hay 2 sistemas de clasificación que usan la distribución por tamaño de grano y plasticidad de los suelos, estos 2 sistemas son la clasificación AASTHO y el sistema unificado, los ingenieros comúnmente optan por el SUCS.

### Sistema de Clasificación de Suelos AASTHO

El sistema de clasificación AASTHO actualmente en uso, el suelo se clasifica en 7 grupos mayores: A-1 al A-7, los suelos clasificados en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares, donde 35% o menor de las partículas pasan por la criba N°200, los suelos de los que más del 35% pasan por la criba n°200 son clasificados en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. (Braja, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2015), el sistema está basado en los siguientes criterios:

**Tabla 10**

*Clasificación de materiales para Subrasante.*

Clasificación	Material Granular (35% o menos de la muestra que pasa la malla N°200)						
	A-1	A-1-b	A-3	A-2	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Grupo de Clasificación	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)							
N°10	50 máx.						
N°40	30 máx.	50 máx.	51 min				
N°200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
Características de la porción que pasa la malla N°40							
Limite líquido				40 máx.	41 min	40 máx.	41 min
Índice de plasticidad	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 min	11 min
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Partes de piedra grava y arena			Arena fina		Limo o grava arcillosa y arena	
Clasificación general de la subrasante	Excelente a bueno						
							A-7 A-7-5*

<b>Clasificación</b>	<b>Material Granular (35% o menos de la muestra que pasa la malla N°200)</b>			
Grupo de Clasificación	A-4	A-5	A-6	A-7-6**
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)				
N°10				
N°40				
N°200	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Características de la porción que pasa la malla N°40				
Limite líquido	40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.
Índice de plasticidad	10 máx.	10 máx.	11 min.	11 min.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Suelos Limosos		Suelos arcillosos	
Clasificación general de la subrasante	Regular o malo			

Notas: \* A-7-5, PI LL 30, \*\*Para A-7-6, PI LL 30

Fuente: (Braja, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2015, pág. 79)

### **Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S)**

Originalmente presentado por Casagrande en el año 1942 para usar en las obras de pistas de aeropuertos, clasifica los suelos en 2 grandes categorías:

- Suelos de grano grueso, que son de naturaleza tipo grava y arenosos con menos del 50% pasando por la malla N°200, los símbolos de grupo comienzan con un prefijo G o S significando grava o suelo gravosos y S significa arena o suelo arenoso, (Braja, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2015).
- Los suelos finos con 50% o más pasando por la malla N°200, los símbolos de grupo comienzan con un prefijo M, que significa limo inorgánico, C para arcilla inorgánica u O para limos y arcillas orgánicas, el símbolo Pt se usa para turbas, lodos y otros suelos altamente orgánicos, (Braja, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2015).

Símbolos que son también utilizados en la clasificación:

W: Bien graduada

P: Mal graduada

L: Baja plasticidad (LL <50)

H: Alta plasticidad (LL > 50)

**Tabla 11**

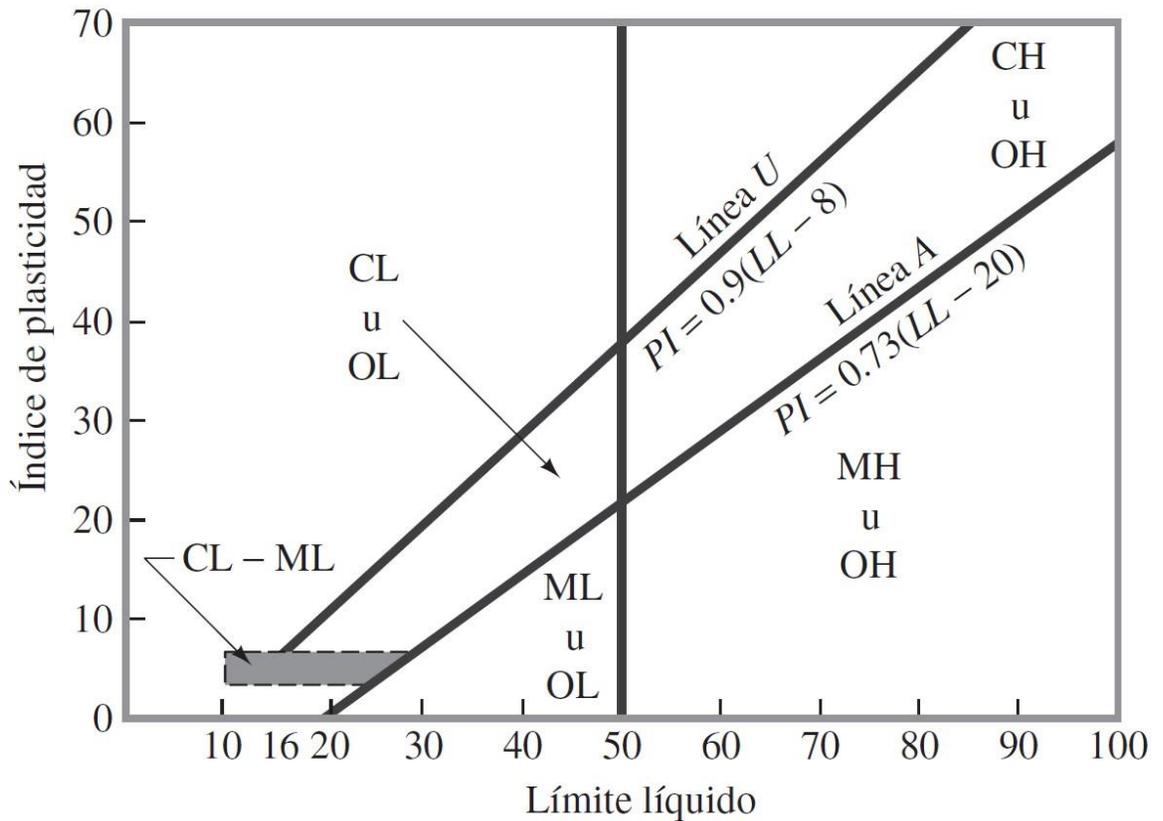
*S.U.C.S. (Apoyado en el Material que pasa por el tamiz N° 75)*

Criterio Para la Asignación de Símbolos de Grupo				Símbolos	
Suelos gruesos Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200	Más de 50% de fracción gruesa retenida en el tamiz # 4	Gravas limpias	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3^{***}$	GW	
		Gravas Menos de 5% finos*	$C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3^{***}$	GP	
		Gravas con finos Más de 12% finos*, **	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 7). $PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 7).	GM	
				GC	
		50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz # 4	Arenas limpias	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3^{***}$	SW
			Arenas con finos	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 7). $PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 7).	SM
			Mas de 12% finos **, ****	SC	
Suelos finos 50% o más pasa a través del tamiz núm. 200	Limos y arcillas Limite liquido < que 50	Inorgánico	$PI > 7$ y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 7) *****	CL	
		Orgánico	$PI < 4$ o gráficos por debajo de línea "A" (figura 7) ***** <i>Limite Liquido:secado</i> <0.75; vea <i>Limite Liquido:no secado</i> la figura; zona OL.	ML	
	Limos y arcillas Limite liquido >50 o más.	Inorgánico	Gráficos $PI$ en o por encima de la línea "A", (figura 7)	CH	
		Orgánico	Gráficos $PI$ por debajo de "A" línea (figura 7) <i>Limite Liquido:secado</i> <0.75; vea <i>Limite Liquido:no secado</i> la figura 7; zona OH.	MH	
	Suelos altamente orgánicos	Materia orgánica de color oscuro y orgánico		Pt	

Fuente: (Braja, Fundamentos de Ingenieria Geotécnica, 2015, pág. 83)

**Figura 15**

*Gráfica de Plasticidad*



Fuente: recopilado de (Braja, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2015, pág. 84)

Los símbolos de grupo para suelos tipo grava de grano grueso son GW, GP, GM, GC, GC-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GM, Y GP-GC, similarmente los símbolos de grupo para suelos de grano fino son CL, ML, OL, CH, MH, OH, CL- ML Y Pt. (Braja, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2015, pág. 84)

### **Ensayos Para verificar en la Construcción.**

La compactación en general es el método más cómodo de estabilización disponible, realizando la estabilización de suelos en el mejoramiento de las características físicas del suelo, con el objetivo de obtener, resistencia al corte y relación de vacíos deseable, siendo necesario investigar los suelos por

penetración y resistencia al esfuerzo de corte. (Braja, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2015)

### **Cálculo de la cantidad de Humedad.**

Siendo la relación entre el peso del agua contenida en la muestra y el peso de la muestra luego de ser secada en el horno, expresada en porcentaje. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC);, 2016)

### **Densidad máxima y humedad óptima (Ensayo Proctor)**

La masa de los suelos está constituida por partículas sólidas y vacíos, estos vacíos pueden estar llenos de agua, de aire o de ambos a la vez, si la masa de un suelo se encuentra suelta, tiene mayor N° de vacíos, los que conforme se somete a compactación, ellos se van disminuyendo hasta llegar a un mínimo, alcanzando su menor volumen y su mayor peso, esto se conoce como **DENSIDAD MAXIMA**, para alcanzar la densidad máxima, es necesario que la masa del suelo tenga una humedad determinada, la que se conoce como **HUMEDAD OPTIMA**. (Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC);, 2014)

### **Determinar la Resistencia del Suelo.**

#### **Ensayos de CBR.**

La finalidad de este ensayo es calcular la capacidad de soporte de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación distintos, midiendo la resistencia al cortante, de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un % de relación de soporte. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC);, 2016)

Para el cálculo de la capacidad de soporte, el ensayo utilizado con mayor frecuencia es el CBR.

$$\text{CBR} = \frac{\text{esfuerzo en el suelo ensayado (penetración } X)}{\text{esfuerzo en la muestra patrón (penetración } X)} * 100$$

**Tabla 12***Valores de Esfuerzo en la muestra Patrón*

Penetración del pistón	(mm)	2.5	5	7.5	10	12.5
	(pulg)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
	(Mpa)	6.89	10.34	13.1	15.86	17.93
Esfuerzo	(Lb/Pg2)	1000	1500	1900	2300	2600

Fuente: (Braja, Fundamentos de Ingenieria Geotécnica, 2015)

Para cada muestra preparada se debe dibujar una gráfica relacionando esfuerzos vs penetración del pistón y se calcula el valor de CBR para penetración de 0.1" (2.5 mm) y 0.2" (5 mm) con las siguientes expresiones.

$$CBR_{0.1"} = \frac{\sigma_{0.1"}}{1000 \text{ psi}} * 100$$

$$CBR_{0.2"} = \frac{\sigma_{0.2"}}{1500 \text{ psi}} * 100$$

Los datos de CBR están de 0% y 100%, cuanto más es su valor, mejor es la condición del suelo. Si los datos obtenidos son menores a 6%, estos suelos se deben eliminar o mejorar.

Para determinar el CBR de diseño de la subrasante, se tiene que tener en consideración lo siguiente.

- Las áreas donde el CBR es de 6 a más, se calculará un CBR de diseño de la subrasante. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC);, 2016).
- En donde los valores del CBR, sea menor a 6%, se calculará el valor de CBR de diseño de la subrasante, tomando el valor promedio o el valor más bajo.

Cuando ya se haya calculado el valor del CBR de diseño, se clasificará utilizando la tabla 14.

**Tabla 13**

*Categorías de Subrasante*

<b>Categoría de Subrasante</b>	<b>CBR</b>
So= Inadecuada	CBR<3%
S1= Insuficiente	De CBR≥3% a CBR < 6%
S2= Regular	De CBR≥6% a CBR < 10%
S3= Buena	De CBR≥10% a CBR < 20%
S4= Muy Buena	De CBR≥20% a CBR < 30%
S5= Excelente	CBR≥30%

Fuente: Extraído del (Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC);, 2014, pág. 35)

**1.3.2. Pavimento rígido.**

**1.3.2.1. Definición de un Pavimento Rígido.**

Según (Montejo Fonseca, 2002) ,los pavimentos rígidos consisten en una mezcla de cemento portland, arena, agregado grueso y agua, teniendo en una sola capa y pueden o no incluir, según la necesidad, la capa de subbase y base, que aplicarles cargas rodantes no se deflacten perceptiblemente, y al unir todos los elementos antes mencionados, constituyen una losa de concreto, de espesor, longitud y ancho variable.

Según (Montejo Fonseca, 2002), Los pavimentos de concreto hidráulico están sujetos a los esfuerzos siguientes: abrasivos, compresión, tensión por cargas y temperatura.

**1.3.2.2. Capas del Pavimento Rígido.**

**Subrasante**

Según (Montejo Fonseca, 2002) ,es la capa del terreno de una carretera, que soporta la estructura del pavimento y que se expande hasta una profundidad tal que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto, teniendo

como función servir de soporte para el pavimento después de ser tratada, homogenizada y compactada.

### **Subbase**

Según (Montejo Fonseca, 2002) , la capa que conforma la estructura del pavimento, destinada a soportar, transmitir y distribuir de forma uniforme las cargas de los vehículos, su función es.

- Eliminación del bombeo.
- incrementar el valor de soporte.
- Hacer mínimos los efectos de cambio de volumen en los suelos de la subrasante

La subbase puede tener espesores compactados variable por tramos, de acuerdo con las condiciones y características de los suelos existentes en la subrasante, pero en ningún caso dicho espesor debe ser menos de 100 milímetros ni mayor de 700 milímetros. (Montejo Fonseca, 2002).

### **Capa de rodadura**

Según, Monsalve, Giraldo y Gaviria. (2012), los pavimentos hidráulicos están conformados por losas de concreto de cemento simple o armado, diseñado en forma que soporte las fuerzas de los vehículos.

Esta área es particularmente para la transitabilidad de vehículos y peatones.

Se es necesario que un pavimento rígido tenga diferentes componentes, no estructurales, para proteger el pavimento, como juntas de dilatación rellenas con materiales elastomérico, bordillo, cunetas o bien un sistema de drenaje pluvial.

La capa de rodadura tiene las siguientes funciones de brindar un soporte elevado, una superficie rugosa, evitar el paso del agua y color adecuado.

#### **1.3.2.3. Métodos de Diseño del Pavimento Rígido.**

Para calcular la losa de un pavimento rígido las metodologías más conocidas y utilizados son:

- Portland Cement Association (PCA)
- Método de la AASHTO.

#### **1.3.2.3.1. Método de Pavimentos Rígidos - Portland Cement Association (PCA)**

El proceso de diseño de la PCA, se encuentra fundamentado en los datos obtenidos de varias fuentes, influyendo investigaciones, desarrollos teóricos, modelamiento de pavimentos a escala real y el monitoreo de la performance de pavimentos en servicio, un programa de investigación llevado a cabo por la Portland Cement Association correlacionó la información de diseño de estas fuentes obtenido como resultado un procedimiento desarrollado únicamente para pavimentos suelo cemento. (Flores Mori, 2016).

##### **Descripción del Método PCA**

Según (Flores Mori, 2016), el método PCA, es únicamente aplicable para el diseño de pavimentos de hidráulicos, tiene 2 criterios de evaluación en el proceso de diseño, el criterio de erosión de la subbase por debajo de las losas y la fatiga del pavimento de concreto.

En comparación con el método empírico AASHTO el método de diseño PCA, asume un valor fijo de módulo de elasticidad del Concreto ( $E_c$ ) = 4'000,000 psi que no lo hace variar en relación con la resistencia a la flexión del concreto (MR), así como tampoco variar en el coeficiente de poisson de 0.15. (Flores Mori, 2016)

El beneficio que nos trae el método es que toma la cantidad de tráfico real que transitara sobre el pavimento, sin transformarlo a Ejes Equivalentes.

##### **Factores de Diseño**

##### **Resistencia a la Flexión del Concreto**

La resistencia a la flexión del concreto es aplicable en el proceso de diseño para el criterio de fatiga, que controla el agrietamiento del pavimento bajo la repetición de cargas, el alabeo del pavimento de concreto sometido a las cargas del tráfico genera esfuerzos de compresión como de flexión, sin embargo, la proporción de los esfuerzos a compresión contra la resistencia a la compresión del concreto es mínima como para influir en el diseño de espesor de la losa, en cambio, la relación de los esfuerzos a flexión contra la resistencia a la flexión del concreto es más alta y frecuentemente excede valores de 0.5, por lo que los esfuerzos y la resistencia a la flexión son los empleados para el diseño de espesores. (Montejo Fonseca, 2002, pág. 322).

El promedio a los 28 días, que en nuestro país se recomienda como mínimo 41 kg/cm<sup>2</sup> (583 psi) y como máximo 50 kg/cm<sup>2</sup> (711 psi). (Montejo Fonseca, 2002, pág. 322)

#### **Resistencia de la Base.**

El tenerla permite aumentar en parte el valor de k del suelo que deberá usarse en el diseño del peralte del pavimento, si la base es de material granular no tratada o mejorada el incremento, puede no ser muy significativo. (Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC);, 2014).

**Tabla 14**

*Bases Tratadas con Cemento*

<b>K Suelos - Subbase</b>				
<b>K del suelo (psi)</b>	<b>Espesor subbase</b>			
	<b>4"</b>	<b>6"</b>	<b>8"</b>	<b>10"</b>
50	170	230	310	390
100	280	400	520	640
200	470	640	830	--

**Fuente:** (Vivar Romero, 1995)

## Período de Diseño

La denominación de período de diseño es en algunos casos sinónimo del término período de análisis de tráfico, puesto que el tráfico no puede ser imaginado con precisión para un período muy largo, el período de diseño de 20 años a 50 años es el comúnmente empleado en el procedimiento de diseño de pavimentos. (Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC);, 2014)

**Tabla 15**

*Periodo de Análisis*

Tipo de camino	Periodo de análisis (años)
Autopistas	30 – 50
Carreteras	20 – 50
Caminos con volúmenes bajos	15 – 25
Caminos revestidos con bajos volúmenes	10 - 20

Fuente: (American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 1993)

## N° de Repeticiones Esperadas Para Cada Eje (Re)

Todos los datos referidos al tráfico, concluyen siendo utilizada para conocer el número de repeticiones esperadas durante todo el tiempo de diseño de cada tipo de eje, el factor de crecimiento del tráfico, el factor de sentido, el factor de carril y el período de diseño. (Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC);, 2014).

Con la siguiente ecuación tendremos las repeticiones Esperadas.

$$Re = TPDA \times \%Te \times FS \times FC \times Pd$$

De donde:

- El TPDA: se obtiene de cálculos especializados o proporcionados de algún por el MTC. El método de la PCA recomienda el uso únicamente el tráfico pesado.
- %Te: Porcentaje para cada tipo de eje.
- El FCA, es el factor de crecimiento anual.

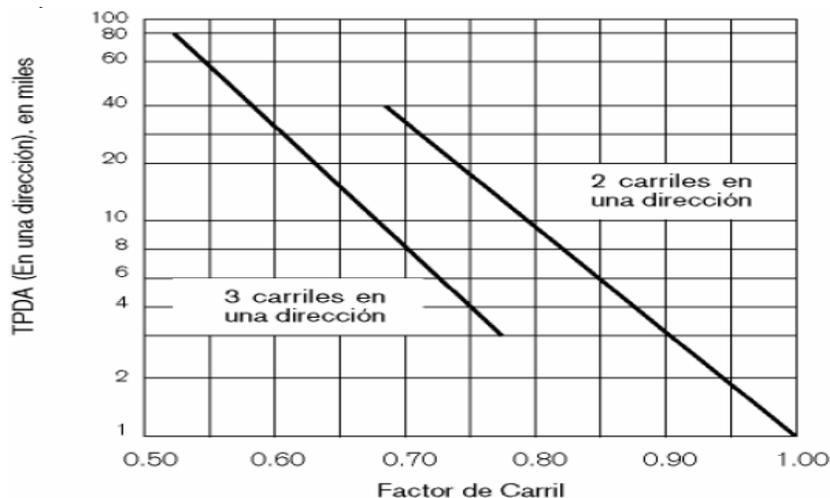
$$FCA = \frac{(1 + g)^n - 1}{g * n}$$

- El FS: (factor sentido), para vías en dos sentidos utilizar un FS= 0.5 y para vías en un solo sentido un FS= 1.0
- Pd: Es el tiempo de diseño
- El FC (factor carril), el factor de carril nos va a dar el % de vehículos que circulan por carril.

Para esto la PCA aconseja utilizar la figura 16, donde este factor depende del número de carriles por dirección del tráfico y del tránsito promedio diario anual en un solo sentido. (AASHTO, 1993)

**Figura 16**

*Proporción de Vehículos Comerciales en Carril*



Fuente: (AASHTO, 1993)

## **Factor de Seguridad.**

Cuando se conoce la carga por eje, se utiliza un factor de seguridad de carga para multiplicarlo por las cargas por eje.

Los FS se obtiene de la tabla 17, (AASHTO, 1993).

### **Figura 17**

#### *Factores de Seguridad*

<b>F.S.</b>	<b>Descripción</b>
1.3	Sucesos especiales con elevados volúmenes de tráfico pesado y nulo mantenimientos
1.2	Autopistas o vías de muchos carriles en donde se presentará un flujo ininterrumpido de tráfico y elevados volúmenes de tráfico pesado
1.1	Autopistas y vías urbanas con volúmenes moderados de tráfico pesado
1	Caminos y calles secundarias con bajo tráfico pesado.

Fuente: (AASHTO, 1993)

#### **1.3.2.3.2. Método AASHTO 93 Aplicado a Pavimentos Rígidos.**

El diseño del pavimento rígido, incorpora el análisis de diversos factores: tráfico, drenaje, clima, propiedades de los suelos, transferencia de carga, nivel de servicio deseado, y el grado de confiabilidad al que se desea efectuar el diseño acorde con el grado de importancia de la carretera, factores necesarios para proyectar un comportamiento confiable de la estructura del pavimento y evitar que el daño del pavimento alcance el nivel de colapso durante su vida en servicio. (Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC);, 2014)

La ecuación AASHTO para el diseño de pavimentos rígidos es:

$$\begin{aligned} \log_{10} W_{82} = & Z_R S_o + 7.35 \log_{10}(D + 25.4) - 10.39 + \frac{\log_{10} \left( \frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{1 + \frac{1.25 \times 10^{19}}{(D + 25.4)^{8.46}}} \\ & + (4.22 - 0.32 P_t) \times \log_{10} \left( \frac{M_r C_{dx} (0.09 D^{0.75} - 1.132)}{1.51 J \left( 0.09 D^{0.75} - \frac{7.38}{\left( \frac{E_c}{k} \right)^{0.25}} \right)} \right) \end{aligned}$$

De donde:

- $W_{82}$  = N° previsto de ejes equivalentes de 8.2 toneladas métricas, en su periodo de diseño.
- $Z_R$  = Desviación normal estándar.
- $S_o$  = Error estándar combinado en la predicción del tránsito y en la variación del comportamiento esperado del pavimento.
- $D$  = Espesor de pavimento de concreto en mm.
- $\Delta PSI$  = Diferencia entre los índices de servicio inicial y final
- $P_t$  = Índice de serviciabilidad o servicio final.
- $M_r$  = Resistencia media del concreto (en Mpa) a flexo tracción a los 28 días
- $C_{dx}$  = Coeficiente de Drenaje
- $J$  = Coeficiente de transmisión de carga en las juntas.
- $E_c$  = Módulo de elasticidad del concreto, en Mpa.
- $k$  = Módulo de reacción, dado en Mpa/m de la superficie (base, subbase o subrasante) en la que apoya el pavimento de concreto.

### Parámetros de diseño

#### Periodo de Diseño.

Es el tiempo para el que se diseña las capas de un pavimento, durante el cual debe ofrecer una superficie con las condiciones que permitan un tránsito cómodo seguro. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2014)

En el manual de carreteras, indica que el periodo de diseño para pavimentos de este tipo no puede ser menor a 20 años. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2014)

**Tabla 16**

*Periodo de Análisis*

Tipo de camino	Periodo de análisis (años)
Autopistas	30 – 50
Carreteras	20 – 50
Caminos con volúmenes bajos	15 – 25
Caminos revestidos con bajos volúmenes	10 - 20

**Fuente:** (AASHTO, 1993)

**Tránsito de diseño (W18)**

Viene a ser la proyección de la cantidad de ejes que se estima que transmitirán por la conformación del pavimento, en un tiempo de diseño, expresado como ejes sencillos equivalentes de 18,000lb. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), 2014)

**Periodo de diseño (n):** Lo que se está realizando es tratar obtener en un intervalo de tiempo, el número de repeticiones de carga a las que se verá sometida el pavimento.

Cálculo del Tránsito de Diseño (W18):

$$W18 = CCxCDxFCx \sum_{i=1}^n TDPA + FEC_i$$

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

Donde:

$FC$  =Factor de crecimiento

$FEC_i$  =Factor de equivalencia de carga

### **Confiabilidad (R) y la Desviación Estándar (So)**

(Heredia Ordoñez, 2021), La Confiabilidad se refiere al nivel de probabilidad que tiene una estructura de pavimento diseñada para durar a través de análisis, toma en cuenta las posibles variaciones de tráfico previstas, así como en las variaciones del modelo de comportamiento AASHTO, proporcionando un nivel de confiabilidad (R), que asegure que el pavimento dure el periodo para el cual se ha diseñado.

$So$  = Desviación Estándar Global

#### **Tabla 17**

##### *Desviación Estándar Global*

Condición de Diseño	Desviación Estándar	
	Rígido	Flexible
El cambio en la proyección del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito	0.35	0.4
Variación en la proyección del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito	0.4	0.5

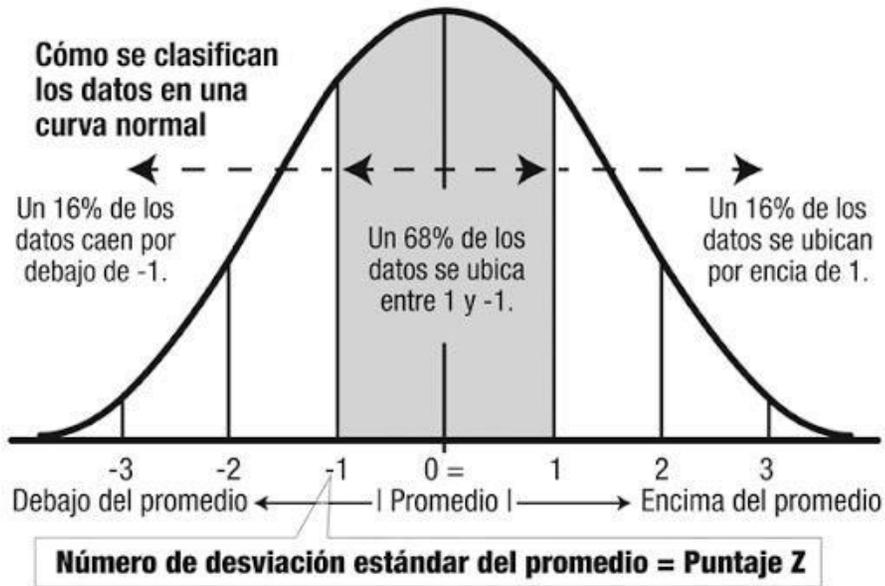
Fuente: (Heredia Ordoñez, 2021)

### **Desviación Estándar Normal (Zr).**

La confiabilidad en el diseño (R), se conceptualiza como la posibilidad de que la estructura tenga un desarrollo real, igual o mejor que el proyectado. (Heredia Ordoñez, 2021)

**Figura 18**

*Numero de Desviación Estándar del Promedio*



Fuente: (Heredia Ordoñez, 2021)

**Tabla 18**

*Coeficiente (R) y (Zr), Según Rango de Trafico*

Tipo de Caminos	Trafico	Ejes equivalentes Acumulados		Nivel de Confiabilidad (R)	Desviación Estándar (ZR)
	T <sub>P0</sub>	100,000	150,000	65%	-0.385
Caminos de bajo Volumen de transito	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	70%	-0.524
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	75%	-0.674
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	80%	-0.842
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	80%	-0.842
	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	85%	-1.036
Resto de Caminos	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	85%	-1.036
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	85%	-1.036
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	90%	-1.282

T <sub>P9</sub>	7,500,001	10,000,000	90%	-1.282
T <sub>P10</sub>	10,000,001	12,500,000	90%	-1.282
T <sub>P11</sub>	12,500,001	15,000,000	90%	-1.282
T <sub>P12</sub>	15,000,001	20,000,000	90%	-1.282
T <sub>P13</sub>	20,000,001	25,000,000	90%	-1.282
T <sub>P14</sub>	25,000,001	30,000,000	90%	-1.282
T <sub>P15</sub>	>30,000,000		95%	-1.645

Nota: En la tabla se muestran los valores recomendados de nivel de confiabilidad (R) y desviación estándar normal (ZR), para una sola etapa de 20 años según el rango de tráfico.  
Fuente: (Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC);, 2014)

### Nivel de Servicio Inicial (Po)

(Heredia Ordoñez, 2021), el índice de serviciabilidad inicial (Po), establece como la condición inicial del pavimento, inmediatamente después de su construcción o rehabilitación.

AASHTO para pavimentos flexibles da valor inicial deseable de 4.2, al carecer de información útil para el diseño. (Heredia Ordoñez, 2021).

### Nivel de Servicio Final (Pt)

El (MTC, 2014), indica que el índice de serviciabilidad final (Pt), se produce cuando la superficie del pavimento ya no cumple con los requerimientos de comodidad y seguridad solicitadas por el usuario.

### Tabla 19

*Índice de (Pi) y (Pt)*

Tipo de Caminos	Trafico	EE Acumulados	Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi)	Índice de Serviciabilidad final o terminal (Pt)	Diferencial de Serviciabilidad (ΔPSI)	
Caminos de bajo Volumen de transito	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	4.10	2.00	2.10
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	4.10	2.00	2.10
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	4.10	2.00	2.10

Tipo de Caminos	Trafico	EE Acumulados	Índice de Serviciabilidad Inicial (Pi)	Índice de Serviciabilidad final o terminal (Pt)	Diferencial de Serviciabilidad ( $\Delta$ PSI)	
Resto de Caminos	TP4	750,001	1,000,000	4.10	2.00	2.10
	TP5	1,000,001	1,500,000	4.30	2.50	1.80
	TP6	1,500,001	3,000,000	4.30	2.50	1.80
	TP7	3,000,001	5,000,000	4.30	2.50	1.80
	TP8	5,000,001	7,500,000	4.30	2.50	1.80
	TP9	7,500,001	10,000,000	4.30	2.50	1.80
	TP10	10,000,001	12,500,000	4.30	2.50	1.80
	TP11	12,500,001	15,000,000	4.30	2.50	1.80
	TP12	15,000,001	20,000,000	4.50	3.00	1.50
	TP13	20,000,001	25,000,000	4.50	3.00	1.50
	TP14	25,000,001	30,000,000	4.50	3.00	1.50
	TP15	>30,000,000		4.50	3.00	1.50

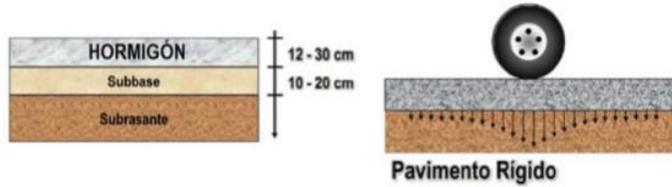
Fuente: (MTC, 2014)

### El suelo Efecto de Capas de Apoyo (KC).

(Heredia Ordoñez, 2021), el parámetro que caracteriza al tipo de subrasante es el módulo de reacción de la subrasante (K), contempla una mejora en el nivel de soporte de la subrasante con la colocación de capas intermedias granulares o tratadas, efecto que mejora las condiciones de apoyo y puede llegar a reducir el espesor calculado de concreto.

**Figura 19**

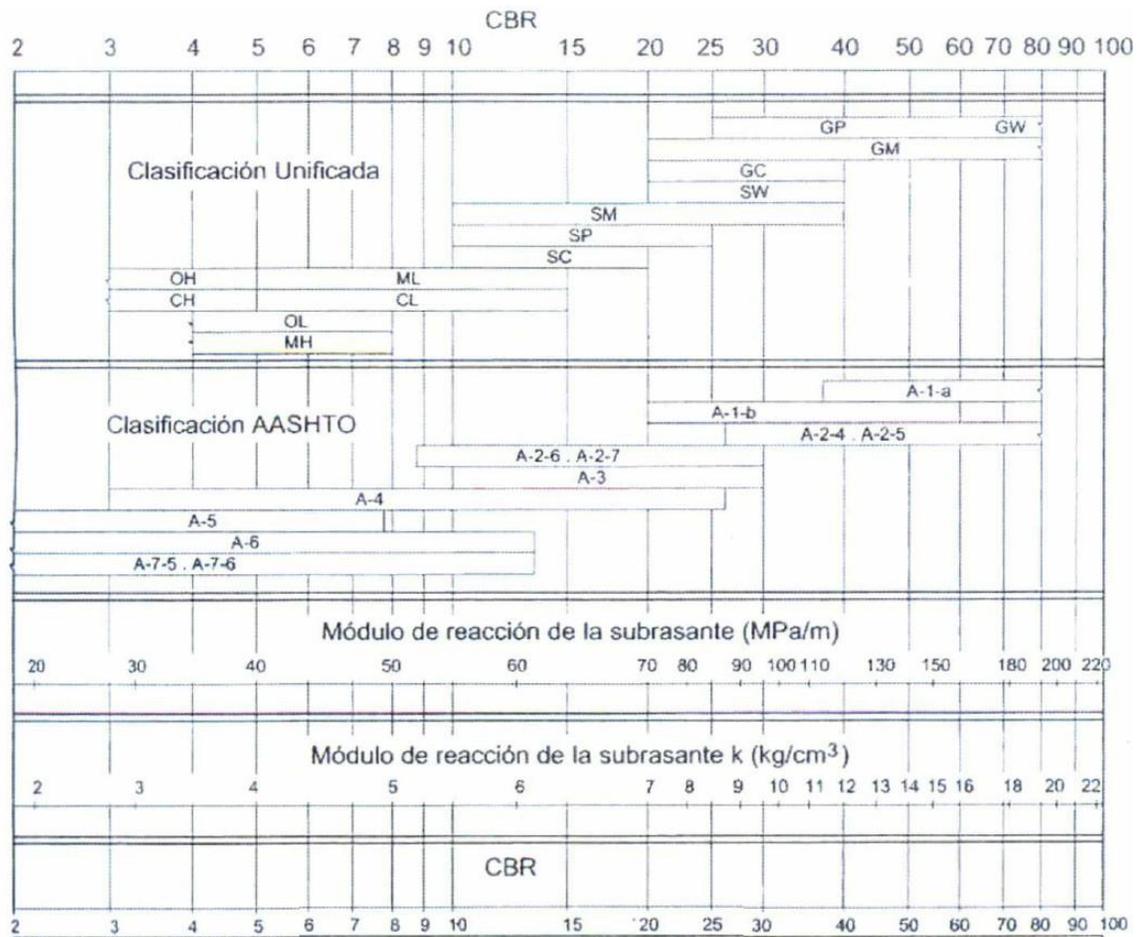
*Capas de Apoyo del Pavimento Rígido*



Fuente: (Heredia Ordoñez, 2021).

**Figura 20**

*Modulo de Reacción de la Subrasante y Correlación CBR*

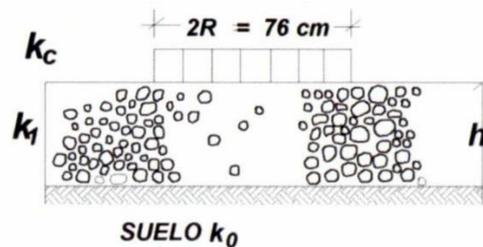


Fuente: (Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC);, 2014)

Los materiales adecuados, para capas de la subrasante son los que tienen CBR  $\geq$  de 6%, si el valor es menor, se procederá a la estabilización de los suelos con métodos aprobados por el MTC, (Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC);, 2014).

### Figura 21

*Coefficiente de Reacción*



Fuente: (Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC);, 2014)

$$Kc = \left[ 1 + \left( \frac{h}{38} \right)^2 * \left( \frac{k1}{k0} \right)^{\frac{2}{3}} \right]^{0.5} * K0$$

Donde:

$K_1$  ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ ): Coeficiente de la subbase granular.

$K_c$  ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ ): Coeficiente de la subbase granular

$K_0$  ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ ): Coeficiente de la subbase granular

$h$ : Espesor de la subbase granular

### Figura 22

*CBR para la Subbase Granular de Pavimentos Rígidos Según Tráfico*

*Expresado en EE*

Trafico	Ensayo Norma	Requerimiento
Para Trafico $\leq 15 \times 10^6$ EE	MTC E 132	CBR mínimo 40%*

Para Trafico >15x10 <sup>6</sup> EE	MTC E 132	CBR mínimo 60%*
-------------------------------------	-----------	-----------------

Fuente: recopilado de I (MTC, 2014)

### Resistencia a Flexotracción Del Concreto (MR)

Para el cálculo de pavimentos rígidos se tiene en cuenta la resistencia del concreto sometido a flexión, que se le conoce como resistencia a la flexión por tensión o Modulo de Rotura (MR), determinado a los 28 días. (MTC, 2014).

#### Tabla 20

*Valores de Resistencia del Concreto Según Trafico*

Rangos de Tráfico Pesado Expresado en EE	Resistencia Mínima a la Flexotracción del Concreto (MR)	Resistencia Mínima Equivalente a la Compresión del Concreto (f'c)
≤ 5 000 000 EE	40 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>
> 5 000 000 EE ≤15 000 000 EE	42 kg/cm <sup>2</sup>	300 kg/cm <sup>2</sup>
>15 000 000 EE	45 kg/cm <sup>2</sup>	350 kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Recopilado de (MTC, 2014)

El módulo de rotura (Mr) del concreto, se relaciona con el módulo de compresión (f'c) del concreto mediante la ecuación. (MTC, 2014)

$$Mr = a\sqrt{f'c}, \text{ (f'c en kg/cm}^2\text{), de acuerdo al ACI 363.}$$

Los valores de “a” cambian entre 1.99 y 3.18.

### Módulo de elasticidad del concreto (EC)

El módulo de elasticidad del concreto es un factor importante para el dimensionamiento de estructuras de concreto armado, el cálculo de este se puede realizar a partir de la resistencia a compresión o flexotracción, a través de correlaciones establecidas. (Heredia Ordoñez, 2021)

(AASHTO, 1993), señala que el módulo de elasticidad, puede ser calculado utilizando una correlación, recomendada por el ACI:

$$E = 57\,000x(f'c)^{0.5}, f'c \text{ en PSI}$$

### **Coeficiente de drenaje (Cd)**

Un aspecto importante en cualquier pavimento es prevenir la acumulación de agua en las capas de apoyo, debido a que su existencia afecta el desempeño del pavimento, algunos de estos son daños son:

- Reduce la estabilidad de los materiales granulares no unidos.
- Reduce resistencia de la subrasante.
- Eliminación de finos por medio del escurrimiento.
- Movimientos diferentes en suelos expansivos.
- Expansión por temperaturas muy bajas.

La metodología de diseño de AASHTO 93, incluye el coeficiente de drenaje para tenerlo en cuenta en el cálculo del pavimento rígido. ( MTC, 2014)

El coeficiente de drenaje Cd, están los valores entre 0.70 y 1.25 considerando las características mencionadas anteriormente.

**Tabla 21**

*Condición de Drenaje*

<b>Drenaje</b>	<b>50% de Saturación en:</b>	<b>85% de Saturación en:</b>
Excelente	2 hr	2 hr
Buena	1 día	2 a 5 hr
Regular	1 semana	5 a 10 hr
Mala	1 Mes	>de 10 hr
Muy pobre	El agua no drena	Mucho más de 10 hr

Fuente: (Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC);, 2014)

Si la muestra después de haber sido colmatada con agua, cumple con uno de los requisitos de la tabla 22, se puede decir que es un drenaje excelente, bueno, regular, malo o muy pobre. (Heredia Ordoñez, 2021)

Determinada la calidad del drenaje, se calculará el Cd correlacionándolo con el grado de exposición, utilizando la tabla 23.

**Tabla 22**

*Coefficientes de Drenaje en las Capas Granulares Cd*

Drenaje	Porcentaje del Periodo de exposición del pavimento a niveles de humedad cercanos a la saturación.			
	<1 %	1 a 5 %	5 % a 25 %	>25%
<b>Excelente</b>	1.25 - 1.2	1.2 - 1.15	1.15 - 1.10	1.1
<b>Buena</b>	1.2 - 1.15	1.15 - 1.1	1.1 - 1.	1
<b>Regular</b>	1.15 - 1.1	1.1- 1	1 - 0.9	0.9
<b>Mala</b>	1.1 - 1	1- 0.9	0.9 - 0.8	0.8
<b>Muy mala</b>	1 - 0.09	0.9 - 0.8	0.8 - 0.7	0.7

**Fuente:** (Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC);, 2014)

**Factor de transferencia de carga (J)**

(Heredia Ordoñez, 2021), indica que es la posibilidad que tiene una losa de pavimentos de transmitir fuerzas cortantes a las losas continuas, para reducir las deformaciones y los esfuerzos en la estructura del pavimento, cuando es mejor sea la transferencia de carga, mejor será el comportamiento de las losas del pavimento, la eficiencia de la transferencia de carga depende de los siguientes factores: volumen de tráfico, uso de pasajuntas, soporte lateral de losas.

(Heredia Ordoñez, 2021), el valor de J, es directamente proporcional al valor final del espesor de losa de concreto. Por lo tanto, si el valor de J es menor, el espesor de la losa de concreto menor.

**Tabla 23***Coeficiente de Transmisión de Carga J*

Tipo de Berma	J			
	Granular Asfáltica		Concreto Hidráulico	
Valores J	Si (con pasadores)	No (con pasadores)	Si (con pasadores)	No (con pasadores)
	3.2	3.8 – 4.4	2.8	3.8

Fuente: (MTC, 2014)

**1.3.2.4. Tipos de juntas**

El (MTC, 2014), tienen como finalidad primordial, la fabricación del pavimento por los paños separados para evitar grietas de construcción, determinado una unión adecuada entre ellas, que garantice la continuidad de la superficie de rodadura y la adecuada conservación del pavimento

**Juntas longitudinales:**

Son juntas paralelas al eje longitudinal del pavimento, estas juntas se colocan para prevenir la concepción de grietas longitudinales, pueden ser en forma mecánica. (MTC, 2014).

**Juntas transversales:**

(Heredia Ordoñez, 2021), indica que las juntas transversales controlan las grietas causadas por la retracción del fraguado del concreto. La ranura de la junta, debe por lo menos tener una profundidad de un cuarto del espesor de la losa. Se construye perpendicular al tráfico. También son llamadas juntas de contracción, ya que controlan el agrietamiento transversal por contracción del concreto.

La profundidad de la ranura debe ser igual a  $\frac{1}{4}$  del peralte de la losa, la separación máxima de las juntas transversales es de 15' (4.57 m), la colocación de las barras de transferencia está sometida a las características de la subrasante y del tipo de tránsito para el pavimento. (MTC, 2014).

(Heredia Ordoñez, 2021) , la dimensión de las losas se calcula en cierta forma, con la disposición de las juntas transversales y juntas longitudinales, la longitud de la losa no debe ser mayor a 1.25 veces el ancho y que no sea mayor a 4.50m. (MTC, 2014)

## **Tabla 24**

### *Dimensiones de Losa*

<b>Ancho del Carril (m) = Ancho de la Losa (m)</b>	<b>Longitud de la losa</b>
2.70	3.30
3.00	3.70
3.30	4.10
3.60	4.50

Fuente: (Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC);, 2014).

#### **1.3.2.4.1. Juntas de Contracción:**

##### **Las juntas longitudinales de contracción.**

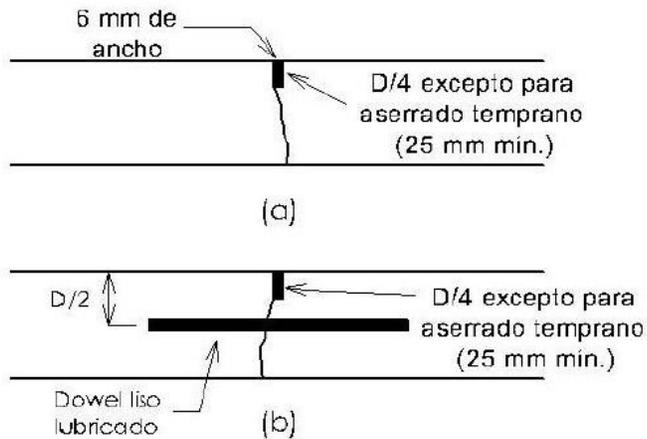
según él (MTC, 2014), son las que separan los carriles de tránsito y controlan el agrietamiento y fisuración cuando se fabrican en simultaneo dos o más carriles, en este caso se logra mediante el corte de 1/3 de la parte del espesor de la losa de concreto, con un disco de 0.3cm, la transferencia de carga en las juntas longitudinales se logra mediante la trabazón de los agregados y se mantiene con el empleo de barras de amarre, que son de acero y corrugadas.

##### **Las juntas transversales de contracción**

según él (MTC, 2014), se fabrican transversalmente a la línea central del pavimento y están espaciadas para controlar la fisuración y el agrietamiento provocados por la retracción del concreto y por los cambios de humedad y temperatura, el espaciamiento aconsejable entre juntas no debe exceder los 4.50m.

**Figura 23**

*Tipos de Juntas Transversales de Contracción*



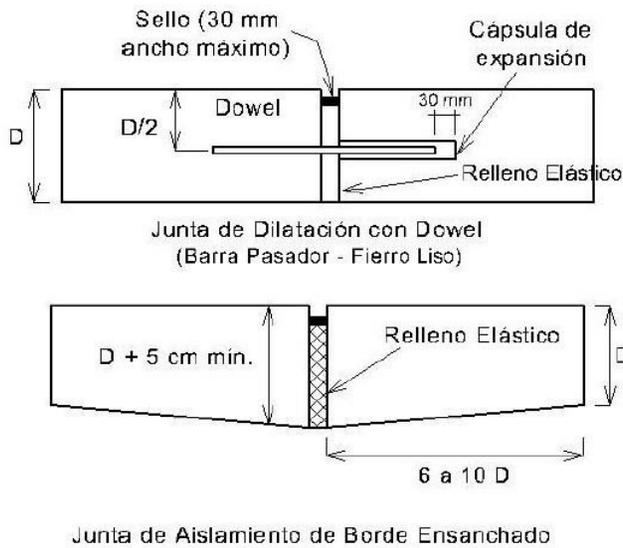
Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, C.E. 010 Pavimentos Urbanos, 2010, pág. 66)

**1.3.2.4.2. Juntas de expansión:**

(Heredia Ordoñez, 2021), se ven necesarias cuando existen otras estructuras permanentes como: puentes, aceras, alcantarillas, entre otras, colocándose donde sea necesario este tipo de juntas, se dejará una separación de 2 cm y se construye para disminuir las tensiones, cuando el concreto se expande, se colocan obligadamente frente a estructuras existentes y en intersecciones irregulares.

## Figura 24

### *Juntas e Expansión y Aislamiento*



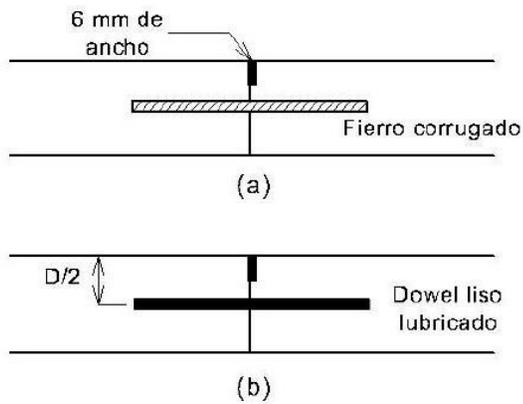
Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, C.E. 010 Pavimentos Urbanos, 2010, pág. 66)

#### **1.3.2.4.3. Juntas de construcción:**

El (MTC, 2014), indica que se pueden fabricar cuando hay una interrupción no mayor de 30 minutos en la colocación del concreto, del tipo trabado, es decir lleva barras de acero o material adecuado, para formar tabiques, de modo que se forma una cara vertical con una traba apropiada, existiendo 2 dispositivos de transferencia de carga entre las losas en zonas de juntas, las barras de sujeción y las dovelas o pasajuntas.

**Figura 25**

*Juntas Transversales de Construcción*



Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, C.E. 010 Pavimentos Urbanos, 2010, pág. 66)

**Tabla 25**

*Distanciamiento de Juntas*

<b>Peralte de Pavimento mm (in.)</b>	<b>Distanciamiento de Juntas* (m)</b>
125 (5)	3,00-3,80
150 <6)	3,70-4,60
175{7}	4,30 - 4,60
200 (8) o más	4,60

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, C.E. 010 Pavimentos Urbanos, 2010)

**1.3.2.5. Instrumentos de Transferencia de Carga.**

Es el mecanismo que tiene la junta para la transmisión de la carga de un lado a otro.

Su adecuado uso de los mecanismos de transferencia asegura un buen desempeño del pavimento, trayendo las siguientes ventajas:

- Disminución de las deflexiones.
- Reducción del escalonamiento.
- Evita el desgaste de las juntas y las fisuras en los lados.

#### 1.3.2.5.1. Trabazón de Agregados.

El (MTC, 2014), indica que son el engranaje mecánico que se produce entre los agregados de ambas caras de las losas continuas, depende de la resistencia al corte de las partículas de los agregados y del espaciamiento entre las juntas transversales del tipo de subbase y del tránsito, el tamaño de los agregados es crítico para la transferencia de carga, cuando el tamaño es menor a 2.5cm proveen una resistencia mínima, otros estudios indican que la trabazón de agregados puede funcionar para pavimentos diseñados con un numero de repeticiones de EE superior a 4 millones en el periodo de diseño.

#### 1.3.2.5.2. Pasadores o Dowells.

El (MTC, 2014), indica que estos dispositivos aumentan la transferencia de carga aportada por la trabazón de agregados, es necesaria para pavimentos con un numero de repeticiones de EE mayores a 4 millones en el periodo de diseño, siendo barras de acero lisas de 1/8 del espesor de la losa, colocadas en la mitad de las juntas con la finalidad de transferir cargas sin restringir el movimiento de las losas y permitiendo el alineamiento horizontal y vertical, el uso de pasadores reduce considerablemente las deflexiones y los esfuerzos del concreto, reduciendo el escalonamiento, bombeo y las fallas de los bordes.

**Tabla 26**

*Espesores y Dimensiones Recomendados en Pasadores*

Rango de Espesor de losa (cm)	Diámetro		Longitud del pasador o Dowells (cm)	Separación entre pasadores (cm)
	Milímetros (mm)	Pulgada		
15-20	25	1"	41	30

20-30	32	1 ¼"	46	30
30-43	38	1 ½"	51	38

Fuente: (Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC);, 2014)

### **1.3.3. Normativa Técnica y Manuales.**

Para el diseño de pavimentos rígidos, tenemos normativa técnica y manuales nacionales e internacionales.

#### **1.3.3.1. Guide Design of Pavement Structures.**

El manual del Diseño de Estructuras de Pavimentos, trata sobre la gestión del pavimento a nivel de proyecto relacionado con el diseño, procedimientos de construcción o reconstrucción, la evaluación económica de la alternativa estrategias de diseño de pavimento, fiabilidad y requisitos del diseño, su autor es corporativo la American Association of State Highway and Transportation Officials conocida por sus siglas. (AASHTO, 1993).

#### **1.3.3.2. Norma CE.010 Pavimento Urbanos.**

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, C.E. 010 Pavimentos Urbanos, 2010), normativa para establecer los requisitos mínimos para el diseño, construcción, mantenimiento, rehabilitación, mantenimiento, rotura y reposición de pavimentos urbanos, desde los puntos de vista de la Mecánica de suelos y de la Ingeniería de Pavimentos, para asegurar la durabilidad, el uso racional de los recursos y el buen comportamiento de aceras, pistas y estacionamiento de pavimentos urbanos, a lo largo de su vida de servicio. (MTC, 2010).

#### **1.3.3.3. Manual de Carreteras: Sección Suelos y Pavimentos.**

(Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC);, 2014), aprobado en abril de 2014 y vigente a la fecha la sección Suelos y Pavimentos del Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos, el Manual de “Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos”, forma parte de los Manuales de Carreteras,

establecidos por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado por D.S N° 034-2008-MTC y conforman uno de los documentos técnicos de carácter normativo que rige a nivel nacional y es cumplimiento obligatorio para los órganos responsables de los 3 niveles de gobierno: Nacional, Regional y local. (MTC, 2014).

#### **1.3.3.4. Manual de Ensayo de Materiales.**

El (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC);, 2016), en su calidad de órgano rector a nivel nacional en materia de transporte y tránsito terrestre, es el organismo competente para dar las normas correspondientes a la gestión de la infraestructura vial y fiscalizar su cumplimiento, el “Manual de Ensayo de Materiales” forma parte de los Manuales de Carreteras establecidos por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC y constituye uno de los documentos técnicos de carácter normativo, que rige a nivel nacional y es de cumplimiento obligatorio por los órganos responsables de la gestión de la infraestructura vial de los tres niveles de gobierno: Nacional, Regional y Local. (MTC, 2014).

El “Manual de Ensayo de Materiales” tiene por finalidad normalizar el método y procedimientos, para la ejecución de los ensayos de laboratorio y de campo de los materiales que se usan en los proyectos de infraestructura vial, con el objetivo de asegurar que su comportamiento corresponda a los requerimientos de calidad propuestos en los estudios, para las obras y actividades de mantenimiento vial. (MTC, 2014).

La versión actualizada publicada en el 2016 del “Manual de Ensayo de Materiales” es la versión vigente, debido que es la actualización del Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM. 2000), y está organizado en Secciones, que abarcan a los diferentes tipos de materiales y dentro de ellas, los ensayos correspondientes, el “Manual de Ensayo de Materiales”, toma en como referencia la normatividad de las instituciones técnicas reconocidas

internacionalmente, tales como AASHTO, ASTM, Instituto del Asfalto ACI, NTP, entre otras. (MTC, 2014).

#### **1.3.3.5. Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción.**

El Manual de “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” al igual que los demás manuales citados, forman parte de los Manuales de Carreteras establecidos por el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC y constituye uno de los documentos técnicos de carácter normativo, que rige a nivel nacional y es de cumplimiento obligatorio por los órganos responsables de la gestión de la infraestructura vial de los tres niveles de gobierno: Nacional, Regional y Local. (MTC, 2013)

#### **1.3.4. Definición de Términos**

**Pavimento:** estructura de 2 a más capas fabricadas sobre la subrasante para soportar y transmitir esfuerzos producidos por los vehículos. (MTC, 2010)

**Afirmado:** Es una capa compacta de material granular natural o artificial, con una composición determinada que sea capaz de soportar directamente las cargas y esfuerzos del tránsito de diseño, debe tener la cantidad apropiada de material fino y cohesivo que permita mantener unidas las partículas. (MTC, 2010)

**Drenaje:** Sirve para eliminar la humedad de su superficie.

**Bases tratadas:** Bases que se les dosifica adicionando otras sustancias como cemento, asfalto, cal u otras que hayan sido estudiados, para mejorar su característica estructural y disminuir el peralte del pavimento.

**Población:** grupo de seres vivos que pertenecen a una igual especie en una zona en la que tienen las condiciones para satisfacer sus necesidades de vida.

**Suelos estabilizados:** Son suelos con baja resistencia o inadecuados para soportar un pavimento y a los cuales se les adiciona un estabilizador o un aditivo químico.

**Vereda.** Componente de las vías urbanas situadas entre la pista y los predios, destinado para uso de las personas, estos pueden ser de materiales variables, concreto simple bruñado, asfáltico, adoquines u otro material siempre y cuando sea adecuado.

**Alameda:** Vía amplia con mayor área e intensa arborización.

**Año Base:** Es el año escogido y se considera los datos de inicio que sirven para de base del tráfico de diseño.

**Base:** Por lo general es granular, pero también puede ser un suelo estabilizado cuyo objetivo será servir como soporte de los pavimentos y en otros aspectos puede cumplir la función de capa drenante.

**Calle:** Más conocido como vía pública situado en los límites de propiedad, con la función de ser ocupado por tránsito vehicular o peatonal.

**Berma Central:** Elemento central a nivel o desnivel que actúe como elemento confinante y en defensa de la infraestructura vial.

**Berma Lateral:** Es un alargue de la calzada que sirve de parqueo de vehículos, con características propias.

**Bombeo.** Pendiente o inclinación transversal de la vía para drenara aguas superficiales.

**Calzada:** área de las vías usada por el tránsito vehicular.

**Camiones:** Vehículos tipo C2 del Reglamento Nacional de Vehículos, con configuraciones iguales a 2 ejes y 6 llantas, considerado dentro de ellos los ómnibuses y camiones de 4 llantas de base ancha, no se incluyen automóviles camionetas, Pick-Ups, ni paneles. (Heredia Ordoñez, 2021)

**Camiones Pesados:** Del Reglamento Nacional de Vehículos, con configuraciones de ejes mayores a las de vehículos tipo C2. (MTC, 2010).

**Capacidad de la Vía:** Número mayor de vehículos de cualquier tipo para los que la vía tiene que ser proyectada geoméricamente. (MTC, 2010).

**Subrasante:** Parte superior del terreno natural de 20cm, compactado en vías del tipo locales, colectoras y de 30 cm de espesor compactado en vías arteriales y expresas. (MTC, 2010).

**Carga Por Eje Simple Equivalente A 80 kN (ESAL por sus siglas en inglés):** Es el efecto en el pavimento de cualquier combinación de cargas por eje de magnitud variada, expresada en el número de aplicaciones de un eje simple de 80 kN. (MTC, 2010).

**Carril de Diseño:** Carril por el que se espera el mayor N° de aplicaciones de cargas por eje simple equivalente de 80 kN, puede ser cualquiera de los carriles en una vía de 2 carriles en el mismo sentido o el carril exterior en una vía de carriles múltiples también en el mismo sentido. (MTC, 2010).

**Ciclovía:** Parte de la vía urbana exclusiva para el tránsito de bicicletas.

**Estacionamiento:** Parte pavimentada destinada al estacionamiento de vehículos.

**Entibar:** encofrar, estabilizar con madera o metales las excavaciones con riesgo de deslizamiento.

**ESALs DE DISEÑO:** Es el N° de aplicaciones de cargas por Eje Estándar, proyectado durante el Período de Diseño. (MTC, 2010).

**Espesor de Diseño:** Es la dimensión de las capas del pavimento resultante del cálculo.

**Espesor Efectivo.** El espesor efectivo de cada capa del pavimento, que se calcula, multiplicando su espesor real por los factores de conversión dependiendo el método utilizado. (MTC, 2010).

**Juntas de Control:** En un pavimento rígido son las juntas inducidas para controlar el agrietamiento.

**Módulo de Resiliencia o Módulo Resiliente (Mr):** Es una medida de la propiedad elástica del suelo, reconociéndole ciertas características no lineales. usado directamente en el diseño de pavimentos flexibles. (MTC, 2010).

**Módulo de Rotura (MR):** Es una dimensión de la resistencia a la tracción por flexión del concreto. (MTC, 2010).

**Muestra:** Parte de una población escogida según el método adecuado estadístico aceptado, para la representación de la población.

**Muestreo Aleatorio:** muestra adquirida usando método de muestreo.

**Vías Urbanas:** Espacios destinados al tránsito vehicular o peatonal, ubicados en el límite urbano.

**Vías Expresas:** Vías que hacen posible las uniones interurbanas con fluidez alta, relacionan zonas de mucho de tráfico, transportando grandes volúmenes de vehículos livianos, con circulación a alta velocidad y limitadas condiciones de accesibilidad. (MTC, 2010).

**Vías Arteriales:** Son vías que unen zonas interurbanas con fluidez media, limitada accesibilidad y relativa integración con el uso de las áreas colindante, vías que deben integrarse con el sistema de vías expresas y permitir una buena distribución y repartición del tráfico a las vías colectoras y locales. (MTC, 2010).

**Vías Colectoras:** Vienen a ser aquellas que se usan para llevar el tránsito de las vías locales a las arteriales, dando servicio tanto al tránsito vehicular, como acceso hacia las propiedades adyacentes. (MTC, 2010).

**Vías Locales:** Su objetivo es el acceso directamente a las zonas residenciales, comercial e industrial y transitabilidad en ellas. (MTC, 2010).

**Volumen Promedio Diario (V.P.D.):** Promedio de vehículos que transitan en las 24 horas del día. (MTC, 2010).

#### **1.4. Formulación del Problema.**

¿Cuál es el diseño de la pavimentación en la Urbanización Ciudad del Chofer del distrito de Chiclayo, para satisfacer las necesidades del lugar?

#### **1.5. Justificación e importancia del estudio**

##### **1.5.1. Justificación Técnica**

**Tecnológico**, por uso y optimización de materiales propios y aditivos, que, en los últimos años, han tenido la tendencia a disminuir el costo de operación, durante construcción del pavimento, siendo más duraderos de acuerdo con la exigencia de un desarrollo sostenible de la urbanización Ciudad del Chofer.

##### **1.5.2. Justificación Ambiental.**

También la investigación tiene una **repercusión ambiental**; con la pavimentación se busca mejorar las condiciones de transitabilidad vehicular y peatonal a la población en estudio, ya que actualmente este genera polvo y en épocas de fenómenos del niño se hace un cuadro infeccioso que produce enfermedades respiratorias a dicha población.

##### **1.5.3. Justificación Socioeconómica.**

En lo **social**, busca que sea segura y cómoda la circulación en la urbanización Ciudad del Chofer, ya que en la actualidad se encuentran intransitables debido a su deplorable estado, producido por las lluvias, no tienen mantenimiento y están sin pavimentar.

En lo **económico**, con la pavimentación de las calles de la urbanización Ciudad del Chofer, atraerá visitantes de urbanizaciones aledañas, acelerando el

comercio en bodegas y minimarket existentes, además la posibilidad de atraer inversionistas que generan oportunidades de trabajo

#### **1.5.4. Importancia.**

La investigación es de suma importancia, debido a que, con el diseño de la pavimentación, se tendrán repercusiones positivas, en la economía y la calidad de vida. La importancia también resalta en el diseño y en los procesos constructivos ya que se usará nuevas tecnologías y métodos para el óptimo uso de los materiales, equipos, herramientas para la construcción de pavimentos.

#### **1.6. Hipótesis**

El diseño de la pavimentación rígida, mejora la calidad de vida de los pobladores de la urbanización ciudad del chofer.

#### **1.7. Objetivos**

##### **1.7.1. Objetivo General**

Realizar el diseño de la pavimentación en la urbanización ciudad del chofer del distrito de Chiclayo-2020, que conlleve a una mejor transitabilidad peatonal y vehicular de sus habitantes.

##### **1.7.2. Objetivos Específicos**

- a. Realizar diagnóstico situacional actualizado de las calles y avenidas.
- b. Realizar estudios básicos para el diseño de Infraestructura Vial Urbano.
- c. Elaborar el diseño del pavimento rígido, usando el método AASTHO93.
- d. Realizar estudio económico para pavimentar la urbanización.

## **II. MATERIAL Y METODOS**

### **2.1. Tipo y Diseño de Investigación**

#### **2.1.1. Tipo de Investigación**

En general el estudio realizado es Cuantitativa-Tecnológica. Porque se realizará una recolección y análisis de datos con lo que se contestó a las preguntas de la investigación y porque tiene como base fundamental la solución de una problemática. (Ñaupas Paitán, 2018)

#### **2.1.2. Diseño de Investigación**

La investigación desarrollada es Cuasi Experimental, compuesta de variables dependientes el diseño de la pavimentación, para su desarrollo se combinarán trabajos in situ, trabajos en gabinete, obteniendo patrones de diseño.

Es de corte transversal, por el análisis es en un periodo de diciembre 2020 - marzo 2021.

### **2.2. Población y Muestra.**

#### **2.2.1. Población**

Es el área en estudio correspondiente a la Urbanización Ciudad del Chofer, del distrito de Chiclayo, provincia de Chiclayo, región Lambayeque.

#### **2.2.2. Muestra**

La muestra seleccionada para este proyecto de tesis es toda la Urbanización ciudad del chofer, que consta de 28.8223 ha, ver anexo 01 (plano de ubicación y localización).

### 2.3. Variables, Operacionalización.

#### 2.3.1. Variables

##### 2.3.1.1. Variable independiente

Diseño estructural de Pavimento Rígido.

##### 2.3.1.2. Variable dependiente.

Diseño de la pavimentación en la urbanización Ciudad del Chofer.

#### 2.3.2. Operacionalización.

**Tabla 27**

*Operacionalización*

Variables	Dimensiones	Indicadores	Índice	Recolección de Datos, Técnicas e Instrumentos.
Independiente	Diseño estructural del Pavimento Rígido	EMS con fines de pavimentación.	%	Observación - EMS
		Calidad y CBR	%	
		Periodo de diseño	años	Observación - Estudio de Vial
		IMDA	Veh/día	
		Normativa Vigente: AAHSTO-93, C.E. 010, D.S N° 034-2008-MTC, R.D. N°22-2013-MTC/14, R.D. N°10- 2014 – MTC/14	%	
Método AASHTO 93: Espesores del pavimento	cm	Análisis de documentos		
Variables	Dimensiones	Indicadores	Índice	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

		Diagnostico situacional	%	Observación
		Topografía	m- ha -m <sup>2</sup>	Observación - Estudio de topografía
		Resultados del EMS	%	Observación - EMS
		Vida útil del pavimento	años	Observación - Estudio Vial
Dependiente	Diseño de la Pavimentación	Tipo de pavimento a usarse	años	
		Condiciones climáticas	mm	
		Características geométricas de la vía	'm <sup>2</sup> - m	Guía de Observación y análisis de documentos.
		Componentes de la pavimentación	und	
		Procesos Constructivos	%	
		Costos y presupuesto	S/.	

Fuente: Elaboración propia.

## 2.4. Técnicas e instrumentación de Recolección de Datos, Validez Y Confiabilidad.

### 2.4.1. Técnicas de Recolección de Datos

En esta investigación se realizó la recolección de datos por medio de la observación y medición apoyados de equipos electrónicos.

#### 2.4.1.1. Guías de Observación:

(Sampieri, Collado, Lucio,2010), esta técnica se utilizó para obtener los datos cuantitativos en campo, el volumen de tránsito, características del área de estudio, estado de las vías existentes y diversos factores que presentó el objeto de estudio de nuestra investigación, los cuales han sido cuantificados y registrados por instrumentos.

#### 2.4.1.2. Análisis de Documentos

Se usó esta técnica, para la obtención de información, base teórica, normatividad del diseño de pavimentos, mediante el estudio y análisis de documentos que contienen datos, símbolos, procedimientos etc. (Sampieri, Collado, Lucio,2010).

#### **2.4.2. Instrumentos de Recolección de Datos**

(Bernal, 2010), “toda medición o instrumento de recolección de datos debe reunir dos requisitos esenciales: confiabilidad y validez”.

Los instrumentos de recolección de datos en esta de investigación son:

##### **2.4.2.1. Guías de observación.**

(Bernal, 2010), la observación, como técnica de investigación científica, es un proceso riguroso que permite conocer, de forma directa, el objeto de estudio para luego describir y analizar situaciones sobre la realidad estudiada.

- Formato para el estudio de trafico de todas las calles de la urb. Ciudad del Chofer (IMDA).
- Formato para el ensayo de granulometría
- Formato para Contenido de humedad.
- Formato para determinar los límites de Atterberg.
- Formato Contenido de Sales solubles.
- Formato peso unitario.
- Formato Proctor modificado.
- Formato de CBR.
- Formato del ensayo de corte directo.

##### **2.4.2.2. Instrumentos Para Levantamiento Topográfico.**

- Estación total Topcon Gm55.
- Trípode de aluminio.
- Prisma AK17 for Optical

- Wincha de 50m y wincha de 10.
- Libreta de campo.

### 2.4.2.3. Guía de Análisis Documentario.

Se analizará, reglamentos y manuales, nacionales vigentes, también se consultar la normativa extranjera, La Guía AASHTO, 1993.

Norma	Nombre	Aplicación en la Tesis
C.E. 010	Pavimentos Urbanos	Brindará los requisitos mínimos para el diseño del pavimento rígido, visto desde la Mecánica de suelos y de la Ingeniería de Pavimentos
R.D.. N°10- 2014- MTC/14	MTC: Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos - Sección de Suelos y Pavimentos	Normativa y parámetros de Diseño del paquete estructural del pavimento y evaluación de la subrasante.
RD N° 18_2014_MTC_14	Manual de Carreteras: Manual de Ensayo de Materiales	Nos da la metodología y procedimientos, para la ejecución de los ensayos de laboratorio y de campo
R.D. N°22-2013-MTC/14	MTC: Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción	Guía para la correcta ejecución de los procesos de ejecución y garantizar la calidad de los materiales.
AASHTO, 1993.	Guide Design of Pavement Structures.	Guía para el diseño estructural del pavimento.

Fuente: Elaboración Propia.

- Se procesará datos del INEI censo 2017 y los datos de la Estación Lambayeque, ubicada en el distrito de San José, que es de tipo Convencional - Meteorológica.

### 2.4.3. Confiabilidad de Datos

La confiabilidad de un instrumento de medición se direcciona al grado en que su aplicación repetida a un objeto produce resultados iguales, esto significa que los ensayos realizados a las diferentes muestras en el laboratorio deben dar resultados iguales. (Sampieri, Collado, Lucio,2010, pág. 200)

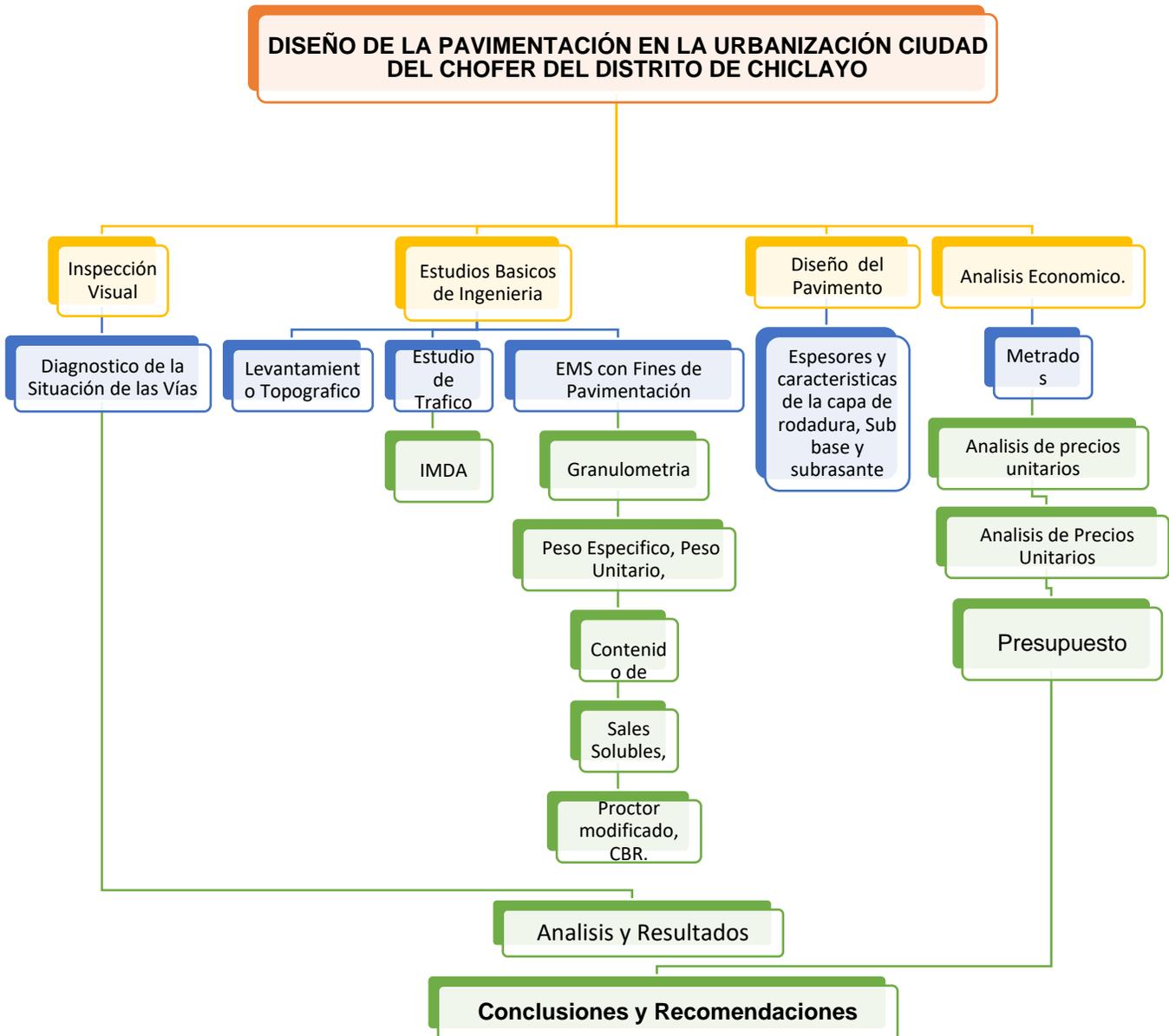
## **2.5. Procedimientos de Análisis de Datos.**

Programación estadística de la información actual de la investigación, se usará programas de diseño y dibujo, en el cual se basará en hacer cuadros, hojas de cálculo, curvas, gráficas, planos entre otros, con los resultados obtenidos de cada ensayo.

## 2.5.1. Diagrama de Flujo de Procesos

Figura 26

Esquema de Flujo de Procesos



Fuente: Elaboración Propia

## **2.5.2. Descripción de Procesos.**

### **2.5.2.1. Inspección Visual.**

#### **Equipo y materiales.**

Material de escritorio (lapicero, lápiz, hojas en blanco y folder)

#### **Procedimientos:**

- Recorrido de las calles y avenidas de la urbanización.
- Anotación de las deficiencias en las vías.
- Visita de las áreas recreativas y centros comunales.

#### **Recursos humanos:**

Autor de la Tesis.

#### **Instrumentación:**

Guías de observación.

### **2.5.2.2. Levantamiento Topográfico.**

#### **Equipo y materiales.**

- Material de escritorio (lapicero, lápiz, hojas en blanco y folder).
- Estación Total Topcon, con sus accesorios prismas y trípode.
- Equipos de seguridad: Cascos y Calzado punta de acero.
- Flexómetro de 50m y 10m.

#### **Procedimientos:**

- a. Levantamiento Topográfico de las calles, avenidas, pasajes, manzanas y lotes de la urbanización de la investigación.
- Dirigirse a la Urb. y elegir una zona estratégica, para iniciar el levantamiento topográfico.

- Colocar el trípode de aluminio, en una superficie firme y horizontal, de manera de evitar balanceo del equipo cuando este estacionado.
- Colocación de la Estación Total, sobre el trípode de aluminio y velicar con el nivel de burbuja incorporado y el láser que se encuentre nivelada la estación.
- Se inicia el levantamiento topográfico, colocando los BM y a levantar planimetría y altimetría de los buzones, centros de vía, vértices de las manzanas y lotes

#### **Procesamiento de los datos.**

- Se extrae la data obtenida de la memoria de la estación total.
- Se exporta la data asistida por una computadora al programa AUTOCAD CIVIL 3D METRIC, donde se obtendrá niveles y ubicación de los puntos levantados en el terreno.
- Obtención de datos volúmenes de corte y relleno.
- Elaboración de planos de por especialidad.

#### **Recursos humanos:**

- Autor de la Tesis.
- Técnico en Topografía.
- Auxiliar de Topografía.

#### **Instrumentación:**

- Guías de observación.
- Equipo de Levantamiento Topográfico.

#### **2.5.2.3. Estudio de Trafico**

##### **Equipo y materiales.**

- Material de escritorio (lapicero, lápiz, hojas en blanco y folder).

**Procedimientos:**

- Dirigirse a la Urbanización y elegir la ubicación estratégica, para iniciar el estudio de tráfico de la urbanización.
- Empezar a contabilizar los vehículos en sentido de este a oeste y en sentido adverso.
- Se clasificará los vehículos de acuerdo al tipo que transiten en la vía por un periodo de una semana de 8:00 am a 6:00pm.
- Procesamiento de los datos, llevándolo a gabinete la información obtenida.
- Procesada la información calcular el IMDA, de las calles y avenidas.

**Recursos humanos:**

- Autor de la Tesis.
- Ayudante.

**Instrumentación:**

- Guías de observación.

**2.5.2.4. Estudio de Mecánica de Suelos.****Equipo y materiales.**

- Material de oficina (lapicero, lápiz, hojas en blanco y folder)
- Herramientas manuales: barreta, palana, pico y sacos.
- Herramientas y equipos del laboratorio USS.

**Procedimientos:**

- Clasificación de las vías
- Determinación de los puntos a explorar.
- Extracción de muestras
- Ensayos de laboratorio.

- Se hará el procedimiento en las muestras de cada de cada ensayo de mecánica de suelos (EMS).

➤ **Clasificación de las vías.**

**Normativa:**

NTE CE.010 PAVIMENTOS URBANOS

**Equipos y herramientas.**

Material de escritorio (lapicero, lápiz, hojas en blanco y folder)

**Procedimiento.**

Según las características de las vías se clasificará cada una de ellas, en locales, colectoras, arteriales y expresas, utilizando el Formato 1.

**Recursos humanos:**

Autor de la Tesis.

**Instrumentación:**

Guías de observación.

➤ **Determinación de los Puntos de Investigación**

**Normativa:**

NTE CE.010 Pavimentos Urbanos. (MTC, 2010).

**Equipos y herramientas.**

Material de escritorio (lapicero, lápiz, hojas en blanco y folder)

**Procedimiento.**

Se determinarán la cantidad de mínima de puntos a investigar de acuerdo al tipo de vía y área, se utilizará el formato 2.

**Recursos humanos:**

Autor de la Tesis.

**Instrumentación:**

Guías de observación.

➤ **Extracción de las muestras**

**Normativa:**

**R.D. N°10- 2014 – MTC/14**

**Equipos y herramientas.**

Material de escritorio (lapicero, lápiz, hojas en blanco y folder)

Herramientas manuales: barreta, palana, pico y sacos.

**Procedimiento.**

Con las Herramientas manuales, se realizará calicatas de diámetro aproximado de 1m por una profundidad mínima de 1.50m las ubicaciones designadas por el tesista.

**Recursos humanos:**

Autor de la Tesis.

Ayudante.

**Instrumentación:**

Guías de observación.

➤ **Ensayos de laboratorio**

**a. Ensayo de Granulometría.**

**Normativa:** MTC E 204, NTP 400.012.

**Equipos y herramientas:** Tamices normalizados, recipientes, taras, brocha cepillos.

**Procedimiento:** La muestra extraída de las calicatas debe estar seca, se ordena los tamices a utilizar de manera ordenada decreciente por abertura o tamaño, se selecciona una cantidad de muestra para tamizarla, se deberá evitar la sobrecarga de material y para finalizar se pesa cada una de las partículas retenidas en cada uno de los tamices utilizados.

### **Figura 27**

*Tamizado de la Muestra*



Fuente: Imagen Propia

#### **b. Ensayo de Peso Específico.**

**Normativa:** MTC E 206, NTP 400.021

**Equipos y herramientas:** Balanza electrónica, Tamices, recipientes, taras, horno.

**Procedimiento:** Secar la muestra, sumergirla en agua y dejar reposar por un tiempo de 24 horas, obtener el peso de la muestra sacada de la estufa y determinar el peso del agua.

**c. Contenido de Humedad**

**Normativa:** MTC E108, Manual de Carreteras (MTC, 2016)

**Equipos y herramientas:** Balanza electrónica, recipientes, taras, mecheros, matraz, vaso precipitado, pipeta y probeta.

**Procedimiento:**

- Se utilizará la muestra seca.
- Poner la muestra dentro de un vaso precipitado, luego agregar agua destilada hasta cubrirlo todo, agitarlo por un periodo de tiempo de 1min, realizar este procedimiento 4 veces en 10 minutos.
- Reposar hasta que la muestra se decante y repetir el procedimiento.
- Vaciar la muestra decantada en un matraz.
- Extraer un volumen de 50ml a 100ml y llevar al horno

**d. Límites de Atterberg:**

**Ensayo Limite Liquido.**

**Normativa:** MTC E 110, NTP 339.129. (MTC, 2016).

**Equipos y herramientas:** Balanza electrónica, recipientes, agua destilada, copa de Casagrande, acalanador, calibrador.

**Procedimiento:**

- Colocar muestra en el instrumento conocida como copa de casa Grande, nivelar con la espátula
- con la ranura se procede del punto más alto al más bajo en forma de abertura.

- Girar la manivela en velocidades de 1.9 a 2.1 gol/seg hasta que se cierre la muestra, registrar el N° de golpes necesarios para cerrar la ranura.
- Mezclar toda la muestra, añadir agua destilada y repetir el proceso por un cierre de 25 a 35 golpes otra para 20 a 30 golpes y otra prueba de 15 a 225 golpes.

### **Limite Plástico e Índice de plasticidad**

**Normativa:** NTP 339.129. (MTC, 2016).

**Equipos y herramientas:** Balanza electrónica, recipientes, tamiz, agua destilada, láminas de vidrio y vidrio grueso.

**Procedimiento:** Se coloca la muestra en láminas de vidrio y manualmente se comprime hasta formar cilindros alargados y delgados, se repetirá el proceso hasta que se fracturen.

#### **e. CBR.**

**Normativa:** MTC E 132–ASTMD 1883.

**Equipos y herramientas:** Prensa, molde metálico de forma cilíndrico de diámetro interior 152.4mm y 177.8 de altura, pisón de compactación, pisas, dos diales con recorrido mínimo de 1", recipiente de agua con capacidad suficiente para sumergir los moldes y horno que pueda mantener una temperatura de 110 +/-5°C.

#### **Procedimiento:**

La muestra que se toma, tiene que ser la cantidad necesaria para el ensayo de apisonado, más unos 5 kg por molde de CBR.

- Se determina la humedad óptima y la densidad máxima
- Cálculo de la humedad natural del suelo mediante secado en el horno.

- Teniendo la humedad natural del suelo, se le adiciona la cantidad de agua restante para alcanzar la humedad óptima determinada según el ensayo de compactación y se mezcla íntimamente con la muestra. (MTC, 2016)
- Una vez preparado el molde, se compacta el espécimen en su interior, aplicando un sistema dinámico de compactación (Proctor modificado), para suelos granulares, la prueba se efectúa dando 55, 26 y 12 golpes por capa y con contenido de agua correspondiente a la óptima. (MTC, 2016).
- Se aplica una sobrecarga que sea suficiente, para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento (con  $\pm 2,27$  kg de aproximación) pero no menor de 4,54 kg, se anotan las lecturas para las siguientes penetraciones: 0.63, 1.27, 1.90, 2.54, 3.17, 3.81, 5.08, 7.62, 10.16, 12.70mm, finalmente, se desmonta el molde y se toma de su parte superior. (MTC, 2016).

#### **2.5.2.5. Diseño Estructural del Pavimento.**

##### **Equipo y materiales.**

Material de escritorio (lapicero, lápiz, hojas en blanco y folder), software de dibujo y diseño

##### **Procedimientos:**

- Con los datos obtenidos en los estudios básicos de ingeniería, se hace el diseño de los componentes de la pavimentación.
- Se determinará el tipo de pavimento a utilizar, así como los espesores del pavimento, subbase y subrasante, mediante el método empírico AASHTO 93 para una construcción nueva. (Heredia Ordoñez, 2021).
- El espesor de la losa obtenido, debe soportar el tránsito vehicular de diseño sin que genere el daño del nivel de servicio proyectado.

## **2.6. Criterios Éticos**

### **2.6.1. Ética de la Recolección de Datos:**

Corresponde a la realización de recolección de datos con veracidad y responsabilidad respetando a las personas, no se falsificará ningún dato o resultado, ya que esta información podrá ser usada en el futuro por estudiantes o por otros investigadores y se desea dejar un buen precedente con información actualizada y veraz para la orientación y base de trabajos afines en el futuro. (Informe Belmont, 1979)

La información obtenida, se adquirió bajo procedimientos establecidos en las Nomas Técnicas Peruanas, RNE y Manuales del MTC.

### **2.6.2. Ética de la publicación**

La presente investigación ha sido realizada con el fin de aportar nuevos conocimientos en la rama de ingeniería pavimentos, por lo cual, si se usa posteriormente como referencias a temas similares, se debe realizar el debido reconocimiento a los autores, el hacer esto es un fin de justicia y lucha contra el plagio. (Informe Belmont, 1979).

### **2.6.3. Ética de la aplicación**

Los beneficios futuros que se puedan obtener a través de esta investigación deben estar acorde con el código ético de la profesión, ya que esta investigación se puede aplicar en el lugar de estudio, mejorando la calidad de vida de la población por tal motivo es importante reconocer las ventajas y desventajas que se pueden originar. (Informe Belmont, 1979)

## **2.7. Criterios de Rigor Científico.**

**Veracidad.**

Los resultados de los ensayos, demostraciones de diseños mediante software y memorias de cálculo presentados en esta investigación avalan su veracidad.

**Honestidad.**

Los datos presentados son producto de los trabajos de campo y laboratorio desarrollados sin alterar, por lo que se demuestra la sinceridad al no mentir, engañar o hacer trampa para beneficio propio.

**Credibilidad.**

Los resultados serán comprobados para su validación, los procedimientos serán correctamente ejecutados de acuerdo con la normativa vigentes peruanas en la especialidad de suelos y pavimentos.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Resultados en Tablas y figuras

##### 3.1.1. Primero: Diagnóstico Situacional de las calles y avenidas.

Las calles de la urbanización son en total 21 de las cuales se encuentran en su totalidad sin pavimentar, solo tres de ella tienen nombre, el resto sin nombrar, por lo que se ha nombrado manteniendo el patrón de a los nombres existentes de las calles principales, ver tabla 29.

**Tabla 28**

*Nombre de Calles y Servicios Básicos*

Código	Nombre Propuesto	Nombre Existente	Estado de la Vía	Sistema de Alcantarillado	Sistema de Agua Potable
001		Av. San Judas Tadeo	Sin Pavimentar	Existente	Existente
002		Ca. San Juan	Sin Pavimentar	Existente	Existente
003	Ca. San Antonio		Sin Pavimentar	Existente	Existente
004	Ca. San Francisco		Sin Pavimentar	Existente	Existente
005	Ca. Santa Teresa		Sin Pavimentar	Existente	Existente
006	Ca. Santa Rosa.		Sin Pavimentar	Existente	Existente
007	Ca. San Pedro		Sin Pavimentar	Existente	Existente
008	Ca. San Marcos		Sin Pavimentar	Existente	Existente
009	Ca. San Pablo		Sin Pavimentar	Existente	Existente
010	Ca. San Nicolas		Sin Pavimentar	Existente	Existente
011	Ca. Santa María		Sin Pavimentar	Existente	Existente
012	Ca. Santa Ana		Sin Pavimentar	Existente	Existente
013		Ca. Rosario	Sin Pavimentar	Existente	Existente
014	Ca. Santa Lucas		Sin Pavimentar	Existente	Existente
015	Ca. San Jorge		Sin Pavimentar	Existente	Existente
016	Ca. Santo Domingo		Sin Pavimentar	Existente	Existente
017	Ca. Santo Tomas		Sin Pavimentar	Existente	Existente

Código	Nombre Propuesto	Nombre Existente	Estado de la Vía	Sistema de Alcantarillado	Sistema de Agua Potable
018	Ca. San Bernardo		Sin Pavimentar	Existente	Existente
019	Ca. San Juan		Sin Pavimentar	Existente	Existente
020	Ca. Santos		Sin Pavimentar	Existente	Existente
021	Ca. San Miguel		Sin Pavimentar	Existente	Existente

Fuente: Elaboración Propia.

La urbanización ciudad del chofer carece de infraestructura vial dificultando el acceso peatonal y vehicular hacia los lotes y viviendas en tiempos de lluvia o cuando hay colapso del sistema de alcantarillado.

En la urbanización se encuentran funcionando actualmente instituciones educativas, salud, hostales, hospedajes y empresas de distintos rubros, en la tabla 29, se indican las instituciones.

### **Tabla 29**

#### *Instituciones en la Urbanización.*

Instituciones	Sector
IE Monseñor Ignacio de Orbegozo	Educación
Clínica Universitaria USAT	Salud
Centro Quiropráctico Carlinho Joao	Salud
Hostal El Chofer	vivienda
Hospedaje Oasis	vivienda
ByD Automotriz	Automotriz
EMTYSEB SRL	Electricidad

Fuente: Elaboración Propia.

La municipalidad de Chiclayo ha realizado como únicos estudios existentes, el expediente técnico de mejoramiento de alcantarillado de algunas calles de la urbanización, como corroborar los datos proporcionados por esta entidad, se comparó con los niveles de las cotas de los buzones que se encuentra en los planos del proyecto de emisores de la ciudad de Chiclayo EPSEL.



**Tabla 30***Resumen del Cuadro de Datos Técnicos*

N° Vértices	Área	Centroide		Elevación
		ESTE (X)	NORTE (Y)	msnm
51	28.8223 ha	624612.754	9252376.832	22.73 m

Nota: Los datos presentados con de la poligonal que encierra la urbanización.  
Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 31***Resumen Áreas Ocupadas por Lotes y Otros Usos*

N° Manzanas	N° lotes	Área Mz.	Área Recreativa	Otros Usos	total
38	896	15.63280 ha	2.52402 ha	1.7259 ha	18.32940 ha

Fuente: Elaboración del tesista.

**Estudio de Trafico en Calles y Avenidas.**

El estudio de tráfico se realizó en la urbanización ciudad del chofer por medio de inspección visual, durante 7 días, durante 24 horas, tomando datos de los vehículos, en las horas muertas, horas normales y horas pico para tal fin, se ubicaron 2 estaciones de conteo vehicular en las calles principales. La fecha de inicio fue el lunes de 2 de agosto de 2021 y fecha de fin el domingo 8 de agosto de 2021.

**Tabla 32***Estaciones de Conteo Vehicular*

Estación	Ubicación	Coordenadas		Personal	
		Este X	Norte Y	Responsable	Ayudante
E-01	Intersección Av. San Judas Tadeo y Calle Santo Domingo	624741.6938	9252268.069	Tesista	Asistente

E-02	Intersección Av. San Juan y Calle San Julián	624888.0659	9252293.016	Tesista	Asistente
------	--	-------------	-------------	---------	-----------

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 33**

*Conteo Vehicular en Estación 01 del 02/08/2021 al 08/08/2021*

FECHA	Ligeros				ómnibus			camión
	auto	camioneta	combi	microbús	BUS 2E	BUS 3E	BUS 4E	
lunes, 2 de agosto de 2021	264	47	39	11	1	0	0	0
martes, 3 de agosto de 2021	243	42	39	10	1	0	0	1
miércoles, 4 de agosto de 2021	262	44	34	16	1	0	0	1
jueves, 5 de agosto de 2021	245	44	39	13	1	0	0	1
viernes, 6 de agosto de 2021	239	40	37	12	2	0	0	1
sábado, 7 de agosto de 2021	155	25	12	7	0	0	0	0
domingo, 8 de agosto de 2021	123	39	14	13	0	0	0	0
<b>SUB TOTAL</b>	<b>1531</b>	<b>281</b>	<b>214</b>	<b>82</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>
<b>TOTAL</b>								

Nota: Estación 01 (E-01), situado en la Intersección Av. San Judas Tadeo y Calle Santo Domingo, el conteo es ambos sentidos, fecha de inicio 02/08/2021 - fecha fin 08/08/2021.

Fuente: Elaboración del tesista.

**Tabla 34**

*Conteo Vehicular en Estación 02 del 02/08/2021 al 08/08/2021*

FECHA	Ligeros				ómnibus			camión
	auto	camioneta	combi	microbús	BUS 2E	BUS 3E	BUS 4E	
lunes, 2 de agosto de 2021	114	20	18	4	0	0	0	0
martes, 3 de agosto de 2021	101	18	18	4	0	0	0	0
miércoles, 4 de agosto de 2021	99	16	15	6	2	0	0	0
jueves, 5 de agosto de 2021	116	25	17	6	0	0	0	0
viernes, 6 de agosto de 2021	98	21	14	7	2	0	0	0
sábado, 7 de agosto de 2021	90	17	18	8	0	0	0	0
domingo, 8 de agosto de 2021	89	16	15	6	2	0	0	0
<b>SUB TOTAL</b>	<b>707</b>	<b>133</b>	<b>115</b>	<b>41</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

## TOTAL

Nota: Estación 02 (E-02), situado en la Intersección Av. San Juan y Calle San Julián, el conteo es ambos sentidos, fecha de inicio 02/08/2021 - fecha fin 08/08/2021.

Fuente: Elaboración del tesista.

Se calculo el Índice Medio Diario (IMD), correspondiente a cada tipo de vehículos, obteniendo los Índice Medio Diario sin corregir (IMDS), que se muestran en la tabla 35.

**Tabla 35**

*Tráfico Vehicular IMD Sin Corrección (Veh/día)*

Tipo de Vehículos	IMDS	Distrib. %
auto	219	72.04%
camioneta	40	13.16%
combi	31	10.20%
microbús	12	3.95%
BUS 2E	1	0.33%
BUS 3E	0	0.00%
BUS 4E	0	0.00%
C2E	1	0.33%
C3E	0	0.00%
2S1	0	0.00%
2S2	0	0.00%
Total, IMD	304	100.00%

Fuente: Elaboración del tesista.

El cálculo del IMDA, está afectado por el factor de corrección (FC) que nos proporciona el MTC, la estación elegida es la de Mocce por la proximidad a la zona de la investigación, para los cuales el FC para vehículos livianos es 0.9054 y el FC para vehículos pesados es 0.9850, obteniendo un IMDA= 275 veh/día, en un porcentaje mayor de vehículos livianos igual al 99.34% y vehículos pesados 0.66%.

**Tabla 36***Tráfico Vehicular IMDA y clasificación Vehicular (Veh/día)*

<b>Tipo de Vehículos</b>	<b>IMD</b>	<b>Distrib. %</b>
auto	198	72.00%
camioneta	36	13.09%
combi	28	10.18%
microbús	11	4.00%
BUS 2E	1	0.36%
BUS 3E	0	0.00%
BUS 4E	0	0.00%
C2E	1	0.36%
C3E	0	0.00%
2S1	0	0.00%
2S2	0	0.00%
<b>IMDA</b>	<b>275</b>	<b>100.00%</b>

Nota: IMDA = 275 Veh/día.  
Fuente: Elaboración propia.

Se calculo el del valor del ESAL es de 52 015.28, calculado con la ecuación de repeticiones del eje de carga equivalente, las consideraciones y los datos utilizados durante el cálculo han sido obtenidos del Manual de Carreteras y la CE.010. y son los siguientes.

- Periodo de diseño =20 años, por ser vías con niveles bajos de volúmenes de tránsito.
- Asumimos un espesor de losa de 200mm.
- Índice de serviciabilidad inicial (P0) =4.5 para caminos de tránsito menor.
- Índice de serviciabilidad final (Pt)=2.0 para vías de tránsito bajo.
- Factor de distribución por sentido (D)=0.5, por ser de 2 carriles ida y vuelta.
- Factor de distribución por carril (L)=1 un carril en cada sentido = w18=100%
- Código de cargado (L2) =1.

## Estudio de Mecánica de Suelos.

### Clasificación de Vías:

Para tener la cantidad de puntos de exploración, se ha tenido que hacer la clasificación de las vías de la urbanización Ciudad del Chofer, de acuerdo a sus características indicadas en la CE.010, la clasificación se muestra en la tabla 38, teniendo como resultado solo la vía principal San Judas Tadeo como Colectora y el resto como Vías Locales.

**Tabla 37**

*Clasificación de las Calles urbanas Urb. Ciudad del Chofer*

Descripción:	Característica														cargas m ejes simp											
	uso	Longitud	sentido	Trafico	volumen de trafico					ADDT																
	autos	buses	camiones	varios Km.	Calle larga	ida	vuelta	20 a 30 lotes	<300 lotes	hasta 200 vpd	200 a 1000 vpd	1000 a 8000 vpd	2000 a 4000 vpd	4000 a 15000	4000 a 30000	11000 a 17000	2 a 4 ADTT	10 a 50 ADTT	50 a 500 ADTT	300 a 600 ADTT	400 a 700 ADTT	300 a 800 ADTT	700 a 1500	80 kN	98 kN	
Av. San Judas Tadeo	x	x	x	x	x	x	x		x	x								x								
Ca. San Juan	x	x		x	x	x	x		x	x							x								x	
Ca. San Antonio	x	x		x	x	x	x		x	x							x								x	
Ca. San Francisco	x	x		x	x	x	x	x		x							x								x	
Ca. Santa Teresa	x	x		x	x	x	x		x	x							x								x	
Ca. Santa Rosa.	x	x		x	x	x	x		x	x							x								x	
Ca. San Pedro	x	x		x	x	x	x	x		x							x								x	
Ca. San Marcos	x	x		x	x	x	x	x		x							x								x	
Ca. San Pablo	x	x		x	x	x	x	x		x							x								x	
Ca. San Nicolas	x	x		x	x	x	x	x		x							x								x	
Ca. Santa María	x	x		x	x	x	x	x		x							x								x	
Ca. Santa Ana	x	x		x	x	x	x		x	x							x								x	
Ca. Rosario	x	x		x	x	x	x	x		x							x								x	
Ca. Santa Lucas	x	x		x	x	x	x	x		x							x								x	
Ca. San Jorge	x	x		x	x	x	x		x	x							x								x	
Ca. Santo Domingo	x	x		x	x	x	x		x	x							x								x	
Ca. Santo Tomas	x	x		x	x	x	x	x		x							x								x	
Ca. San Bernardo	x	x		x	x	x	x	x		x							x								x	
Ca. San Julian	x	x		x	x	x	x	x		x							x								x	

Ca. Santos	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ca. San Miguel	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Fuente: Elaboración propia.

### **Puntos de Investigación (calicatas).**

Las vías de la urbanización son de tipo colectoras y locales, la Avenida San Judas Tadeo que es la principal de acuerdo a sus características se clasifico como colectora, la cual le corresponde 1 punto de exploración como mínimo cada 3000m<sup>2</sup>, las demás vías de acuerdo a sus características son del tipo locales correspondiendo punto de exploración como mínimo cada 3600m<sup>2</sup>, por lo tanto, se ha realizado.

Por lo tanto, se han realizado 10 puntos de exploración, a cielo abierto, ubicados en las intersecciones, según recomendación de la NTE CE.010, ubicándose la mayoría de puntos en la avenida principal San judas Tadeo. Ver anexo 3, ubicación de puntos de exploración.

### **Ensayos de laboratorio.**

#### **a. Análisis granulométrico.**

Realizados en el laboratorio de la USS, se han realizado los ensayos de granulometría por tamizado, 2 por cada calicata, estrato 1 (M-01) de 0.20m a 1.00m, estrato 2 (M-02) de 1.00m a 1.50m en total 20, los resultados se muestran en la tabla 39.

**Tabla 38**

#### *Análisis Granulométrico por Tamizado*

N° Calicata	Estrato	Prof. (m)	% Grava	% Arena	% Arcilla
C-1	M-1	0.20 -1.00	3	67.2	29.8
	M-2	1.00 - 1.50	2	73.2	24.8
C-2	M-1	0.20 -1.00	32.8	43.2	24
	M-2	1.00 - 1.50	26	41.3	32.7

N° Calicata	Estrato	Prof. (m)	% Grava	% Arena	% Arcilla
C-3	M-1	0.20 -1.00	34.3	43.2	22.5
	M-2	1.00 - 1.50	22.3	43.9	33.8
C-4	M-1	0.20 -1.00	31.7	31.8	6.5
	M-2	1.00 - 1.50	26.4	30.6	43
C-5	M-1	0.20 -1.00	23	43.8	33.2
	M-2	1.00 - 1.50	34.8	41.2	24
C-6	M-1	0.20 -1.00	5	67.9	27.1
	M-2	1.00 - 1.50	8	77.3	14.7
C-7	M-1	0.20 -1.00	8.2	67.1	24.7
	M-2	1.00 - 1.50	9.3	66	24.7
C-8	M-1	0.20 -1.00	14.1	66.4	19.5
	M-2	1.00 - 1.50	13.5	69.93	17.2
C-9	M-1	0.20 -1.00	18.3	63.4	18.3
	M-2	1.00 - 1.50	17.1	70.4	12.5
C-10	M-1	0.20 -1.00	8.1	59.6	32.3
	M-2	1.00 - 1.50	8.5	58.8	32.7

Fuente: Elaboración del Tesista.

#### b. Ensayo de contenido de humedad.

Al igual que para la granulometría se han hecho la misma cantidad de ensayos en el laboratorio, los resultados se muestran en la tabla 40, en este ensayo se ha trabajado con muestra inalteradas, procurando realizarlo lo más pronto para mantener la humedad del suelo y obtener resultados más reales, el porcentaje de contenido de humedad mayor se obtuvo en la calicata C-4, en la M-1, %W=30.16 y el menor porcentaje de contenido de humedad se obtuvo en la calicata C-4, en la M-2, %W=11.91

**Tabla 39**

*Resultados de Contenido de Humedad (%W)*

N° calicata	Estrato	Prof. (m)	Contenido de humedad (%w)
C-1	M-1	0.20 -1.00	19.35
	M-2	1.00 - 1.50	16.83

N° calicata	Estrato	Prof. (m)	Contenido de humedad (%w)
C-2	M-1	0.20 -1.00	16.03
	M-2	1.00 - 1.50	14.18
C-3	M-1	0.20 -1.00	20.63
	M-2	1.00 - 1.50	13.61
C-4	M-1	0.20 -1.00	30.16
	M-2	1.00 - 1.50	11.91
C-5	M-1	0.20 -1.00	16.2
	M-2	1.00 - 1.50	11.38
C-6	M-1	0.20 -1.00	18.31
	M-2	1.00 - 1.50	19.54
C-7	M-1	0.20 -1.00	13.4
	M-2	1.00 - 1.50	16.94
C-8	M-1	0.20 -1.00	22.97
	M-2	1.00 - 1.50	23.81
C-9	M-1	0.20 -1.00	18.06
	M-2	1.00 - 1.50	17.42
C-10	M-1	0.20 -1.00	13.74
	M-2	1.00 - 1.50	12.9

Fuente: Elaboración propia

### c. Límites de Atterberg.

De la misma forma que para los anteriores ensayos se han realizado la misma cantidad de ensayos en el laboratorio, para obtener la tabla 41.

**Tabla 40**

*Resultados Límites de Atterberg*

N° CALICATA	Estrato	PROF. (m)	Límite de Atterberg		
			Límite Líquido (LL)%	Límite Plástico (LP)%	Índice de Plasticidad (IP)%
C-1	M-1	0.20 -1.00	20.45	13.94	6.51
	M-2	1.00 - 1.50	27.48	22.05	5.41
C-2	M-1	0.20 -1.00	25.55	20.35	5.2
	M-2	1.00 - 1.50	20.26	15.15	5.11

N° CALICATA	Estrato	PROF. (m)	Límite de Atterberg		
			Límite Líquido (LL)%	Límite Plástico (LP)%	Índice de Plasticidad (IP)%
C-3	M-1	0.20 -1.00	24.42	13.93	10.49
	M-2	1.00 - 1.50	24.97	15.28	9.69
C-4	M-1	0.20 -1.00	25.11	17.38	7.73
	M-2	1.00 - 1.50	24.97	15.51	9.46
C-5	M-1	0.20 -1.00	26.29	18.51	7.78
	M-2	1.00 - 1.50	20.17	13.64	6.54
C-6	M-1	0.20 -1.00	24.32	17.59	6.73
	M-2	1.00 - 1.50	23.3	17.48	5.82
C-7	M-1	0.20 -1.00	20.46	13.94	6.52
	M-2	1.00 - 1.50	20.48	13.82	6.65
C-8	M-1	0.20 -1.00	22.73	16.12	6.61
	M-2	1.00 - 1.50	24.07	17.22	6.85
C-9	M-1	0.20 -1.00	21.69	15.03	6.66
	M-2	1.00 - 1.50	20.83	15.03	5.8
C-10	M-1	0.20 -1.00	22.28	13.94	8.34
	M-2	1.00 - 1.50	20.56	15.03	5.52

Fuente: Elaboración Propia

De los 3 primeros ensayos podemos obtener la clasificación del suelo, que se ha investigado en los puntos, la clasificación mostrada en la tabla 42, es según SUCS y AASHTO, en general es un suelo **bueno** pertenece a un suelo SC-SM, de acuerdo a la clasificación AASHTO es A-2-4 (0).

**Tabla 41**

*Tipo de Suelo según AASHTO y SUCS*

N° Calicata	Estrato	Clasificación		Descripción
		SUCS	AASHTO	
C-1	M-1	SC - SM	A-2-4	Arena limo arcillosa
	M-2	SM	A-2-4	Arena limosa
C-2	M-1	SC - SM	A-1-b	Arena limo arcillosa
	M-2	SC - SM	A-2-4	Arena limo arcillosa
C-3	M-1	SC	A-2-6	Arena arcillosa con grava

N° Calicata	Estrato	Clasificación		Descripción
		SUCS	AASHTO	
	M-2	SC	A-2-4	Arena arcillosa con grava
C-4	M-1	SW - SC	A-2-4	Arena bien graduada con arcilla y grava
	M-2	SC	A-4	
C-5	M-1	SC	A-2-4	Arena arcillosa con grava
	M-2	SC	A-2-4	
C-6	M-1	SC - SM	A-2-4	
	M-2	SC - SM	A-2-4	
C-7	M-1	SC - SM	A-2-4	
	M-2	SC - SM	A-2-4	Arena limo arcillosa
C-8	M-1	SC - SM	A-2-4	
	M-2	SC - SM	A-2-4	
C-9	M-1	SC - SM	A-2-4	
	M-2	SC - SM	A-2-4	
C-10	M-1	SC	A-2-4	Arena arcillosa con grava
	M-2	SC - SM	A-2-4	Arena limo arcillosa

Fuente: Elaboración Propia

#### d. Contenido de Sales Solubles.

Se han realizado 2 ensayos por estrato en 5 puntos de exploración, mediante el ensayo de cantidad de sales en las muestras extraídas, estando los resultados dentro de los márgenes permisibles indicado en la NTP CE. 010. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, C.E. 010 Pavimentos Urbanos, 2010)

**Tabla 42**

*Contenido de Sales Solubles en Suelo*

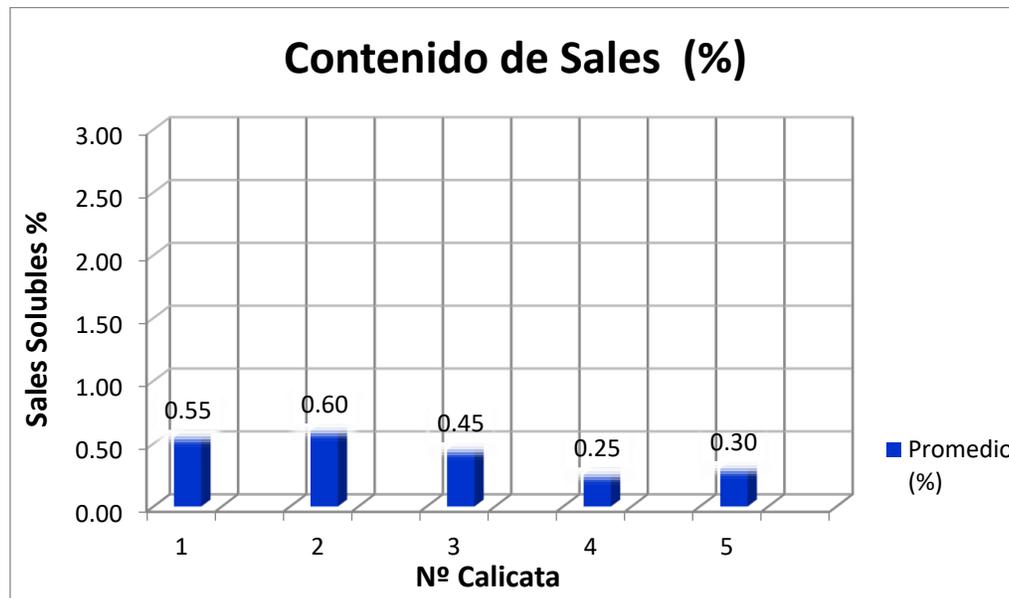
N° Calicata	Estrato	(%)	Promedio (%)
1	M-1	0.50	0.55
	M-2	0.60	
2	M-1	0.50	0.60
	M-2	0.70	
3	M-1	0.50	0.45
	M-2	0.40	

4	M-1	0.20	0.25
	M-2	0.30	
5	M-1	0.20	0.30
	M-2	0.40	

Fuente: Elaboración propia.

## Figura 29

### Contenido de Sales en el Suelo



Fuente: Figura propia.

El suelo de fundación del área en estudio, con respecto a la asignación de pavimento rígido, se tiene presencia de sales solubles en un porcentaje que varía des de 0.20% hasta 0.70%, según datos obtenidos en el laboratorio de cada calicata realizada.

#### e. Resultados del Proctor Modificado Y CBR.

Ensayo fundamental para el diseño de las capas del pavimento.

El CBR de los suelos explorados, según las calicatas realizadas, arrojan los valores de CBR al 95% de la densidad máxima.

Se realizó un total de 2 valores de CBR, para el diseño en la calicata C-01, C-03 Y C-06.

**Tabla 43**

*Resultados de CBR y Proctor.*

Ítem	Calicata	Estrato	MDS	% OPT. CONT. HUM %	CBR
1	C-01	M-01	2.275	10.15	8.23
2	C-03	M-01	2.28	11.9	7.69
3	C-06	M-02	1.95	14.28	9.87

Fuente: Elaboración propia

### **3.1.3. Tercero: Diseño del Pavimento Rígido Utilizando Método AASTHO 93.**

#### **Espesor del Pavimento Rígido.**

Todas las vías de la urbanización ciudad del chofer, se encuentran sin pavimentar, por lo cual se diseñará una infraestructura vial, nuevo rígido con la metodología AASHTO 93, iniciando a dar un servicio a nivel alto.

Mediante un procedimiento iterativo, se asumió el espesor de la losa de concreto hasta quedar en equilibrio la ecuación de AASHTO 93, en la tabla 45, se presentan los datos del proyecto y de diseño obtenidos de los estudios previos de ingeniería, los demás datos se han recopilado del Manual de Carreteras: Sección de Suelos y Pavimentos y la NTE CE.010. (MTC, 2010)

**Tabla 44**

*Datos para el Diseño del espesor del Pavimento y la Subbase*

<b>Datos del Proyecto</b>	
Periodo de diseño	20.0 años

Tasa de Crecimiento	3%
Factor de Sentido	0.50
Factor de Carril	1.00
Suelo de Fundación CBR	7.69

**Datos de Diseño**

Trafico ESAL	52015.28
Índice de Serviciabilidad Inicial (Po)	4.50
Índice de Serviciabilidad Inicial (Pt)	2.00
Módulo de Ruptura (MR)	568.93 Psi
Módulo de Elasticidad (Ec)	3 593 345.10 Psi
Apoyo de la Subrasante (K)	49.06 Mpa/m
Coefficiente de Reacción Combinado(kc)	28.70 Mpa/m
Coefficiente de transferencia de Carga(J)	3.80
Coefficiente de Drenaje (Cd)	1.10
Nivel de Confiabilidad (R)	80%
Desviación estándar normal (Zr)	-0.842
Error estándar combinado (So)	0.35

Fuente: Elaboración del tesista.

De los datos ingresados a la fórmula de AASHTO 93, hemos obtenido:

- Peralte del pavimento de concreto calculado es:  $D=4.54'' = 11.53\text{cm}$ .
- Peralte del pavimento concreto adoptado es:  $D=15.00\text{cm}$ .

Este valor adoptado, es el mínimo sugerido por la CE. 010, para el espesor de la losa de pavimentos rígidos para ser este tipo de vías locales, colectoras y arteriales. (MTC, 2010)

**Figura 30**

*Comprobación del Espesor de Losa con el Prog. PavimR*

Diseño de Pavimento Rígido  
Ecuación AASHTO 93

Serviciabilidad Inicial y Final

PSI Inicial: 4.5

PSI Final: 2

Confiability [Zr] y Desviación Estandar [So]

Zr: -0.841

So: 0.35

Información Adicional

Módulo de Elasticidad del Concreto  $E_c$  [psi]: 3593345.10

Coefficiente de Transmisión de Carga [J]: 3.8

Módulo de Rotura de Concreto  $S_c$  [psi]: 568.93

Coefficiente de Drenaje [Cd]: 1.10

Seleccionar dato que tiene

Espesor D  Eje W18

W18: 52015.28

Módulo de Reacción de la Subrasante

K: 54.69 pci

Resultado

D: 4.57321 plg

pci = Libras /pulgadas<sup>3</sup> [lb/plg<sup>3</sup>]  
psi = Libras /pulgadas<sup>2</sup> [lb/plg<sup>2</sup>]  
plg = Pulgadas

=====  
[Calcular] [Insertar] [Limpiar]

Fuente: Figura Procesada por el tesista.

**Espesor de la subbase.**

CBR sub rasante según EMS =7.69

K=49.06.

Se ha proyectado una subbase  $e=0.15m$ , con un CBR de 40%.

## Colocación de Juntas

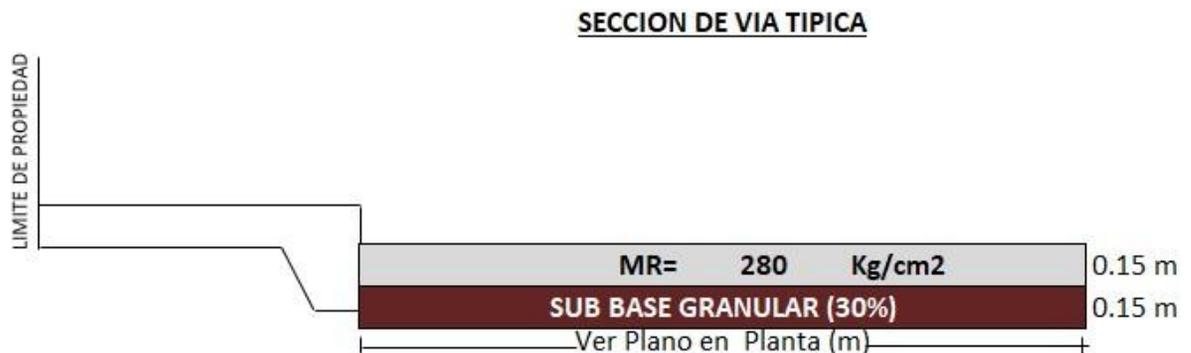
La dimensión de los paños se determina con la disposición de las juntas longitudinales y transversales, para la modulación de losas, se conservarán los siguientes criterios.

- La relación entre largo y Ancho de un paño de losas no deberá estar fuera de estos valores límites: 0.71 a 1.40. (Heredia Ordoñez, 2021).
- La longitud de la losa no debe ser  $>$  a 1.25 veces el ancho y que no sea más dé a 4.50m. (Heredia Ordoñez, 2021).

**Las losas serán moduladas de 3.00 m x 3.70m y 3.60 m x 4.50m.**

### Figura 31

*Sección Típica del Paquete Estructural*



Fuente: Figura Propia.

### 3.1.4. Cuarto: Estudio económico para la pavimentación de la urbanización.

El análisis del estudio económico para la construcción de la pavimentación se realizó el siguiente procedimiento: Metrados, APU y finalmente el costo de la obra.

A continuación, se presenta el metrado que conforma el presupuesto de la pavimentación.

**Metrados del proyecto,** las partidas consideradas con las mínimas para la ejecución de un proyecto de este tipo, incluyendo las obras provisionales, preliminares y la seguridad y salud en la obra.

Ítems	Partidas	Und.	Metrado
01.01	OBRAS PRELIMINARES		
01.01.01	CARTEL DE OBRA 3.60x7.20	und	1.00
01.01.02	ALQUILER DE LOCAL PARA ALMACEN DE OBRA	glb	1.00
01.01.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS	glb	1.00
01.02	OBRAS PROVISIONALES		
01.02.01	TRAZO Y REPLANTEO INICIAL	m2	104,929.00
01.02.02	TRAZO Y REPLANTEO INICIAL Y DURANTE LA EJECUCION DE OBRA	mes	8.00
01.02.03	LIMPIEZA DEL TERRENO CON EQUIPO	m2	104,929.00
01.03	PAVIMENTO RIGIDO		
01.03.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
01.03.01.01	EXCAVACIÓN MASIVA CON MAQUINA EN CALLES Y AVENIDAS	m3	13,791.10
01.03.01.02	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE	m2	104,929.00
01.03.01.03	CAPA DE SUBBASE GRANULAR e=15cm	m2	7,257.69
01.03.01.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DM=10 km	m3	6,289.99
01.03.02	OBRAS DE CONCRETO		
01.03.02.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL DE LOSAS DE CONCRETO	m2	48,384.56
01.03.02.02	CONCRETO f <sub>c</sub> =280 kg/cm <sup>2</sup> P/LOSA DE PAVIMENTO	m3	9,434.99
01.03.02.03	CURADO DE CONCRETO	m2	48,384.56
01.03.03	JUNTAS		
01.03.03.01	JUNTAS CON ASFALTO	m	2,986.70
01.04	SEPARADOR CENTRAL DE LA AVENIDA PRINCIPAL		
01.04.01	SARDINEL EN SEPARADOR CENTRAL		
01.04.01.01	EXCAVACION A MANO EN TERRENO NORMAL PARA SARDINEL CENTRAL	m3	123.73
01.04.01.02	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DM=11 km	m3	154.65
01.04.01.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE SARDINELES	m2	1,319.73
01.04.01.04	CONCRETO SIMPLE f <sub>c</sub> =175 kg/cm <sup>2</sup> EN SEPARADOR CENTRA	m3	3.17
01.04.01.05	JUNTAS CON ASFALTO	m	35.35
01.04.02	PASOS PEATONALES Y RAMPAS EN SEPARADOR CENTRAL		
01.04.02.01	NIVELACION Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE	m2	293.76
01.04.02.02	RELLENO CON AFIRMADO e=10cm	m2	29.38
01.04.02.03	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PASOS PEATONALES Y RAMPAS	m2	293.76
01.04.02.04	CONCRETO SIMPLE f <sub>c</sub> =175 kg/cm <sup>2</sup> EN PASOS PEATONALES Y RAMPAS e=10cm	m3	22.03
01.04.03	AREAS VERDES		

Ítems	Partidas	Und.	Metrado
01.04.03.01	RELLENO CON TIERRA DE CHACRA INCLY PREPA. Y FERTILIZANTE	m3	3,718.06
01.04.03.02	SEMBRADO DE GRASS	m2	37,180.60
01.05	VEREDAS		
01.05.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
01.05.01.01	CORTE DE TERRENO A MANO h <sub>prom</sub> =0.20m	m2	19,363.84
01.05.01.02	NIVELACION Y COMPACTACIÓN DE SUBRASANTE	m2	19,363.84
01.05.01.03	RELLENO CON ARENILLA e=10cm	m2	19,363.84
01.05.01.04	RELLENO CON AFIRMADO e=10cm	m2	19,363.84
01.05.01.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DM=11 km	m3	5,034.60
01.05.02	OBRAS DE CONCRETO		
01.05.02.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VEREDAS	m2	19,363.84
01.05.02.02	CONCRETO f <sub>c</sub> =175 kg/cm <sup>2</sup> EN VEREDAS	m3	2,420.48
01.05.02.03	CURADO DE CONCRETO	m2	19,363.84
01.05.02.04	JUNTAS ASFALTICAS	m	6,454.51
01.06	PINTURA		
01.06.01	PINTURA DE TRAFICO DE SEÑALIZACION HORIZONTAL	m2	907.20
01.06.02	PINTURA DE TRAFICO LINEA CONTINUA	m	6,720.08
01.06.03	PINTURA DE TRAFICO EN SARDINELES Y VEREDAS	m	12,405.69

Fuente: Elaboración propia

### **Análisis de precios unitarios (APU).**

se han analizado todas las partidas y cada una de ellas individualmente la mano de obra, maquinaria y equipos, para finalmente obtener un precio unitario por partida.

### **Presupuesto del proyecto:**

Las partidas presentadas en los Metrados, procesados en el programa S10, no arrojan un monto del total del presupuesto de S/. 16 125 610.76 valor referencial noviembre 2022.

El presupuesto, resultado del estudio económico está constituida por 3 componentes:

- Costo directo: son los costos que forman partes de la partida como materiales, equipos y herramientas manuales.

- Gastos generales: son los costos constituidos por los gastos que hacen posible la ejecución de la obra, alquiler de camioneta, seguros médicos y otros.
- Utilidad: son las ganancias de la empresa por ejecutar la obra y ofrecer los servicios.
- IGV: Impuesto de ley.

### Figura 32

#### *Resumen del Presupuesto*

Costo Directo	11,201,452.32
GASTOS GENERALES (8%)	1,344,174.28
UTILIDAD (10%)	1,120,145.23
-----	-----
SUB TOTAL	13,665,771.83
IGV	2,459,838.93
-----	-----
TOTAL, PAVIMENTACION URB. CIUDAD DEL CHOFER	16,125,610.76
SON: ONCE MILLONES DOSCIENTOS UNO MIL CUATROCIENTOS CINCUENTIDOS Y 32/100 NUEVOS SOLES	

Fuente: Figura propia

### 3.2. Discusión de Resultados.

El propósito general de la investigación es “Realizar el diseño de la pavimentación en la Urbanización Ciudad del Chofer del distrito de Chiclayo, que conlleve a una mejor transitabilidad peatonal y vehicular de sus habitantes”, para tal fin se han hecho los estudios presentados en esta tesis. Se realizará la discusión de cada uno de los resultados descritos en el capítulo anterior.

**1. Diagnóstico Situacional de las calles y avenidas:** Un total de 21 calles tiene la urbanización, la mayoría de ellas sin nombre, se hicieron consultas a

los pobladores, pero ellos dan referencia solo la ubicación por número de manzana y lote, es así que en la investigación se ha realizado una propuesta para nombrar las calles, siguiendo el patrón de las 3 calles que tienen nombre: Av. San Judas Tadeo, San Juan y Rosario.

Todas las calles se encuentran sin pavimentar y en total abandono, colapso de desagües y estancamiento de aguas de lluvias, por lo que se puede afirmar que esta Urb. Se encuentra olvidada por sus autoridades municipales.

Existen instituciones en esta localidad el cual se ven afectadas por la carencia de infraestructura vial, generando pérdidas económicas y de tiempo entre otros factores negativos que genera tener calles así de olvidadas.

La pavimentación de calles tiene un efecto positivo directo en los hogares: inversión en bienes, ser propietario de algún vehículo, aumentan el valor de los bienes inmuebles, entre otro. El análisis de costo-beneficio que las repercusiones positivas económicas de pavimentar superan los costos de la construcción del pavimento. (Gonzales Navarro & Quintana Domeque, 2009)

## **2. Estudios básicos para el diseño de Infraestructura Vial Urbano.**

**Levantamiento topográfico de la Urbanización:** Se hizo con estación total debidamente calibrada y con apoyo de un topógrafo, obteniendo una poligonal cerrada que encerraba un área de 28.8223 ha, perímetro de 3 311m, los límites fueron constatados in situ con los pobladores de la urbanización, estos datos difieren ligeramente de los datos encontrados en el plano catastral de Chiclayo que indica un área de 28.9515 ha, del año 2011, valores que difieren a dos factores un factor leve por que la estación total tiene un margen de error y el factor fundamental es por las invasiones de áreas destinadas a áreas recreativas que ahora son lotes y otras viviendas. Según el plano catastral de Chiclayo en la urbanización figuran 36 manzanas y 849 lotes, en el levantamiento topográfico se pudieron constatar la

existencia de 2 manzanas más y 49 lotes, teniendo en total 38 manzanas 896 lotes, también existe una ligera variación con información existente por motivos indicados anteriormente.

**Estudio de Trafico de las Calles y Avenidas:** El estudio de tráfico se realizó durante 7 días, en horario 6:00am a 10:00 pm debido a la peligrosidad de la zona y no arriesgar la integridad del investigador.(MTC, 2014), en su Manual de carreteras sección de suelos y pavimentos, en el capítulo VI, recomienda que se puede hacer con datos de los peajes cercanos y luego solo hacer el conteo dos días uno útil y el otro un fin de semana, pero para esta urbanización no es aplicable, por lo que se hizo la cuantificación vehicular como se muestra en el capítulo anterior ítem 3.1.3.

Se pudieron contabilizar en su mayoría vehículos ligeros en un porcentaje del 99.34% y vehículos pesados 0.66%., por lo que son vías con baja intensidad de tránsito, la ausencia de vehículos pesados se debe también al estado de las vías que se encuentran dañadas por el colapso de desagües o fugas de agua.

Los días de mayor tráfico vehicular es de lunes a viernes en horas punta 11:00 am y 6:00 pm, que de acuerdo a datos recabados esta la mayor afluencia de vehículos livianos mientras que los pocos vehículos pesados ingresaban 6:00am.

El Índice Medio Diario sin corregir (IMDS), es de 304 Veh/día, pero el MTC, proporciona factores de corrección, el peaje elegido es la de Mocce por la proximidad a la zona de la investigación, para los cuales el FC para vehículos ligeros es 0.9054 y el FC para vehículos pesados es 0.9850. obteniendo un IMDA= 275 veh/día, el ESAL convertido a ejes equivalentes = 52 015.28, lo que comprueba que es un volumen de vehículos bajo.

**Ensayo de Mecánica de Suelos.** Durante la exploración a tajo abierto, estas excavaciones se hicieron de forma manual, de forma cuadrada y escalonada, hasta llegar a 150 cm bajo el nivel de terreno, las muestras extraídas son a 0.60 m y a 1.40m del nivel de terreno normal.

La estratigrafía del suelo se pudo apreciar una capa contaminante de 0.10cm, de 0.10 a 0.80 un suelo color amarillo, con bajo contenido de arcilla y grava, de 0.80 a 1.50 un suelo de color más oscuro con mayor porcentaje de grava. Se extrajo las muestras ser analizadas en el laboratorio.

El Manual de Carreteras, la sección de suelos y pavimentos, recomienda la investigación y el muestreo se realice acuerdo a la norma T86-90(exploración y muestreo de suelo), se realizó el muestreo cumpliendo los estándares de la norma. (MTC, 2014)

**Ensayo de granulometría,** de las 20 muestras analizadas se obtuvo mayor porcentaje de arena que grava y arcilla, los porcentajes de arena del 30.6% a 77.3%, con este ensayo se clasifico al suelo según su tamaño por lo que las muestras en los 2 estratos en estudio son **arenas finas** en general, el tamaño de las partículas esta entre 0.425 mm – 0.075 mm.

**Ensayo de contenido de humedad,** los resultados de este ensayo tenemos valores de 11.38% a 30.16%, lo valores de mayor humedad se pueden identificar en el estrato 2, que con las muestras extraídas de 1:00 a 1:50, esto se debe a que a mayor profundidad los suelos retienen mayor humedad proveniente de las capas superiores, aunque los valores no son muy elevados. Este ensayo es importante porque sabremos la humedad natural del suelo, ya que la resistencia del suelo, especialmente en los finos está relacionada directamente a su estado húmedo y densidad.

**Límites de Atterberg,** los resultados presentados en la tabla 40, nos indica que tenemos:

- Limite Líquido (LL), en las muestras de 20.26% a 27.48%.
- Limite Plástico (LP)%, en las muestras de 13.93% a 22.05%.
- Índice de Plasticidad (IP)%, en las muestras de 5.11% a 10.49%.

La plasticidad es la propiedad que le da al suelo hasta un rango de humedad sin desintegrarse, la plasticidad del suelo no depende de la cantidad de gruesos que lo integren, si no solo únicamente de los finos, este ensayo es complementario al granulométrico para clasificar el suelo ya que este ensayo de granulometría no permite apreciar estas características. (MTC, 2014)

El IP de las muestras podría clasificar como suelos con plasticidad media y baja, los resultados de plasticidad mayor a 7% solo son en C-2, C-3, C-4 y C-10, en los estratos 2, por lo que de las 20 muestras analizadas solo 5 de ellas tienen plasticidad media, que los clasifica como suelos arcillas y el resto de muestras tienen un índice de plasticidad menor a 7%, su plasticidad es baja y serían suelos poco arcillosos. La subrasante de nuestro terreno estaría apoyada en el estrato, por lo que tendría una plasticidad baja, por lo que es apto para colocar nuestro pavimento.

Con estos ensayos se clasifica el suelo, obteniendo según SUCS y AASHTO, en general es un suelo bueno pertenece a un suelo SC-SM (arena limo arcillosa), según la clasificación AASHTO es A-2-4 (0), para AASTHO, se utilizó la correlación de tipos de suelo del Manual de Carreteras. (MTC, 2014)

**Contenido de Sales Solubles**, según la normativa peruana e internacional, nos indica que el porcentaje de sales solubles en la subbase granular debe ser como máximo 1%, en nuestros resultados tenemos valores inferiores 1%, por lo que cumple con las normativas vigentes. (MTC, 2010)

**Resultados del Proctor Modificado Y CBR**, el (MTC, 2010), la recomendación del MTC, indica que se haga 1 CBR, por cada calicata y 1 CBR por cada tipo de suelo de Subrasante, en la investigación se han tenido

10 calicatas y bajo esa recomendación de la norma se han realizado 3 CBR. las pautas de realización están indicadas en el manual de ensayo de materiales MTC E133. de acuerdo a nuestro resultado tenemos una subrasante con un CBR de 7.69 es el valor menor obtenido en el ensayo.

(Gonzales Llenpen, 2020), en su investigación obtuvo valores de CBR inferiores a 6%. De acuerdo a la sección de Suelos y Pavimentos del MTC, tendríamos una Subrasante regular ya que está en el rango de  $\text{CBR} \geq 6\%$  A  $\text{CBR} < 10\%$ , si nuestro valor obtenido fuera sido menor a 6% estaríamos frente a una subrasante insuficiente o inadecuado y se tendría que tratar este suelo con algún método e incrementar su CBR, pero para esta investigación se podrá conservar la subrasante.

- 3. Diseño Estructural del Pavimento Rígido Utilizando la Metodología AASTHO 93:** En la investigación como la de (Acuña Huerta & Figueroa Colonia, 2020) obtiene un espesor de pavimento calculado de 0.14m, pero como la normativa el espesor mínimo es 0.15m, diseño su losa con este espesor. Para el diseño del paquete estructural de la investigación se tuvo que realizar los estudios desarrollados en la investigación, con estos parámetros fundamentales y otros extraídos de la NTE CE.010 y el Manual de Carreteras, obteniendo un espesor de 0.11m y el espesor selecciona es 0.15m, se revisó otras investigaciones y realizan el mismo procedimiento al seleccionar el espesor de la losa, para la disminución del espesor de la losa se colocó una subbase de  $e=0.15\text{m}$ , con un CBR mínimo de 30%. (MTC, 2014)
- 4. Estudio económico para la pavimentación de la urbanización,** (Perez Sanchez, 2022), nos dice en su investigación que para la ejecución del proyecto la suma asciende a S/. 13 938 307.24, teniendo un área a intervenir de  $101\,725.13\text{m}^2$ , considerando una losa de pavimento rígido en total  $10124.03\text{ m}^3$ , en nuestra investigación tenemos un presupuesto de S/. 16 125

610.76, teniendo un área intervenir de 104 929.00 m<sup>2</sup>, un volumen de concreto en la losa de pavimento rígido de 9 434.99 m<sup>3</sup>. podemos apreciar que existe un valor mayor en nuestra investigación a pesar de ser menor el metrado de concreto, esto se debe a que el presupuesto se incrementa porque tiene mayores componentes como veredas y áreas verdes, visto el análisis de costos los precios de esta investigación son mayores, pero ligeramente debido al incremento de costos de los materiales en noviembre 2022. De la investigación de (Perez Sanchez, 2022), podemos tener un valor unitario de pavimentación por m<sup>2</sup> de S/.137.02 y en nuestra investigación de s/. 153.68.

## **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **4.1. Conclusiones.**

1. La urbanización tiene 38 manzanas, 896 lotes y 21 calles estas se encuentran todas sin pavimentar, el área de calles sin pavimentar es de 10.4929 ha.
2. Se realizó el levantamiento topográfico en la Urbanización Ciudad del Chofer, con equipo topográfico Estación Total Topcon debidamente calibrada, obteniendo una poligonal con 51 vértices, que encierran un área de 28.8223 ha, con un perímetro de 3311m.

El estudio de tráfico se hizo en 2 estaciones, ubicadas en la estación 1 en la Intersección Av. San Judas Tadeo con Calle Santo Domingo y la estación 2 en la intersección Av. San Juan y Calle San Julián, obteniendo un IMDA de 275 Veh/día, valor corregido con factores de corrección de la estación de peaje de Mocce para vehículos pesados y ligeros.

Se pudo obtener un ESAL de 52 015.28 EE, fundado en las cargas proyectadas y acumuladas de un eje equivalente de 18 000lbs, para un periodo de diseño de 20 años, por ser vías de tránsito vehicular bajo, en porcentaje el tráfico de vehículos livianos es 99.34% y vehículos pesados 0.66%.

Se han extraído 20 muestras para la realización del EMS, estas muestras han sido tomadas en dos estratos, el primero de 0.20m a 0.80m y el segundo de 1.00m a 1.50m, con las muestras se hicieron los ensayos de granulometría, contenido de humedad, límites de Atterberg, sales solubles, Proctor modificado y CBR, de este último ensayo se han realizado 3.

De los ensayos de laboratorio, hechos en las instalaciones de la Universidad Señor de Sipán, se obtuvo una clasificación según SUCS y AASHTO, de un suelo bueno perteneciente a un tipo SC-SM (arena limo arcillosa), de acuerdo

a la clasificación AASHTO es A-2-4 (0), el contenido de humedad (%W) mayor se obtuvo en la calicata C-4, en la M-1, %W=30.16 y el menor porcentaje de contenido de humedad se obtuvo en la calicata C-4, en la M-2, %W=11.91, los límites Atterberg obtenidos mayores son el Límite Líquido (LL) 27.48%, Límite Plástico (LP) 22.05% e Índice de Plasticidad (IP) 10.49% y menores del LL 20.26%, el Límite Plástico (LP) 13.93% e Índice de Plasticidad (IP) 5.11%, los valores registrados del ensayo de contenido de sales son menores al 1%, estando entre 0.20% y 0.70%, del ensayo de CBR se para el diseño, se utilizará el valor mínimo de 7.69%.

3. El diseño del pavimento rígido para la urbanización, se realizó utilizando la metodología empírica de AASHTO 93, recomendada en la NTP. CE.010, obteniendo los espesores del paquete estructural, espesor del pavimento de 15 cm de losa de concreto, con una resistencia a la compresión ( $f'c$ ) de 280 kg/cm<sup>2</sup>, resistencia mínima a la flexo tracción (MR) de 40 kg/cm<sup>2</sup>, se colocará una capa de subbase de material granular de 15cm con un CBR mínimo establecido del 40%, las losas serán moduladas en paños de 3.60 m x 4.50m., cuya sección transversal tendrá un bombeo de 2%, con bermas de concreto hidráulico sin pasadores, inclinadas 2% hacia el lado del pavimento. Se pondrán juntas longitudinales con dowells de acero corrugado de  $\varnothing=1/2"$  de L=66 cm @ 80cm, el sellado con un espesor de 1 cm, las juntas serán selladas con asfalto líquido.
4. Del estudio económico de determino que el costo para la ejecución del proyecto es de S/. 16 125 610.76 valor referencial noviembre 2022, este montón está conformado por costo directo, más gastos generales, más utilidad y más el IGV, obteniendo el monto total de ejecución.

## **4.2. Recomendaciones.**

1. Se recomienda para futuros investigadores con esta línea de investigación, realizar la actualización del estudio de diagnóstico situacional, debido a que la población y sus necesidades a medida que pasan los años está en constante cambio y así realizar un diagnóstico actual con cantidad de población que se verá beneficiada.

Hacer una evaluación del sistema de agua y desagüe para ver que las redes tengan el suficiente diámetro para atender la creciente demanda de la población para un periodo de diseño de 20 años, para no generar demoliciones por mejoramiento de servicios básico, cuando se haya hecho la pavimentación

Comunicar a las autoridades municipales y junta vecinal de la Urbanización, que se ha elaborado esta investigación con la finalidad de realizar el diseño de la pavimentación en la urbanización Ciudad del Chofer, que al ejecutarse este proyecto les traerá beneficios al mejorar su transitabilidad peatonal y vehicular.

2. Los estudios básicos de ingeniería presentados en la investigación son: topografía, EMS y estudio de tráfico, realizados en febrero 2020, Se recomienda para una futura ejecución del proyecto actualizar el EMS, para tener información de campo actualizada. Así mismo si futuros investigadores consideran necesario realizar otros estudios complementarios de ingeniería, deberán realizarlo.
3. Se recomienda a futuros investigadores o profesionales que realicen consulta en esta investigación, que los parámetros de diseño para todos los elementos de la pavimentación presentados se han realizado con normativa vigente a noviembre 2022 y como las normativas se encuentran en constante cambio de mejoras, verificar que cuando se ejecute el proyecto los parámetros de

diseño considerados en esta investigación sean los mismos a la fecha que se aplique.

4. El presupuesto y análisis de costos unitarios se realizó a la fecha noviembre 2022, se recomienda que los precios sean actualizados para futuras investigaciones ya que los precios en el país vienen cambiado debido a la coyuntura política nacional y a otros factores.

## V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

(s.f.).

Acuña Huerta, Y. B., & Figueroa Colonia, Y. F. (2020). *Diseño estructural de un pavimento rígido para la calle principal del centro poblado Shansha-Huaraz-Ancash*. Huaraz.

Aguilar Sandoval, F. (2019). *Diseño de Pavimento Rígido de la Calle 20 de Noviembre en la Ciudad de Uruapan, Michoacan*, [Tesis de Grado, Universidad Don Vasco A.C.]. Repositorio Institucional. Obtenido de [https://repositorio.unam.mx/contenidos/disenodepavimento-rigido-de-la-calle-20-de-noviembre-en-la-ciudad-de-uruapan-michoacan-3511261?c=rY7WeB&d=false&q=pavimento&i=4&v=1&t=search\\_0&as=0](https://repositorio.unam.mx/contenidos/disenodepavimento-rigido-de-la-calle-20-de-noviembre-en-la-ciudad-de-uruapan-michoacan-3511261?c=rY7WeB&d=false&q=pavimento&i=4&v=1&t=search_0&as=0)

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (1993). *Guide Design of Pavement Structures*. Washington. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=1HRB12tBQNMC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=1HRB12tBQNMC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

Bastidas, L. (19 de Julio de 2016). *La importancia de las vías, para la calidad de vida*. Obtenido de Semana: <https://www.semana.com/>

Braja, D. M. (2012). *Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones*. Mexico D.F.: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.,.

Braja, D. M. (2015). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Mexico D.F.: Cengage Learning Editores, S.A. de.

Camargo Ramirez, R. J. (2018). *Estudio de Alternativas para Pavimentos Urbanos*. Universidad Politécnica de Cataluña · Barcelona Tech - UPC, Barcelona. Obtenido de [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/118340/Memoria%20TFM\\_RobertoCamargo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/118340/Memoria%20TFM_RobertoCamargo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. Limusa: Limusa S.A.

- Da Rocha, E. M. (2017). *Análisis de la Satisfacción de los Usuarios de la Infraestructura Urbana: Caso de vías públicas con pavimento antipolvo y pavimento de hormigón asfáltico en la ciudad de Curitiba*. Curitiba, Brasil. Obtenido de <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3114>
- Delgado, C., & Livingston, R. (2018). *Propuesta de diseño de pavimento rígido de la vía Virgen de Fátima – Naranjal (Km 11) -Taura*. Guayaquil. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/46908>
- Farinango, D. (2014). *Análisis comparativo de costos entre el pavimento rígido y pavimento flexible*. Quito. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2559/1/T-UCE-0011-87.pdf>
- Flores Mori, J. C. (2016). *Ingeniería y Diseño de Pavimentos*. Dsistribuidora Norte Pacasmayo. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/296005720/At-Pavimentos-Rigidos-11-06-2015-Formato-PDF-1>
- Fontalba, E. (2015). *"Diseño de un pavimento alternativo para la avenida circunvalación sector guacamayo"(Para optar título)*. Valdivia.
- García Farías, J. D. (2015). *Diseño de pavimentación en la habilitación urbana Las Dunas de Lambayeque*. Lambayeque: Perú. Obtenido de <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/327/BC-TES-4343.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gonzales Llenpen, J. E. (2020). *Evaluación Estructural y Rediseño de la Infraestructura Vial de la Avenida Circunvalación del Distrito de Santa Rosa hasta la Intersección con la Vía Pimentel, Chiclayo- Lambayeque*. Pimentel.
- Gonzales Navarro, M., & Quintana Domeque, C. (2009). *El Impacto de Pavimentar las Calles en Mexico. J-PAL Latin America and the CaribbeanJ-PAL North America*. Obtenido de <https://www.povertyactionlab.org/es/evaluation/el-impacto-de-pavimentar-las-calles-en-mexico>
- Google Eart Pro. (24 de enero de 2021). Vista satelital. Chiclayo, Chiclayo, Chiclayo.

- Guerrero, J. (2014). *Diseño del proyecto de pavimentación, para la urbanización de la Colonica, Tejerías de Uruapan Mich. (para optar título)*. México.
- Heras, c., & Ramirez, E. (2020). *Evaluación técnica y económica de propuestas de diseño de pavimentos flexibles, rígidos y articulados, para el centro poblado de Farias, distrito de CHocope, provincia de Ascope - La Libertad*. Trujillo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12759/6640>
- Heredia Ordoñez, J. (2021). Curso: Diseño de Pavimentos de Obras Viales. *Pavimento Rígido*, (pág. 46). Lambayeque.
- Inga, V. (2019). "*Diseño de pavimento rígido para mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal en Zona Cero, Distrito de Amarilis, Provincia de Huanuco, Región Huanuco 2018*". Huánuco.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Peru: Perfil sociodemográfico*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática. Obtenido de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1539/cap06.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/cap06.pdf)
- Maila, J. H., & Pasacocha, N. (2017). "*Diseño de la estructura del pavimento flexible en siete km de las calles del casco urbano de la ciudad de Carlos Julio Arosemena Tola, provincia de Napo*"(Tesis para optar título". Quito. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/10311>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2013). *Manual de Carreteras - Especificaciones Generales para la Construcción*. Lima, Perú: Empresa Peruana de Servicios Editoriales S.A. - Editora Perú.
- Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC);. (2014). *Sección Suelos y Pavimentos del Manual de Carreteras -Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima: Servicios Editoriales S.A. - Editora Perú. Obtenido de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/)

manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-05-14%20Seccion%20Suelos%20y%20Pavimentos\_Manual\_de\_Carreteras\_OK.pdf

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC);. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. Lima: Empresa Peruana de Servicios Editoriales S.A. - Editora Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2010). *C.E. 010 Pavimentos Urbanos*. Lima.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2010). *C.E. 010 Pavimentos Urbanos*. Lima.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018*. Lima: Servicios Editoriales S.A. - Editora Perú. Obtenido de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-02-18%20Dise%C3%B1o%20Geometrico%20DG-2018.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-02-18%20Dise%C3%B1o%20Geometrico%20DG-2018.pdf)

Ministerio de Vivienda Construcción Y Saneamiento (MTC). (2006). *Norma OS. 060 Drenaje Pluvial Urbano*. LIMA: Servicios Editoriales S.A. - Editora Perú.

Miranda Pérez, L. E. (2018). *Análisis Comparativo de un Diseño de Pavimento Rígido por los Métodos AASTHO y PCA*, [Tesina de Grado, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional, México. Obtenido de [https://repositorio.unam.mx/contenidos/analisis-comparativo-de-un-diseno-de-pavimento-rigido-por-los-metodos-aastho-y-pca-3495258?c=rY7WeB&d=false&q=pavimento&i=3&v=1&t=search\\_0&as=0](https://repositorio.unam.mx/contenidos/analisis-comparativo-de-un-diseno-de-pavimento-rigido-por-los-metodos-aastho-y-pca-3495258?c=rY7WeB&d=false&q=pavimento&i=3&v=1&t=search_0&as=0)

Montalvo Guevara, M. E. (2015). *pavimentos rígidos reforzados con fibras de acero versus pavimentos tradicionales*. Lima, Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/6117>

- Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos Para Carreteras*. Colombia: Universidad Católica de Colombia.
- Ocaña , H. (2018). “*Propuesta Técnica para el diseño geométrico y diseño estructural del pavimento flexible, pavimento semiflexible y pavimento rígido para la avenida las amapolas, en los distritos de Veintiseís de Octubre y Piura, Provincia de Piura, región Piura*”. Piura.
- Ortiz Salazar, B. E., & Quipuscoa Sanchez, E. A. (2022). *Diseño Estructural Mediante la Metodología AASHTO 93 Basado en el Índice de Condición de Pavimento Rígido del Barrio Ramon Castilla, Otuzco 2021*. Trujillo, Trujillo, Perú. Obtenido de <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/20458>
- Ospina Camacho, J. P. (2018). *Diseño estructural de pavimento rígido de las vías urbanas en el municipio del Espinal - departamento de Tolima*. Ibagué. Obtenido de [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/7482/1/2019\\_dise%C3%B1o\\_estructural\\_pavimento\\_r%C3%ADgido.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/7482/1/2019_dise%C3%B1o_estructural_pavimento_r%C3%ADgido.pdf)
- Pari Mamani, J. (2019). *Aplicación de la metodología de losa con geometría optimizada en diseño de pavimento rígido en el centro poblado de Jayllihuaya – Puno*. Puno, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/11791>
- Perez Sanchez, L. (2022). *Análisis y Diseño de Drenaje Pluvial y Pavimentación del Centro Poblado Saltur, Distrito de Zaña, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque 2019*. Chiclayo. Obtenido de <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/4899>
- Ramirez Arias, J. A., & Sausa Barreto, C. E. (2019). *Estudio definitivo de la pavimentación en la localidad de Cachinche del distrito de Pitipo, provincia de Ferreñafe, región Lambayeque*. Lambayeque, Perú. Obtenido de <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8762>

- Rengifo, K. (2014). *Diseño de los pavimentos de la nueva carretera Panamericana Norte en el tramo de Huacho a Pativilca (Km 188 a 189)*. Lima. Obtenido de [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5826/RENGIFO\\_KIMIKO\\_PAVIMENTOS\\_CARRETERA\\_HUACHO\\_PATIVILCA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5826/RENGIFO_KIMIKO_PAVIMENTOS_CARRETERA_HUACHO_PATIVILCA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rodriguez Armas, J. F. (2015). *Estudio y diseño del sistema vial de la "comuna San Vicente de Cucupuro" de la parroquia rural de el Quinche del distrito Metropolitano de Quito, provincia de Pichincha*. Quito, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2156/1/T-UIDE-1233.pdf>
- Rojas Ayala, A. W., & Cubas Guevara, J. C. (2019). *Diseño del sistema de drenaje pluvial y pavimentación del casco urbano del distrito de Pomalca, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, 2017*. Chiclayo, Perú. Obtenido de <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/2574>
- Salazar Rodrigues, A. (2015). *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos* (2da ed.). Col. Florida, Mexico. Obtenido de <https://docplayer.es/73959847-Guia-para-el-diseno-y-construccion-de-pavimentos-rigidos-Ing-aurelio-salazar-rodriguez.html>
- Terzaghi, K. V. (1963). *Mecánica de Suelos*. Massachusetts.
- Vilca Rocha, L. E. (2017). *Diseño de pavimento vehicular del asentamiento humano Nueva Jerusalén, Pacanga, La Libertad, 2017*. Chiclayo, Perú. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/28351>
- Vivar Romero, G. (1995). *Diseño y Construcción de Pavimentos*. Lima, Perú: Printed in Perú. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/406088165/Diseno-y-Const-de-Pavimentos-Vivar-pdf>
- Yang Huang, H. (2004). *Analisis y Dieño de Pavimentos*. New Jersey, Estados Unidos: Pearson Prentirce Hall 2° Edición. Obtenido de <https://toaz.info/doc-view>

(s.f.).

Acuña Huerta, Y. B., & Figueroa Colonia, Y. F. (2020). *Diseño estructural de un pavimento rígido para la calle principal del centro poblado Shansha-Huaraz-Ancash*. Huaraz.

Aguilar Sandoval, F. (2019). *Diseño de Pavimento Rígido de la Calle 20 de Noviembre en la Ciudad de Uruapan, Michoacan, [Tesis de Grado, Universidad Don Vasco A.C.]*. Repositorio Institucional. Obtenido de [https://repositorio.unam.mx/contenidos/disenio-de-pavimento-rigido-de-la-calle-20-de-noviembre-en-la-ciudad-de-uruapan-michoacan-3511261?c=rY7WeB&d=false&q=pavimento&i=4&v=1&t=search\\_0&as=0](https://repositorio.unam.mx/contenidos/disenio-de-pavimento-rigido-de-la-calle-20-de-noviembre-en-la-ciudad-de-uruapan-michoacan-3511261?c=rY7WeB&d=false&q=pavimento&i=4&v=1&t=search_0&as=0)

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (1993). *Guide Design of Pavement Structures*. Washington. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=1HRB12tBQNM&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=1HRB12tBQNM&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

Bastidas, L. (19 de Julio de 2016). *La importancia de las vías, para la calidad de vida*. Obtenido de Semana: <https://www.semana.com/>

Braja, D. M. (2012). *Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones*. Mexico D.F.: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.,.

Braja, D. M. (2015). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Mexico D.F.: Cengage Learning Editores, S.A. de.

Camargo Ramirez, R. J. (2018). *Estudio de Alternativas para Pavimentos Urbanos*. Universidad Politécnica de Cataluña · Barcelona Tech - UPC, Barcelona. Obtenido de [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/118340/Memoria%20TFM\\_RobertoCamargo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/118340/Memoria%20TFM_RobertoCamargo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. Limusa: Limusa S.A.

- Da Rocha, E. M. (2017). *Análisis de la Satisfacción de los Usuarios de la Infraestructura Urbana: Caso de vías públicas con pavimento antipolvo y pavimento de hormigón asfáltico en la ciudad de Curitiba*. Curitiba, Brasil. Obtenido de <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3114>
- Delgado, C., & Livingston, R. (2018). *Propuesta de diseño de pavimento rígido de la vía Virgen de Fátima – Naranjal (Km 11) -Taura*. Guayaquil. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/46908>
- Farinango, D. (2014). *Análisis comparativo de costos entre el pavimento rígido y pavimento flexible*. Quito. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2559/1/T-UCE-0011-87.pdf>
- Flores Mori, J. C. (2016). *Ingeniería y Diseño de Pavimentos*. Dsistribuidora Norte Pacasmayo. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/296005720/At-Pavimentos-Rigidos-11-06-2015-Formato-PDF-1>
- Fontalba, E. (2015). *"Diseño de un pavimento alternativo para la avenida circunvalación sector guacamayo"(Para optar título)*. Valdivia.
- García Farías, J. D. (2015). *Diseño de pavimentación en la habilitación urbana Las Dunas de Lambayeque*. Lambayeque: Perú. Obtenido de <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/327/BC-TES-4343.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gonzales Llenpen, J. E. (2020). *Evaluación Estructural y Rediseño de la Infraestructura Vial de la Avenida Circunvalación del Distrito de Santa Rosa hasta la Intersección con la Vía Pimentel, Chiclayo- Lambayeque*. Pimentel.
- Gonzales Navarro, M., & Quintana Domeque, C. (2009). *El Impacto de Pavimentar las Calles en Mexico. J-PAL Latin America and the CaribbeanJ-PAL North America*. Obtenido de <https://www.povertyactionlab.org/es/evaluation/el-impacto-de-pavimentar-las-calles-en-mexico>
- Google Eart Pro. (24 de enero de 2021). Vista satelital. Chiclayo, Chiclayo, Chiclayo.

- Guerrero, J. (2014). *Diseño del proyecto de pavimentación, para la urbanización de la Colonica, Tejerías de Uruapan Mich. (para optar título)*. México.
- Heras, c., & Ramirez, E. (2020). *Evaluación técnica y económica de propuestas de diseño de pavimentos flexibles, rígidos y articulados, para el centro poblado de Farias, distrito de CHocope, provincia de Ascope - La Libertad*. Trujillo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12759/6640>
- Heredia Ordoñez, J. (2021). Curso: Diseño de Pavimentos de Obras Viales. *Pavimento Rígido*, (pág. 46). Lambayeque.
- Inga, V. (2019). "*Diseño de pavimento rígido para mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal en Zona Cero, Distrito de Amarilis, Provincia de Huanuco, Región Huanuco 2018*". Huánuco.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). *Peru: Perfil sociodemográfico*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática. Obtenido de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1539/cap06.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/cap06.pdf)
- Maila, J. H., & Pasacocha, N. (2017). "*Diseño de la estructura del pavimento flexible en siete km de las calles del casco urbano de la ciudad de Carlos Julio Arosemena Tola, provincia de Napo*"(Tesis para optar título". Quito. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/10311>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2013). *Manual de Carreteras - Especificaciones Generales para la Construcción*. Lima, Perú: Empresa Peruana de Servicios Editoriales S.A. - Editora Perú.
- Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC);. (2014). *Sección Suelos y Pavimentos del Manual de Carreteras -Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima: Servicios Editoriales S.A. - Editora Perú. Obtenido de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/)

manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-05-14%20Seccion%20Suelos%20y%20Pavimentos\_Manual\_de\_Carreteras\_OK.pdf

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC);. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. Lima: Empresa Peruana de Servicios Editoriales S.A. - Editora Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2010). *C.E. 010 Pavimentos Urbanos*. Lima.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2010). *C.E. 010 Pavimentos Urbanos*. Lima.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018*. Lima: Servicios Editoriales S.A. - Editora Perú. Obtenido de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-02-18%20Dise%C3%B1o%20Geometrico%20DG-2018.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-02-18%20Dise%C3%B1o%20Geometrico%20DG-2018.pdf)

Ministerio de Vivienda Construcción Y Saneamiento (MTC). (2006). *Norma OS. 060 Drenaje Pluvial Urbano*. LIMA: Servicios Editoriales S.A. - Editora Perú.

Miranda Pérez, L. E. (2018). *Análisis Comparativo de un Diseño de Pavimento Rígido por los Métodos AASTHO y PCA*, [Tesina de Grado, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional, México. Obtenido de [https://repositorio.unam.mx/contenidos/analisis-comparativo-de-un-diseno-de-pavimento-rigido-por-los-metodos-aastho-y-pca-3495258?c=rY7WeB&d=false&q=pavimento&i=3&v=1&t=search\\_0&as=0](https://repositorio.unam.mx/contenidos/analisis-comparativo-de-un-diseno-de-pavimento-rigido-por-los-metodos-aastho-y-pca-3495258?c=rY7WeB&d=false&q=pavimento&i=3&v=1&t=search_0&as=0)

Montalvo Guevara, M. E. (2015). *pavimentos rígidos reforzados con fibras de acero versus pavimentos tradicionales*. Lima, Perú. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/6117>

- Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos Para Carreteras*. Colombia: Universidad Católica de Colombia.
- Ocaña , H. (2018). “*Propuesta Técnica para el diseño geométrico y diseño estructural del pavimento flexible, pavimento semiflexible y pavimento rígido para la avenida las amapolas, en los distritos de Veintiseís de Octubre y Piura, Provincia de Piura, región Piura*”. Piura.
- Ortiz Salazar, B. E., & Quipuscoa Sanchez, E. A. (2022). *Diseño Estructural Mediante la Metodología AASHTO 93 Basado en el Índice de Condición de Pavimento Rígido del Barrio Ramon Castilla, Otuzco 2021*. Trujillo, Trujillo, Perú. Obtenido de <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/20458>
- Ospina Camacho, J. P. (2018). *Diseño estructural de pavimento rígido de las vías urbanas en el municipio del Espinal - departamento de Tolima*. Ibagué. Obtenido de [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/7482/1/2019\\_dise%C3%B1o\\_estructural\\_pavimento\\_r%C3%ADgido.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/7482/1/2019_dise%C3%B1o_estructural_pavimento_r%C3%ADgido.pdf)
- Pari Mamani, J. (2019). *Aplicación de la metodología de losa con geometría optimizada en diseño de pavimento rígido en el centro poblado de Jayllihuaya – Puno*. Puno, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/11791>
- Perez Sanchez, L. (2022). *Análisis y Diseño de Drenaje Pluvial y Pavimentación del Centro Poblado Saltur, Distrito de Zaña, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque 2019*. Chiclayo. Obtenido de <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/4899>
- Ramirez Arias, J. A., & Sausa Barreto, C. E. (2019). *Estudio definitivo de la pavimentación en la localidad de Cachinche del distrito de Pitipo, provincia de Ferreñafe, región Lambayeque*. Lambayeque, Perú. Obtenido de <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/8762>

- Rengifo, K. (2014). *Diseño de los pavimentos de la nueva carretera Panamericana Norte en el tramo de Huacho a Pativilca (Km 188 a 189)*. Lima. Obtenido de [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5826/RENGIFO\\_KIMIKO\\_PAVIMENTOS\\_CARRETERA\\_HUACHO\\_PATIVILCA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5826/RENGIFO_KIMIKO_PAVIMENTOS_CARRETERA_HUACHO_PATIVILCA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rodriguez Armas, J. F. (2015). *Estudio y diseño del sistema vial de la "comuna San Vicente de Cucupuro" de la parroquia rural de el Quinche del distrito Metropolitano de Quito, provincia de Pichincha*. Quito, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2156/1/T-UIDE-1233.pdf>
- Rojas Ayala, A. W., & Cubas Guevara, J. C. (2019). *Diseño del sistema de drenaje pluvial y pavimentación del casco urbano del distrito de Pomalca, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, 2017*. Chiclayo, Perú. Obtenido de <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/2574>
- Salazar Rodrigues, A. (2015). *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos* (2da ed.). Col. Florida, Mexico. Obtenido de <https://docplayer.es/73959847-Guia-para-el-diseno-y-construccion-de-pavimentos-rigidos-Ing-aurelio-salazar-rodriguez.html>
- Terzaghi, K. V. (1963). *Mecánica de Suelos*. Massachusetts.
- Vilca Rocha, L. E. (2017). *Diseño de pavimento vehicular del asentamiento humano Nueva Jerusalén, Pacanga, La Libertad, 2017*. Chiclayo, Perú. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/28351>
- Vivar Romero, G. (1995). *Diseño y Construcción de Pavimentos*. Lima, Perú: Printed in Perú. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/406088165/Diseno-y-Const-de-Pavimentos-Vivar-pdf>
- Yang Huang, H. (2004). *Analisis y Dieño de Pavimentos*. New Jersey, Estados Unidos: Pearson Prentirce Hall 2° Edición. Obtenido de <https://toaz.info/doc-view>

## **VI. ANEXOS**