

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RIGIDOS  
EN LA CALLE ANTISUYO – SECTOR PUEBLO NUEVO, PROVINCIA  
DE JAEN, REGION CAJAMARCA- PERU 2018**

**TESIS:**

**PARA OBTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

Bach. Quezada Ascate, Carlos Manuel

**ASESOR:**

Ing. Villar Quiroz, Josualdo Carlos

**TRUJILLO – PERÚ**

**2019**

## HOJA DE FIRMAS

---

Presidente

---

Secretario

---

Vocal

## DEDICATORIA

### **A Dios.**

Por haberme permitido llegar con bien hasta  
este punto, por brindarme fuerza, sabiduría  
para lograr mis objetivos. Y la paciencia  
necesaria para luchar día a día contra los  
obstáculos de la vida.

### **A mis padres.**

Mi madre un ejemplo a seguir, una mujer  
luchadora y perseverante, que con su  
modesta educación nunca demostró  
imposibles. Mi padre muy correcto, justo,  
responsable. Sus buenos consejos y  
enseñanzas son la fortaleza para seguir en la  
lucha diaria. Gracias Madre, gracias padre  
donde se encuentren. Sigam guiando a tus  
hijos.

### **A mi familia.**

A mi esposa e hijos, quienes son el motivo  
para seguir luchando, su apoyo incondicional  
en los momentos difíciles permitió este logro.  
A mis hermanos, que con su apoyo son el  
motivo para tener perseverancia en este  
objetivo.

## AGRADECIMIENTO

De manera muy especial deseo expresar mi más sincero y profundo agradecimiento A Dios:

A mi asesor metodólogo, Ing. Josualdo Carlos Villar Quiroz por su generosidad, la manera de brindar enseñanza y las pautas necesarias para dar un esquema a la tesis, por brindarme su experiencia profesional para ser guía durante todo el periodo de estudio y desarrollo de mi tesis.

A la Municipalidad Provincial de Jaén por facilitarme los permisos necesarios a la hora de hacer las gestiones para poder realizar estudios en la Zona de estudio.

A toda la plana docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por todos los conocimientos impartidos durante los periodos de enseñanza de formación universitaria.

A mis padres por iluminarme desde el cielo y darme las fuerzas necesarias para poder lograr el objetivo de ser un profesional e inculcarme el amor al estudio y deseo continuo de superación. con sus sabias palabras: “Lo que estudien es para ustedes y no para otras personas.”

A mi esposa e hijos por brindarme su apoyo en todo momento, durante mi formación profesional, ya que jugaron un papel muy importante, su apoyo fue incondicional y muy esencial en este proceso.

A mis hermanos por brindarme su apoyo y consejos de seguir adelante, que sea perseverante y un ejemplo a seguir.

A mis amigos por haber compartido tantos buenos momentos vividos en el trayecto de formación haciendo mi estadía más fácil.



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CARATULA .....</b>	<b>i</b>
<b>HOJA DE FIRMAS .....</b>	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>vi</b>
<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>INDICE DE GRAFICOS.....</b>	<b>x</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xii</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Realidad Problemática.....	1
1.2. Formulación del problema.....	8
1.3. Justificación.....	8
1.4. Objetivos.....	9
1.4.1. Objetivo general .....	9
1.4.2. Objetivos específicos.....	9
1.5. Antecedentes.....	10
1.5.1. Internacionales.....	10
1.5.2. Nacionales .....	11
1.6. Bases teóricas .....	15
1.6.1. Definición de pavimento: .....	15
1.6.2. Tipos de Pavimento: .....	16
1.6.2.1. Pavimento Asfáltico o Flexible: .....	16
1.6.2.2. Pavimento de concreto o Rígido:.....	19
1.6.3. Datos necesarios para el diseño:.....	23
1.6.3.1. Estudios de tráfico: .....	23

1.6.3.2. Estudios de Mecánica de suelos: .....	26
1.6.3.3. Estudio de canteras y fuentes de agua:.....	28
1.6.3.4. Importancia de los pavimentos: .....	29
1.7. Definición de términos básicos.....	30
1.7.1. Variables:.....	30
1.8. Formulación de la Hipótesis .....	30
<b>2. MATERIAL Y METODOS .....</b>	<b>31</b>
2.1. Material.....	31
2.1.1. Materiales .....	31
2.1.1.1. Material de escritorio .....	31
2.1.1.2. Equipos e Instrumentos:.....	31
2.1.2. Humano .....	31
2.1.3. Servicios .....	32
2.2. Material de estudio. ....	33
2.2.1. Diseño de investigación.....	33
2.2.1.1. Tipo de Investigación:.....	33
2.2.1.2. Diseño de Investigación:.....	33
2.2.2. Unidad de estudio .....	33
2.2.3. Población. ....	34
2.2.4. Muestra:.....	34
2.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos.....	35
2.3.1. Para recolectar datos.....	35
2.3.1.1. Técnica:.....	35
2.3.1.2. Instrumentos: .....	35
2.3.1.3. Validación de Instrumento:.....	35
2.3.1.4. Procedimiento de recolección de datos:.....	36
2.3.2. Para procesar datos: .....	37

2.3.2.1. Método de análisis de datos: .....	37
2.3.2.2. Instrumentos de análisis de datos: .....	37
2.4. Operacionalización de variables.....	38
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>40</b>
3.1. Estudio de Trafico: .....	41
3.2. Variable de tiempo: .....	45
3.2.1. Estudio de suelos: .....	48
3.2.2. Aplicación a la teoría AASHTO:.....	62
3.3. Diseño AASHTO en Pavimentos flexible:.....	72
3.3.1. Datos para diseño: .....	72
3.4. Estados de vía. ....	81
3.5. Diseño estructural de pavimento flexible y rígido.....	82
3.5.1. Tráfico vehicular.....	82
3.5.2. Caracterización del suelo:.....	83
3.5.3. Espesores estimados de pavimentos. ....	83
3.5.3.1. Pavimento Rígido:.....	83
3.5.3.2. Pavimento Flexible: .....	83
3.6. Rango de transitabilidad .....	84
3.7. Discusión de los resultados.....	85
<b>4. CONCLUSIONES. ....</b>	<b>87</b>
<b>5. RECOMENDACIONES. ....</b>	<b>88</b>
<b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS. ....</b>	<b>89</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>91</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Elementos de Población.....	34
Tabla 2 Operacionalización de la variable dependiente .....	38
Tabla 3 Tráfico vehicular por día.....	41
Tabla 4 Tipo de vehículo/N° de vehículos.....	44
Tabla 5.- AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.....	45
Tabla 6 ESAL para los pavimentos .....	47
Tabla 7 Tabla N° 8: MTC E-108-Cantidad de Material Húmedo .....	54
Tabla 8 Niveles de Confiabilidad .....	63
Tabla 9 Valores de desviación estándar normal $Z_R$ - Correspondientes a los niveles de Confiabilidad R.....	64
Tabla 10 Valores de desviación estándar ( $S_0$ ) - Fuente: Guía ASSHTO93.....	64
Tabla 11 Índice de Serviciabilidad final - Fuente : Guía ASSHTO93 .....	65
Tabla 12 Relación aproximada entre los valores k y otras propiedades del suelo - Fuente Guía ASSHTO93 .....	66
Tabla 13.- Coeficiente de transferencia de carga - Fuente: Guía ASSHTO .....	68
Tabla 14Valores recomendados del coeficiente de drenaje (Cd) para el diseño - Fuente Guía ASSHTO93 .....	69
Tabla 15 Resumen de parámetros de diseño con el método AASHTO para pavimento rígido. ....	70
Tabla 16 Alternativas para la conformación del pavimento rígido obtenidas del cálculo - Método AASHTO.....	71
Tabla 17 Espesores recomendados para pavimento rígido – Método AASHTO .....	71
Tabla 18.-Niveles de confiabilidad para pavimento flexible .....	73
Tabla 19.- Valores de desviación estándar normal $Z_R$ – Correspondientes a los niveles de Confiabilidad R , para pavimento Flexible.....	73
Tabla 20.- Valores de desviación estándar ( $S_0$ ) para pavimento flexible - Fuente: Guía ASSHTO93 .....	74
Tabla 21.- Índice de Serviciabilidad final para pavimento flexible - Fuente : Guía ASSHTO93 .....	75
Tabla 22 Resumen de parámetros para método de la AASHTO para pavimento flexible .....	76
Tabla 23 Coeficientes estructurales para las capas del pavimento flexible .....	77
Tabla 24 Coeficientes de drenaje para las capas del pavimento flexible.....	78

Tabla 25	Números estructurales de las capas del pavimento flexible .....	79
Tabla 26	Espesores de capa obtenidos para pavimento flexible - método AASHTO .....	79
Tabla 27	Espesores de capas recomendados para pavimento flexible – método AASHTO ...	80
Tabla 28	Estado de vías .....	81
Tabla 29	Vehiculos por día de semana .....	82
Tabla 30	Caracterización del suelo extraído .....	83
Tabla 31	Estimado de espesores para pavimento rígido .....	83
Tabla 32	Estimado de espesores para pavimento flexible .....	83
Tabla 33	Antecedentes de mejora de transitabilidad por pavimentación .....	84
Tabla 34	Matriz de Consistencia – Fuente Propia .....	104

### INDICE DE GRAFICOS

Figuras 1	Corte transversal de Pavimento Flexible .....	16
Figuras 2	Corte transversal de Pavimento Rígido.....	20
Figuras 3	Componentes del Pavimento Rígido.....	20
Figuras 4	Juntas de dilatación .....	21
Figuras 5	Distribución de Volumen de tránsito .....	44
Figuras 6	Calicatas - Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones.....	48
Figuras 7	Estado de vías .....	81
Figuras 8	Volumen Vehicular .....	82
Figuras 9	Localización de la calle Antisuyo .....	91
Figuras 10	.- Calle Antisuyo, Sector Pueblo Nuevo, Jaen – Cajamarca.....	91
Figuras 11	.- Pavimento Rígido .....	105
Figuras 12	.- Pavimento Flexible .....	105

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en la ciudad de Jaén, departamento de Cajamarca donde se relacionó en que influye la pavimentación sobre la calle Antisuyo, para ello se recurre a un diseño de pavimento ya sea flexibles o rígidos basados en la norma AASHTO93, se recabó información basadas en guías de observación y formularios que sirvieron para tener información acerca del suelo, el tráfico y el estado de vías. Estos datos fueron procesados usando manuales del MTC y la norma antes mencionada, estos resultados fueron usados para calcular diferentes alternativas de diseño de pavimento en relación a norma con la finalidad de mejorar la transitabilidad. Tuvimos en cuenta el proceso de conformación, diseño de pavimento, estimación de tasa de crecimiento, factores destructivos y ensayos de suelos entre otros aspectos.

Esta investigación es no experimental - descriptiva, debido a que no se controla las variables, teniendo como muestra 3 cuadras de la calle Antisuyo, se usaron guías de observación, formularios, instrumentos de recolección de datos y la inferencia estadística como método de análisis de datos.

Se obtuvo como resultados un estado actual de vías y futuro usando inferencia estadística, y 3 alternativas de espesores para pavimentación de concreto además 4 alternativas de espesores para pavimentaciones asfálticas. Como conclusión principal se obtuvo que el diseño de pavimentación mejoró la transitabilidad en la calle Antisuyo en un 37% respecto a su estado inicial.

## ABSTRACT

The present investigation was carried out in the city of Jaén, department of Cajamarca where it was related in what influences the paving on the street Antisuyo, for it is resorted to a design of pavement either flexible or rigid based on the AASHTO93 norm, information was collected based on observation guides and forms that were used to obtain information about the soil, traffic and road conditions. These data were processed using MTC manuals and the aforementioned standard, these results were used to calculate different pavement design alternatives in relation to the standard in order to improve the passability. We took into account the process of conformation, pavement design, estimation of growth rate, destructive factors and soil tests among other aspects.

This investigation is not experimental -, because the variables are not controlled, taking as sample 3 blocks of Antisuyo Street, observation guides, forms, data collection instruments and statistical inference were used as a method of data analysis.

The results obtained were a current state of roads and future using statistical inference, and three alternatives of thickness for concrete paving and four alternative thicknesses for asphalt pavements. As a main conclusion it was obtained that the design of paving improved the passability in the street Antisuyo by 37% compared to its initial state.

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

El transporte es motor fundamental en el desarrollo económico y social de un país, ya que este conecta sectores alejados de la sociedad, permite una serie de oportunidades y mejora la competitividad en la economía. Además, permite la interacción entre los seres humanos y las tecnologías, intercambiar tanto bienes y servicios para lograr una diversificación y es crucial para reducir la pobreza, impulsar la prosperidad y lograr los objetivos de desarrollo sostenible. Actualmente representa el 64% de consumo mundial del petróleo, el 27 % del consumo mundial de energía y el 23% de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub>.

En México, la empresa Baja California Rail Road (BCRR) rehabilitará las vías en Tijuana, mejorando con ello su calidad y permitir un mejor uso de las instalaciones para la transitabilidad de la mercancía de manera más segura. El Contralor de la Compañía BCRR, Manuel Hernández García, explicó que estarán realizando trabajos durante este año en torno a la seguridad y calidad de la vía, pensando siempre “en la responsabilidad que tenemos ante la comunidad como medio de transporte seguro y la responsabilidad que tenemos con nuestros clientes que nos encomiendan sus productos para que lleguemos a un destino”. Con base en lo anterior, indicó que se encuentra realizando trabajos en el Puente Tecate, el cual prácticamente se está reconstruyendo debido a que presentaban ya mucho deterioro, como se hizo con el Puente La Encantada o El Matanuco.



En Armenia, el Proyecto de Mejora de Rutas Viales rehabilitó alrededor de 442 kilómetros de redes de caminos. Desde la aprobación del proyecto se mejoró la transitabilidad y se crearon unos 39 800 meses-persona de empleos en las obras de construcción y el tiempo de viaje para los usuarios de los caminos ha bajado en 58,5 % en las áreas que han sido mejoradas durante el proyecto. Además, los diseñadores y contratistas locales aplicaron con éxito nuevas tecnologías y normas de diseño apropiadas y rentables basadas en prácticas internacionales, fortaleciendo la sostenibilidad de las inversiones y mejorando la seguridad para los peatones.

En Senegal, el proyecto de la autopista Dakar-Diamniadio ya se ha traducido en importantes beneficios para el área metropolitana de Dakar, el núcleo económico del país. Los tiempos de viaje entre el centro de Dakar y Diamniadio bajaron de unos 90 minutos en 2009 a 30 minutos en 2013, reduciéndose el costo de la congestión aumentando la transitabilidad (estimado en 4,6 % del PIB de Senegal). Este proyecto la primera autopista de peaje en África (fuera de Sudáfrica) movilizó financiamiento de la AIF, la Corporación Financiera Internacional (IFC), el Banco Africano de Desarrollo (ADB) y el Organismo Francés de Desarrollo, así como del sector privado, lo cual constituye una asociación pública-privada que podría ser replicada en otros lugares de la región.

En los últimos meses la transitabilidad en los distintos puntos del país se han visto afectados por los eventos naturales como consecuencia del Fenómeno El Niño, que ha afectado principalmente a zonas costeros del Perú, entre las más afectadas están Lima, Trujillo, Chiclayo y Piura , en donde producto de huaicos e inundaciones afecto casas, hospitales, universidades, calles, entre otros, ocasionando conflictos en la transitabilidad a nivel de haber declarado 11 regiones en estado de emergencia.

Mediante Decreto Supremo 077-2017-EF, se transfiere estas partidas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) a los gobiernos regionales para dar transitabilidad a las vías departamentales y vecinales en diversos distritos y provincias de 11 departamentos declarados en estado de emergencia.

En el departamento de Piura se restablece la transitabilidad de algunas calles y puentes, que estuvieron bajo trabajo de prevención, mantenimiento, mejoramiento y alguna reconstrucción debido al fuerte impacto que tuvo el fenómeno del niño.

En las vías que unen al departamento de Lima la concesionaria Autopista del Norte viene recuperando la transitabilidad como resultado de los trabajos realizados por la empresa en las zonas que han sido afectadas por el fenómeno del Niño Costero.

En el departamento de Lima a fin de mejorar la transitabilidad en las vías de la capital, la Empresa Municipal Administradora de Peaje de Lima - Emape, viene realizando las labores de fresado y asfaltado en muchas calles y avenidas en el Cercado de Lima.

En la ciudad de Trujillo el alcalde Elidío Espinoza asegura que, en unos meses, se devolverá la transitabilidad normal a Trujillo, tras mejoras en las pistas. Para la mejora y limpieza o reconstrucción de las principales avenidas se usará un presupuesto de 6 millones de soles, mientras que para calles y jirones se usará alrededor de 32 millones de soles con el fin de reestablecer la transitabilidad en esta ciudad.

Las intensas lluvias de los últimos provocaron el deslizamiento de piedras y lodo en el kilómetro 106 de la carretera Fernando Belaúnde Terry, a la altura del distrito de Pucará en la provincia cajamarquina de Jaén.

El evento natural dejó varados a varios vehículos de transporte de carga y de pasajeros, los conductores manifestaron que este hecho los tomó por sorpresa, por ello es que se colocaron a buen resguardo a fin de evitar accidentes. En la actualidad estos eventos están afectando la transitabilidad de la ciudad originando que haya muchos perdidos económicos por parte de campesinos que intentan llevar sus productos a molinos situados en la ciudad de Chiclayo, también afecta al sector Turismo como origina molestias entre los usuarios de transportes.

El ministerio de transportes y comunicaciones (MTC) es la institución encargada de lograr un ordenamiento territorial vinculado a las áreas de recursos, producción, mercados y centros poblados, su finalidad es Contribuir al desarrollo del País a través de la formulación de políticas, regulaciones, planes, programas y proyectos.

El Registro Nacional de Carreteras (RENAC) es un instrumento de gestión de carácter oficial en el cual se inscriben las vías que conforman el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC). Este registro incluye, entre otros, información relacionada con sus longitudes, características generales de la superficie de rodadura, etc. El RENAC es conducido por la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles (DGCF) – MTC.

(Vallejos, 2014) encontró que el diseño de pavimentos flexibles obedece a parámetros del comportamiento del lugar de emplazamiento, tomando como variables de entrada, la caracterización del tránsito, las propiedades mecánicas de los materiales y del terreno de fundación, las condiciones climáticas, las condiciones de drenaje y los niveles de servicialidad y confiabilidad.

(Arakaki, 2014) Encontró que, para el pavimento flexible, la fórmula de número estructural permite obtener diversas opciones para la conformación de la estructura. Así

con el método de la AASHTO se presenta la Tabla 7.16 con ocho diversas opciones, las cuales se analizarán económicamente.

(Soto, 2015) Encontró que la tesis representa una propuesta del diseño estructural y asfáltico del pavimento necesario para la Avenida Mártir Olaya, sin embargo, el alcance desarrollado es fundamental para cualquier ampliación del estudio como un diseño geométrico que se complementarían con la data obtenida para la conclusión de un proyecto de construcción.

El diseño de un pavimento flexible o rígido es muy importante resaltar lo que son el estudio de suelos en donde la muestra de suelos se ensayaran en los laboratorios y el estudio vial para la resistencia al número de ejes que circulara por esta calle porque a partir de estos 2 ítems se diseña estructuralmente y se dan el espesor que este debe tener para cumplir con las normas.

La transitabilidad es uno de los principales problemas que acarrea una sociedad en crecimiento, tales es el caso de esta ciudad de Jaén, en donde hay muchos sectores que no cuentan con una adecuada pavimentación de sus calles por lo cual origina que se afecte la transitabilidad de los ciudadanos.

Tal es el caso de la Calle Antisuyo cuadra (1-3), en donde no existe pavimentación, lo que origina que la misma junta de vecinos de este sector, se acerque a las autoridades pertinentes para buscar alguna solución a sus peticiones. Esta calle es muy importante porque conecta la ciudad que uno de sus mercados principales donde las familias van hacer sus compras diarias.

El principal problema en esta calle es que cuando llegan momentos de Lluvias el canal pluvial diseñado de la avenida principal desemboca en esta calle ocasionando lo que es una capa de agua que ingresa a unas viviendas ocasionando molestias a los vecinos situados en este lugar, también esto ocasiona que al contacto con el terreno se forme lodo que dificulta en la transitabilidad en esta zona lo que son vehículos moto-taxis, autos, camiones, y en algunas ocasiones se ha visto accidentes, este problema se causa por que el canal formado por la erosión del terreno no se da la capacidad de sobrellevar el agua de estas precipitaciones, además que la diferencia de cotas entre la avenida y la zona más afectada que sería el mercado es superior a 3 metros.

Estas inundaciones formadas por las precipitaciones también afectan los pequeños cultivos de arroz cercanos a esta zona, aunque se sabe que el arroz es una planta acuática, estas aguas que vienen a veces con la basura arrojada en la calle, origina pérdidas en los agricultores de esta zona.

Otro factor afectado son las construcciones de las casas, debido a que algunas de estas casas están construidas con adobe y que al contacto con el agua pierden la mayoría de sus propiedades y en algunos casos se desmoronan, aun las casas hechas de concreto, al contacto con agua constantemente con el tiempo perderán sus propiedades y podría ocasionar mayores accidentes.

Otro problema propio de esta calle viene a ser el polvo que se origina por la circulación de vehículos lo cual viene afectando a muchas personas alérgicas, contamina alguno de los productos que se venden en este mercado además la congestión en este lugar demora la evacuación de personas que se encuentran en mal estado de salud.

Se quiere hacer una propuesta de diseño estructural de pavimento flexible para mejorar la transitabilidad en una calle Antisuyo haciendo uso de estudios de mecánica de suelos y estudios de tráfico para poder brindar a las personas aledañas a esta zona y público en general una mejora en la calidad de vida, descongestión vehicular y mejore la imagen en este lugar.

La falta de pavimentación en esta calle originaria problemas de bienestar y seguridad de los habitantes, problemas de inundaciones en tiempos de lluvias originando perdidas en algunas de las casas de este sector, contaminación, lodo, congestión vehicular masiva en horario de mercado y en algunos casos accidentes de tránsito, desde la creación del mercado hasta ahora serian alrededor de 15 años que esta calle no se encuentra pavimentada.

La pavimentación ayudaría a mejorar la economía de la ciudad de Jaén, mejoraría el traslado de materias primas que entra al mercado, en caso de accidentes ayudaría a evacuar de manera más rápida a algún herido, daría una mejor imagen a esta ciudad en crecimiento, disminuiría la vulnerabilidad vial, aumentaría los precios de las propiedades y propiciaría condiciones óptimas para el disfrute de este espacio público.

La falta de pavimentos afecta la transitabilidad peatonal que en este momento cuenta con algunas veredas hechas por los mismos propietarios de los inmuebles, veredas de 90 cm de ancho por donde no podrían circular los cientos de personas que realizan sus compras y luego hacen uso de veredas. Por ejemplo, la circulación de las personas en silla de ruedas o muletas es muy dificultosa debido a lo empinado que es el terreno y a las condiciones en que se encuentra esta calle.

## 1.2. Formulación del problema

**¿Cuál es el diseño de pavimento flexible o rígido que mejora la Calle Antisuyo?**

## 1.3. Justificación

Esta tesis se justifica teóricamente porque está orientada a usar el manual de construcción de carreteras, metodología AASHTO 93 para el diseño estructural del pavimento flexible y a la comparación de las normas para que mediante el uso de los estudios de suelos y viales se logre realizar el diseño.

Se justifica prácticamente por qué se hace uso de conocimientos previos acerca de pavimentos y estudio de suelos, en donde se realizará los estudios necesarios para que los estratos de suelos nos brinden información acerca del tipo de suelo de la zona, parte esencial para poder diseñar el pavimento.

También este proyecto se justifica valorativamente porque proporcionará una alternativa más adecuada para afrontar el problema del inadecuado servicio de transitabilidad y el mal estado de la superficie de esta calle, así como también los problemas con las inundaciones que esta tiene, viéndose favorecidos en gran parte los vecinos y a nivel general los pobladores de la ciudad de Jaén.

Este proyecto se justifica académicamente porque permite aplicar procedimientos y metodologías para realizar el diseño de estructura de la pavimentación de la calle Antisuyo, proporcionando a los posibles lectores de esta tesis, los pasos y metodologías necesarias para poder diseñar un pavimento flexible.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Elaborar un diseño de pavimento flexible y rígido que mejore la calle Antisuyo, sector Pueblo Nuevo- Provincia de Jaén, Región, Cajamarca - Perú 2018 utilizando pavimentos flexibles o rígidos.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Diseñar los pavimentos que más se adecuen para así evitar futuras fallas que puedan presentarse en su vida útil mediante la metodología AASHTO 93.
- Realizar el conteo vehicular.
- Realizar los estudios de Mecánica de Suelos.
- Proponer los espesores del pavimento flexible.
- Proponer los espesores de pavimento rígidos.



## 1.5. Antecedentes

### 1.5.1. Internacionales

Título: “DISEÑO DE UN PAVIMENTO ALTERNATIVO PARA LA AVENIDA CIRCUNVALACION SECTOR GUACAMAYO 1°ETAPA”

(GALLARDO, 2015), Establecer cual método es el más económico, incluyendo el análisis de costo del proyecto actual de pavimento rígido. Se realizó comparaciones de los datos obtenidos en AASHTO 93, DISPAV-5, con relaciones a los espesores y se comparó el costo entre ambos diseños. Se presentan costos para las distintas partidas que comprenden la pavimentación y un presupuesto estimado DISPAV-5, AASHTO 93 y el proyecto original con hormigón.

El análisis de costos solo hubo una diferencia de 1 % entre ambos modelos siendo mayor el diseño DISPAV-5, por que establece un CBR de la subrasante mayor al CBR de diseño, pero esta diferencia de costos se compensa con el movimiento de tierras.

Este estudio aportara una diferencia de costos al momento de hacer un diseño de pavimento por métodos AASHTO y DISPAV, en el cual este servirá de referencia para las empresas que ejecutaran el proyecto para saber cuál modelo es más económico.

Título: “PAVIMENTOS ASFALTICOS DE ALTO MODULO (CASO DE ESTUDIO; LIBRAMIENTO DR. GONZÁLES, N.L.)”

(MIRANDA, 2016), Tiene como objetivo principal la optimización del tiempo de las personas que circulan por la carretera Monterrey-Cd, así como los costos de construcción. Se realizaron labores de programas de trabajo, requerimientos de

personal, preparación del sitio y construcción en obra y por último programas de operación y mantenimiento. En el diagrama de costos de referencia se observa con los pavimentos de alto modulo son más económicos ya que requieren de una capa más fina de asfalto.

El uso de pavimentos de larga duración abre perspectivas para disminuir los costos asociados a la construcción, mantenimiento y rehabilitación, así como los costos de operación de los usuarios y retrasos asociados a estas actividades.

El estudio aportará una optimización del tiempo de circulación de vehículos y personas a través de un nuevo tipo de pavimento con modulo, y que a través de su diseño y costos de referencia tiene una capa más fina de asfalto y es más económica tomando en consideración los costos de mantenimiento y rehabilitación.

### **1.5.2. Nacionales**

Título: “DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL ANILLO VIAL DEL ÓVALO GRAU – TRUJILLO - LA LIBERTAD”

(Vallejos, 2014), Determinar la estructura del pavimento flexible para el anillo vial del Óvalo Grau – Trujillo – La Libertad. Tratar de determinar los procedimientos más necesarios para la caracterización de los parámetros de diseño de los materiales fundamentada en la estructura de pavimento flexible, las principales fuentes de información serán estudios de campo y de laboratorio. Según la clasificación de suelos que conforman el material base de la superficie donde se alcanzó los 1.5m de profundidad se encontraron arena arcillosa y de mediana plasticidad.

El Diseño de la Estructura del Pavimento Flexible, del presente proyecto, obedece a parámetros del comportamiento del lugar de emplazamiento, tomando como variables de entrada, la caracterización del tránsito, las propiedades mecánicas de los materiales y del terreno de fundación, las condiciones climáticas, las condiciones de drenaje y los niveles de servicialidad y confiabilidad.

El estudio aportará una mejora en la transitabilidad en el anillo vial del Ovalo Grau, mediante el diseño de pavimento para esta zona, así como la estructura de este pavimento, también da a conocer los ensayos y estudios pertinentes al momento de realizar un diseño en pavimento flexibles.

Título: “DISEÑO DE LOS PAVIMENTOS DE LA NUEVA CARRETERA PANAMERICANA NORTE EN EL TRAMO DE HUACHO A PATIVILCA (KM 188 A 189)”

(Arakaki, 2014), El objetivo de esta tesis consiste en realizar el diseño del pavimento de un kilómetro de la nueva carretera Panamericana Norte. Se diseñará dicho pavimento considerando dos tipos: flexible y rígido. El pavimento flexible se diseñará mediante la metodología AASHTOO e IA para luego comparar ambos resultados y escoger la mejor opción. El pavimento rígido se diseñará mediante la metodología AASHTO y la PCA para luego comprar los resultados y luego elegir la mejor opción. Para el pavimento rígido la opción más viable es 33 cm de concreto hidráulico y 15 cm de base y con la metodología del Instituto del Asfalto se requiere 42 cm de concreto asfáltico si el pavimento sólo estuviera conformado por asfalto en todo su espesor. Mientras que con una base de 15 cm se necesita 38 cm de espesor de la carpeta asfáltica.

Entre todas las opciones posibles, aquella que está compuesta por 10 cm de carpeta asfáltica, 40 cm de base y 45 cm de sub-base es la mejor para el pavimento flexible. La opción para pavimento rígido elegida es la conformada por 30 cm de losa de concreto y 15 cm de base. Ambas cumplen los requisitos así que se guiara por la parte económica.

Este estudio aportará con una propuesta de pavimento tanto rígido como flexible para una misma vía, muestra los procedimientos y metodologías para diseñar cada tipo de pavimento, así como también una referencia de costos de construcción, por lo cual al final la ejecución se dará de acuerdo a la parte económica.

Título: "ANÁLISIS SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES PARA EL MANTENIMIENTO DE VÍAS EN LA REGIÓN DE PUNO"

(PINEDA, 2015), Analizar las fallas superficiales que se presentan en los pavimentos flexibles, en las vías principales de la región de Puno, presentes en el momento de la evaluación y monitoreo in situ. La evaluación de la red vial seleccionada se ha realizado pasos para identificar las fallas o defectos que serán evaluados en relación a las características físicas de la calzada y su superficie de rodadura. Las fallas superficiales encontradas en la zona de estudio de mayor incidencia son las fisuras longitudinales y transversales, seguidas de ahuellamientos, desgaste superficial y otras.

De las fallas superficiales de la zona de estudio se puede concluir que generalmente presentan un nivel de severidad bajo, la primordial causa de deterioro es el insuficiente mantenimiento de las vías.

Este estudio aportara una serie de pasos necesarios para darle mantenimiento al asfalto en una zona de alto frio como es Puno, así como también nos muestra cómo identificar el tipo de falla presente en esta. Además, que la identificación de estas fallas servirá como guía de inspección vial.

Título: “Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI”

(MEDINA P. & DE LA CRUZ P, 2015), El objetivo principal es determinar el índice de condición del pavimento del Jr. José Gálvez, con lo cual se podrá determinar si la vía esta apta para brindar adecuadas condiciones para los usuarios.

Se escoge primero el pavimento a avaluar, luego se hace un levantamiento de fallas existente para hacer un análisis, se evaluaron los resultados y se pondrá alternativas de solución con un presupuesto de rehabilitación. De las 2 secciones tomadas en la Tabla 09, en ambas se presenta una condición de pavimento regular por ello cumple con las condiciones adecuadas para los usuarios.

Las fallas identificadas en la vía evaluada son las siguientes: Piel de cocodrilo, fisura en bloque, fisuras longitudinal y transversal, parches y corte utilitario, agregado pulido, huecos o baches, ahuellamientos y por último peladura por interperismo y desprendimiento de agregados.

Este estudio aportara una serie de pasos necesarios para poder identificar qué tipo de fallas o defectos existen en un pavimento aplicando el método del PCI, en donde también servirá como una fuente de información para este tipo de capa de rodadura.

## **1.6. Bases teóricas**

### **1.6.1. Definición de pavimento:**

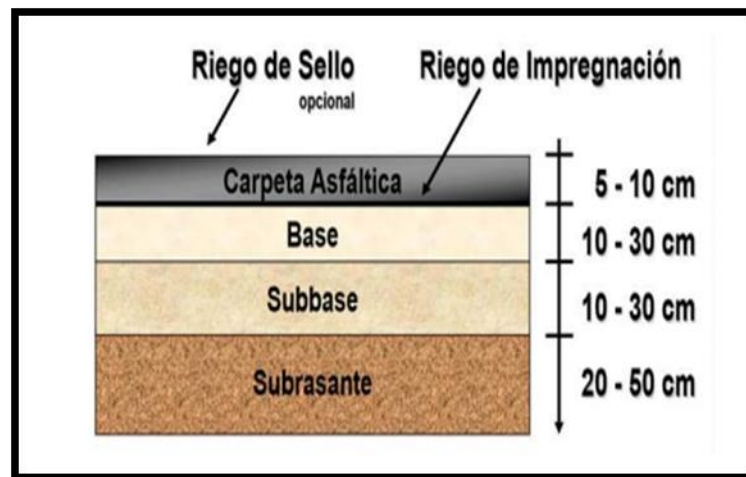
Estructura de las vías de comunicación terrestre, formada por una o más capas de materiales elaborados o no, colocados sobre el terreno acondicionado, que tiene como función el permitir el tránsito de vehículos: Con seguridad, comodidad, costo óptimo de operación, superficie uniforme, superficie impermeable, color y textura adecuados, resistencia a la repetición de cargas, resistencia a la acción del medio ambiente, que no transmita a las capas inferiores esfuerzos, mayores a su resistencia. (Giordini & Leone, 2015) Además se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que la carga repetida del tránsito le transmite durante el período para el cual fue diseñada la estructura del pavimento. (Montejo F., 2002).

## 1.6.2. Tipos de Pavimento:

Existen diferentes tipos de pavimentos entre los cuales tenemos a los pavimentos asfálticos o flexibles y a los pavimentos de concreto o rígido.

### 1.6.2.1. *Pavimento Asfáltico o Flexible:*

En general, están constituidos por una capa delgada de mezcla asfáltica construida sobre una capa de base y una capa de sub-base las que usualmente son de material granular. Estas capas descansan en una capa de suelo compactado, llamada subrasante.



*Figuras 1 Corte transversal de Pavimento Flexible*

*Fuente: México. Ing. Claudio Giordini e Ing. Diego Leone. PAVIMENTOS. Cátedra de Ingeniería Civil.*

La capa de rodadura de un pavimento flexible puede construirse con un hormigón bituminoso, mezclas de arena y betún, o mediante tratamientos superficiales con riegos bituminosos. Está sometida a los esfuerzos máximos y condiciones más severas impuestas por el clima y el tráfico. La capa de base se compone generalmente de áridos, que han sido tratados o no con cemento portland, cal, asfalto u otros agentes estabilizantes.

Esta capa tiene como principal función, la de soportar las cargas aplicadas y distribuir estas cargas a la sub-base o al terreno. La capa de sub-base se compone de materiales menor calidad y costo que los empleados en la capa de base. Se componen de materiales estabilizados o no, o de terreno estabilizado. Las sub-bases transmiten cargas al terreno y en algunos casos pueden actuar de colaborador del drenaje de las aguas del subsuelo y para prevenir la acción destructiva de las heladas. (Giordini & Leone, 2015).

Las funciones de las capas de un pavimento flexible a nivel de:

- **La sub-base granular**

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

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



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

Resistencia. La sub-base debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores y transmitidas a un nivel adecuado a la subrasante.

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

- **La base granular**

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

Función económica. Respecto a la carpeta asfáltica, la base tiene una función económica análoga a la que tiene la sub-base respecto a la base.

- **Carpeta**

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

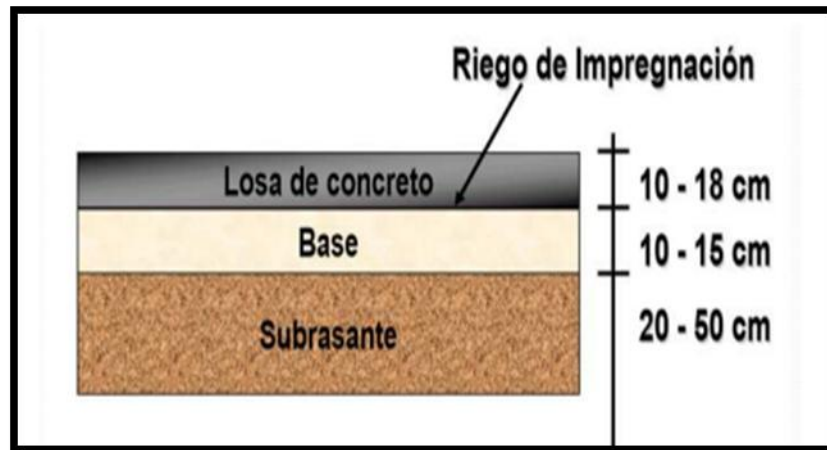
Impermeabilidad. Hasta donde sea posible, debe impedir el paso del agua al interior del pavimento.

Resistencia. Su resistencia a la tensión complementa la capacidad estructural del pavimento. (Montejo F., 2002).

#### **1.6.2.2. Pavimento de concreto o Rígido:**

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 sub-base del pavimento rígido. Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico, así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia.

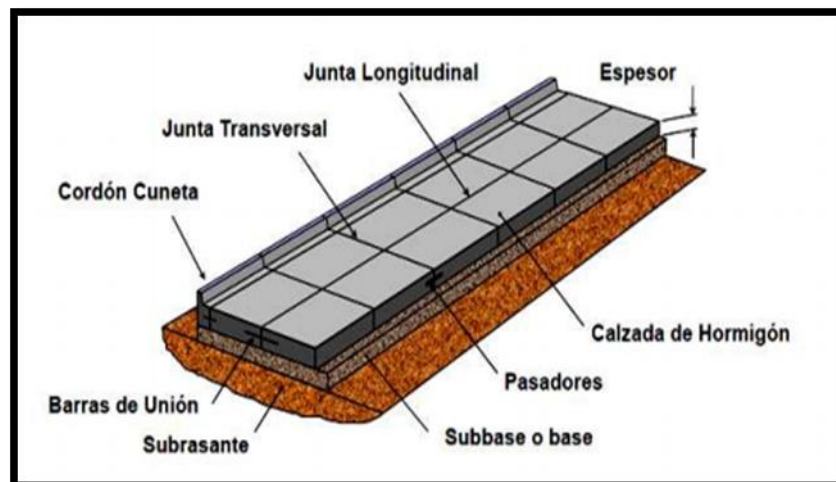
Además, como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la subrasante. La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y, por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento. (Montejo F., 2002).



*Figuras 2 Corte transversal de Pavimento Rígido*

*Fuente: México. Ing. Claudio Giordini e Ing. Diego Leone. PAVIMENTOS. Cátedra de Ingeniería Civil.*

### Componentes principales del pavimento:



*Figuras 3 Componentes del Pavimento Rígido*

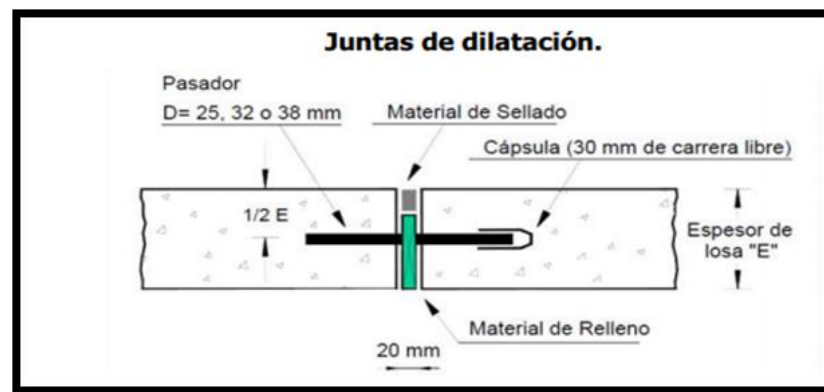
*Fuente: México. Ing. Claudio Giordini e Ing. Diego Leone. PAVIMENTOS. Cátedra de Ingeniería Civil.*

- **Juntas:**

Son los que finalmente determinan las dimensiones de las losas de pavimento y permiten controlar la formación de fisuras intermedias a edad temprana y a servicio.

- **Pasadores:**

Son barras de acero lisas colocadas en las juntas transversales para transferir cargas, sin restringir el movimiento horizontal de losas.



*Figuras 4 Juntas de dilatación*

*Fuente: México. Ing. Claudio Giordini e Ing. Diego Leone. PAVIMENTOS. Cátedra de Ingeniería Civil.*

- **Barras de unión:**

Se colocan en las juntas longitudinales para mantener ancladas las mismas garantizando de esta manera que éstas provean una transferencia de cargas. (Giordini & Leone, 2015).

Funciones de las capas de un pavimento rígido:

- **La sub-base**

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

- Servir como capa de transición y suministrar un apoyo uniforme, estable y permanente del pavimento.
- Facilitar los trabajos de pavimentación.
- Mejorar el drenaje y reducir por tanto al mínimo la acumulación de agua bajo el pavimento.
- Ayudar a controlar los cambios volumétricos de la subrasante y disminuir al mínimo la acción superficial de tales cambios volumétricos sobre el pavimento. Mejorar en parte la capacidad de soporte del suelo de la subrasante.

- **Losa de concreto**

Las funciones de la losa en el pavimento rígido son las mismas de la carpeta en el flexible, más la función estructural de soportar y transmitir en nivel adecuado los esfuerzos que le apliquen. (Montejo Fonseca, 2002).

### **1.6.3. Datos necesarios para el diseño:**

#### **1.6.3.1. Estudios de tráfico:**

Uno de los aspectos más importantes, si no el determinante para el diseño es determinar el flujo de vehículos; es decir, qué tipo de vehículos transitan por la zona a analizar, según la clasificación del Reglamento Nacional de Vehículos (MTC, 2003), y con qué frecuencia lo hacen.

Asimismo, una vez obtenida esta información es necesario estimar una tasa de crecimiento para proyectar cuál será el flujo de vehículos dentro de los años que contemplará el diseño.

Este flujo vehicular se expresa utilizando un parámetro conocido como ESAL (Equivalent Single Axle Load) o carga equivalente de eje simple, que considera un eje simple equivalente de 18 kips. Este valor representa el efecto dañino que producen los vehículos sobre el pavimento. O el valor del consumo de fatiga y el daño por erosión en el caso de la metodología de la PCA. (Arakaki, 2014).

#### *1.6.3.1.1. Clasificación de los vehículos*

Según el Reglamento Nacional de Vehículos, estos se clasifican según la cantidad y el tipo de ejes que lo componen (simple, tándem o trídem), además del peso máximo permitido para cada uno de ellos. El peso bruto vehicular máximo permitido es de 48 toneladas. Asimismo, el máximo peso permitido por eje es:

- Eje simple: 7 ton. de rueda simple y 11 ton. de rueda doble.
- Eje tándem: 12, 16 y 18 ton.
- Eje trídem: 16, 23 y 25 ton.

Con esta clasificación se determina el tipo de vehículo que transita por la zona de acuerdo al tipo de ejes que lo conforman y a la cantidad de ellos. Esto es importante porque dependiendo del peso que cargue cada eje se le asignará un factor destructivo sobre la vía dependiendo del tipo de pavimento a utilizar. (Arakaki, 2014)

#### *1.6.3.1.2. Estimación de la tasa de crecimiento*

Se requiere de datos históricos que ayuden a tener una idea de cómo va aumentando la cantidad de vehículos que transitan por esa carretera. Depende de las actividades de la zona, del crecimiento poblacional, etc. (Arakaki, 2014)

### Factores destructivos

Para hallar el número de ejes equivalentes que se presentan en el tramo, primero se debe uniformizar los tipos de vehículos que circulan bajo un mismo estándar. Dicho estándar está representado por el factor equivalente de carga por eje, teniendo como base los ejes de 18 kip u 80 kN. Este factor es el denominado factor destructivo.

Cada eje que conforma algún vehículo tiene un peso que puede ser igual o diferente a la carga estándar. Para el caso de nuestra Norma, todos son diferentes por lo que resulta necesaria la aplicación de factores.

Por otro lado, dependiendo del tipo de pavimento a utilizar, existen dos ecuaciones diferentes para estimar estos factores. Si el pavimento es flexible se utilizarán los valores proporcionados por el Instituto del Asfalto, en cambio sí es rígido se utilizarán los de la AASHTO. (Arakaki, 2014)

### Proyección del tráfico

Una vez obtenidos el tránsito medio diario anual (AADT) de la zona, la tasa de crecimiento ( $r$ ) y los factores de carga equivalente para cada eje en cada vehículo, se procede a establecer los parámetros de diseño. Estos son: (Arakaki, 2014).



- Factor de distribución direccional (D)
- Factor de distribución de carril (L)
- Período de diseño (Y)
- Factor de crecimiento (G)

### **1.6.3.2. Estudios de Mecánica de suelos:**

Estos ensayos son necesarios para caracterizar el material granular que servirá como base o sub-base. Asimismo, para hallar uno de los parámetros de diseño más importantes, el módulo de resiliencia de la subrasante, se puede realizar una correlación en base al CBR del terreno natural.

#### **1.6.3.2.1. Ensayo de granulometría**

Se realizará ensayos de granulometría tanto en el material del terreno natural o subrasante, así como en el material de las canteras que será utilizado como base o sub-base. De acuerdo a las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG-2000) (MTC, Especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras EG-2000, 2000) se debe cumplir con una granulometría específica para que el agregado sea considerado aceptable. Más adelante se detallará más sobre estos requisitos.

#### **1.6.3.2.2. Límites de Atterberg**

Permite conocer las propiedades del material tales como su límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad en el caso de suelos cohesivos.

1.6.3.2.3. *Ensayo de compactación Proctor modificado (Método C)*

Se realiza el ensayo Proctor modificado por el método C, que aplica 56 golpes por capa de suelo (5 capas) a una muestra dentro de un molde de tamaño estándar. El objetivo del ensayo es determinar la máxima densidad seca a la que puede llegar el material y el contenido de humedad óptimo que permita aquella condición. Este ensayo se encuentra normado en la Norma MTC E 115.

1.6.3.2.4. *Ensayo de valor de soporte de California o CBR*

Este ensayo compara el comportamiento de un suelo determinado con el de una roca chancada de calidad estándar. Se aplica carga sobre la muestra compactada previamente mediante el ensayo Proctor, así como saturada en agua por 4 días y se va registrando la carga necesaria para producir penetración en el material en intervalos de 0.1” hasta 0.5”.

Una vez obtenido el valor de carga necesaria para producir 0.1” y 0.2” para todas las muestras compactadas a diferentes densidades, se procede a dividirlo entre 1000 psi en el primer caso y 1500 psi en el segundo. Esta cantidad se expresa en porcentaje y representa el CBR del suelo.

Luego para la densidad requerida se elige el mayor valor de CBR entre el de 0.1” y el de 0.2”, el cual será el CBR de diseño. En este caso la máxima densidad seca requerida es 95%. Este ensayo se encuentra normado en la Norma MTC E 132.

**1.6.3.2.5. Estudios hidrológicos y pluviométricos:**

La información necesaria es la precipitación media diaria de la estación seleccionada registrada todos los días durante varios años para poder tener un registro confiable.

Estos datos son importantes para determinar el coeficiente de drenaje (Cd) necesario en la metodología de la AASHTO para pavimentos rígidos o para hallar el valor de “m i” que modifica los coeficientes estructurales de las capas en los pavimentos flexibles.

Asimismo, se puede obtener la temperatura promedio del aire durante el año. Esta sería el parámetro del Mean Annual Air Temperature (MAAT) requerido para elegir el gráfico correspondiente y hallar el espesor de la carpeta asfáltica en la metodología del Instituto del Asfalto.

**1.6.3.3. Estudio de canteras y fuentes de agua:**

Otro aspecto a tomar en cuenta es el tipo de material que se encuentra disponible en la zona porque de ello dependerá la capacidad de soporte de las capas granulares y, por tanto, del pavimento como estructura.

Las especificaciones que debe cumplir el material granular son muchas, pero dos de las más importantes son la granulometría y el CBR mínimo.

En cuanto a las fuentes de agua, se debe tener en consideración la cantidad de sulfatos, sólidos en suspensión y el pH del agua. (Arakaki, 2014).

#### **1.6.3.4. *Importancia de los pavimentos:***

El desarrollo que han ido experimentando las ciudades y en todos los países, posee un aspecto que muchas veces no es considerado por parte de la misma sociedad. Pues hablamos, de la pavimentación de calles y carreteras que conectan todos los lugares y cuán valioso es para los conductores poder contar con un camino que no dañe sus vehículos y no sea, causa de algún accidente de lamentable consecuencia.

El pavimento que posee mejores atributos tanto para los usuarios como para quienes lo instalen, debe contener un bajo costo anual, proporcionar confianza, que sea de sencilla construcción y alta capacidad, contar con un diseño aprobado, que no obligue a gastos importantes, que no sea necesaria una mantención constante y se comporte de forma idónea. (ALQUIMAQ, 2014).

La pavimentación es importante porque ayuda a mejorar la economía de la ciudad, mejoraría el traslado de materias primas, en caso de accidentes ayudaría a evacuar de manera más rápida a algún herido, daría una mejor imagen a esta ciudad en crecimiento y las conectaría con otras ciudades, disminuiría la vulnerabilidad vial, aumentaría los precios de las propiedades y propiciaría condiciones óptimas para el disfrute de este espacio público.

## 1.7. Definición de términos básicos

### 1.7.1. Variables:

#### La variable “Diseño estructural del pavimento”

- Por su relación es una variable independiente ya que es la variable a la que se evaluará su capacidad de influir, incidir, afectar o ser la causante del fenómeno a estudiar.
- Por su naturaleza es una variable cuantitativa – continua; cuantitativa porque el diseño de un pavimento tiene carácter numérico y continua por que la unidad de medición no puede ser fraccionada.
- Por su escala de medición es de tipo nominal, porque denota características únicas en cada pavimento.
- Por sus dimensiones es multidimensional, porque existen diferentes factores que afectan a esta variable.
- Por su forma de medición es directa, ya que es una variable que se puede medir con un instrumento.

## 1.8. Formulación de la Hipótesis

Al realizar el diseño estructural de uso de pavimentos flexibles y rígidos la calle Antisuyo mejora en un rango del 20%.

## 2. MATERIAL Y METODOS

### 2.1. Material

#### 2.1.1. Materiales

##### 2.1.1.1. *Material de escritorio*

Útiles de Escritorio	:	1 Unidades
Tinta para la Impresora	:	5 Unidades
Papel Bond A4	:	1 millar
Laptop/Computadora	:	1 Unidades
USB	:	1 Unidades

##### 2.1.1.2. *Equipos e Instrumentos:*

Laptop Lenovo	:	1 Unidad
Impresora Canon 300 series	:	1 Unidad
Manual de Const. De Carreteras	:	1 Unidad
Libro de Mec. De Suelos	:	1 Unidad

#### 2.1.2. Humano

Quezada Ascate Carlos Manuel	:	Investigador
Villar Quiroz Josualdo Carlos	:	Asesor

### 2.1.3. Servicios

Laboratorio de Ing. de Materiales	:	1 Mes
Internet	:	4 Meses
Empastado	:	4 Unidades
Anillado	:	4 Unidades
Servicio de telefonía	:	4 Meses
Calicatas	:	3 Unidades
Movilidad	:	4 Meses
Fotocopias	:	2000 Unidades
Pasajes a Jaén	:	10 Unidades

## 2.2. Material de estudio.

### 2.2.1. Diseño de investigación

#### 2.2.1.1. *Tipo de Investigación:*

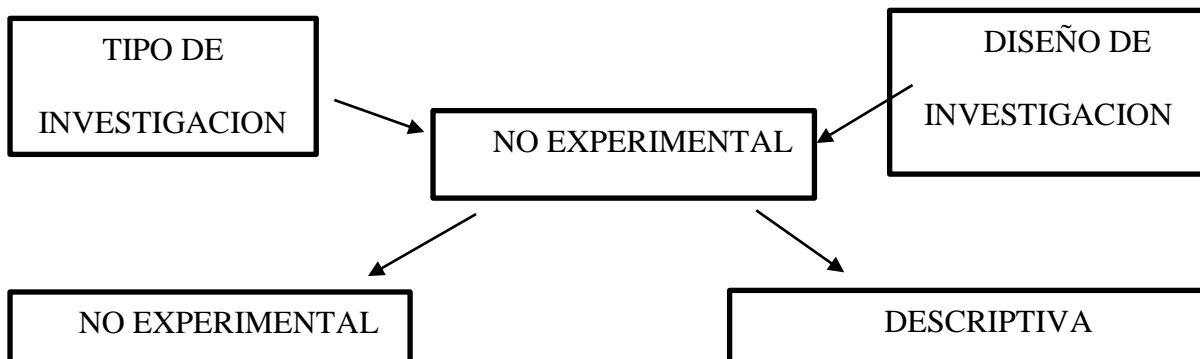
No experimental, porque el investigador solo se sustrae a contemplar los fenómenos de su estado natural para luego analizarlos.

VI: Diseño estructural de pavimentos flexible y rígido

#### 2.2.1.2. *Diseño de Investigación:*

La presente investigación pertenece al diseño NO EXPERIMENTAL - DESCRIPTIVA

Diseño estructural de pavimentos flexibles y rígidos en la calle Antisuyo-Sector Pueblo Nuevo, Provincia de Jaén - Región Cajamarca Perú 2018.



### 2.2.2. Unidad de estudio

La presente investigación tiene como unidad de estudio a el “pavimentos flexibles y rígidos”.



### 2.2.3. Población.

En la presente investigación se pretende solucionar el problema en toda la calle Antisuyo (cuadra 1-3), Sector Pueblo Nuevo-Provincia de Jaén. Región Cajamarca-Perú. El área en estudio son aproximadamente 3380 m<sup>2</sup>. Ver Anexo N°1.

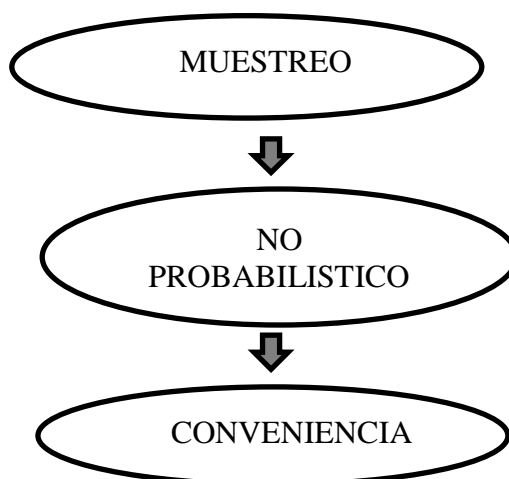
### 2.2.4. Muestra:

La siguiente investigación tiene como muestreo no probabilístico por conveniencia porque los elementos de la población se seleccionan en base a juicio del investigador y es de tipo por conveniencia ya que se eligió la zona por que al momento de precipitaciones naturales tiene muchos problemas de transitabilidad.

Elementos	Indicadores
Estado de vías	Bueno-Regular-Malo-Pésimo
Diseño estructural de pavimentos	Estudio de Tráfico-Characterización de suelos – densidad seca –soporte relativo-presupuesto.
Rango de transitabilidad	Rango(1-5)

*Tabla 1 Elementos de Población*

Técnica de muestreo:

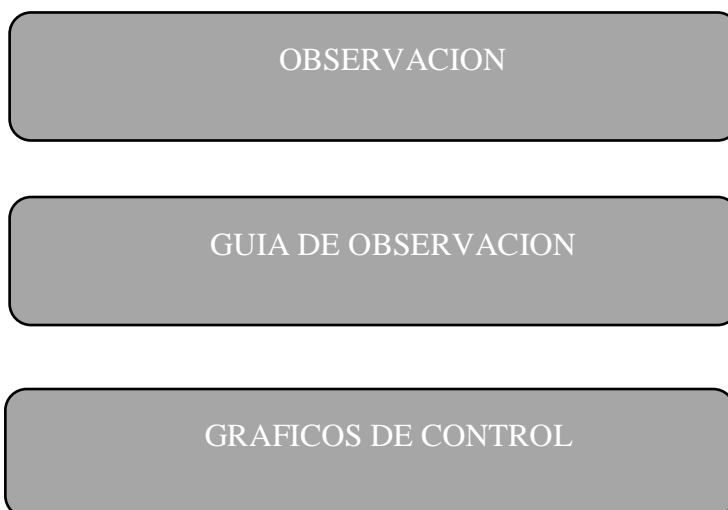


## **2.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos.**

### **2.3.1. Para recolectar datos.**

#### **2.3.1.1. Técnica:**

En la presente investigación se usará la OBSERVACIÓN como técnica de recolección de datos, ya que nuestro propósito es recolectar información en cada visita de campo. Se usará la GUÍA DE OBSERVACIÓN para llevar un registro de las características necesarias para un correcto estudio de Mecánica de suelos y estudio de tráfico.



#### **2.3.1.2. Instrumentos:**

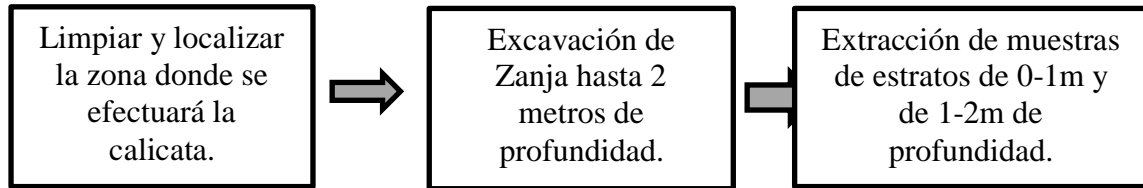
Se usará 2 tipos de guías de observación, una dedicada a calicatas y otra en la clasificación vehicular y un formulario del MTC.

#### **2.3.1.3. Validación de Instrumento:**

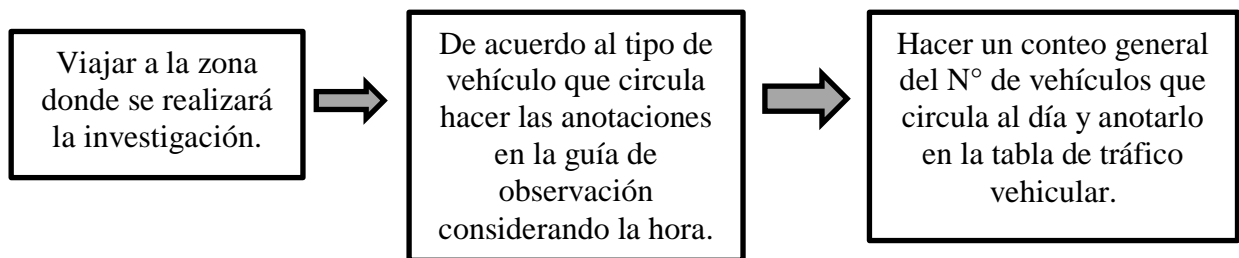
Validado por el Ingeniero Civil - Josualdo Carlos Villar Quiroz, con CIP:106997 en cuyo caso la hoja para constatar tal validación se encontrará como ANEXO N°2 y 3.

### 2.3.1.4. Procedimiento de recolección de datos:

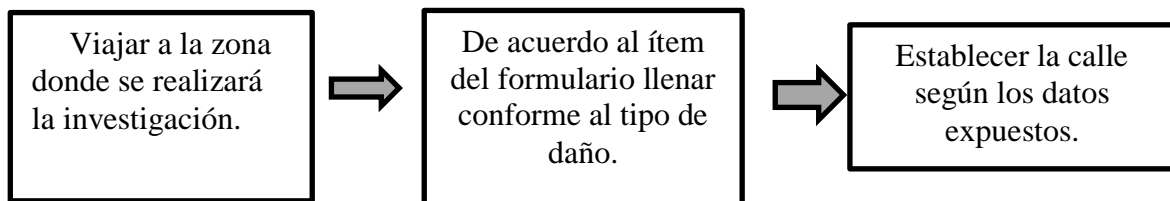
#### 2.3.1.4.1. Para estudio de suelos:



#### 2.3.1.4.2. Para estudio de tráfico:



#### 2.3.1.4.3. Para estado actual de vías:



### **2.3.2. Para procesar datos:**

#### **2.3.2.1. *Método de análisis de datos:***

En esta investigación se hará uso de la ESTADISTICA DESCRIPTIVA porque se estudiará las propiedades de las muestras a fin de deducir como se distribuye la población a partir de la información que proporciona la muestra representativa.

#### **2.3.2.2. *Instrumentos de análisis de datos:***

Graficas estadísticas, del siguiente cuadro tomando en cuenta el tipo de variable:

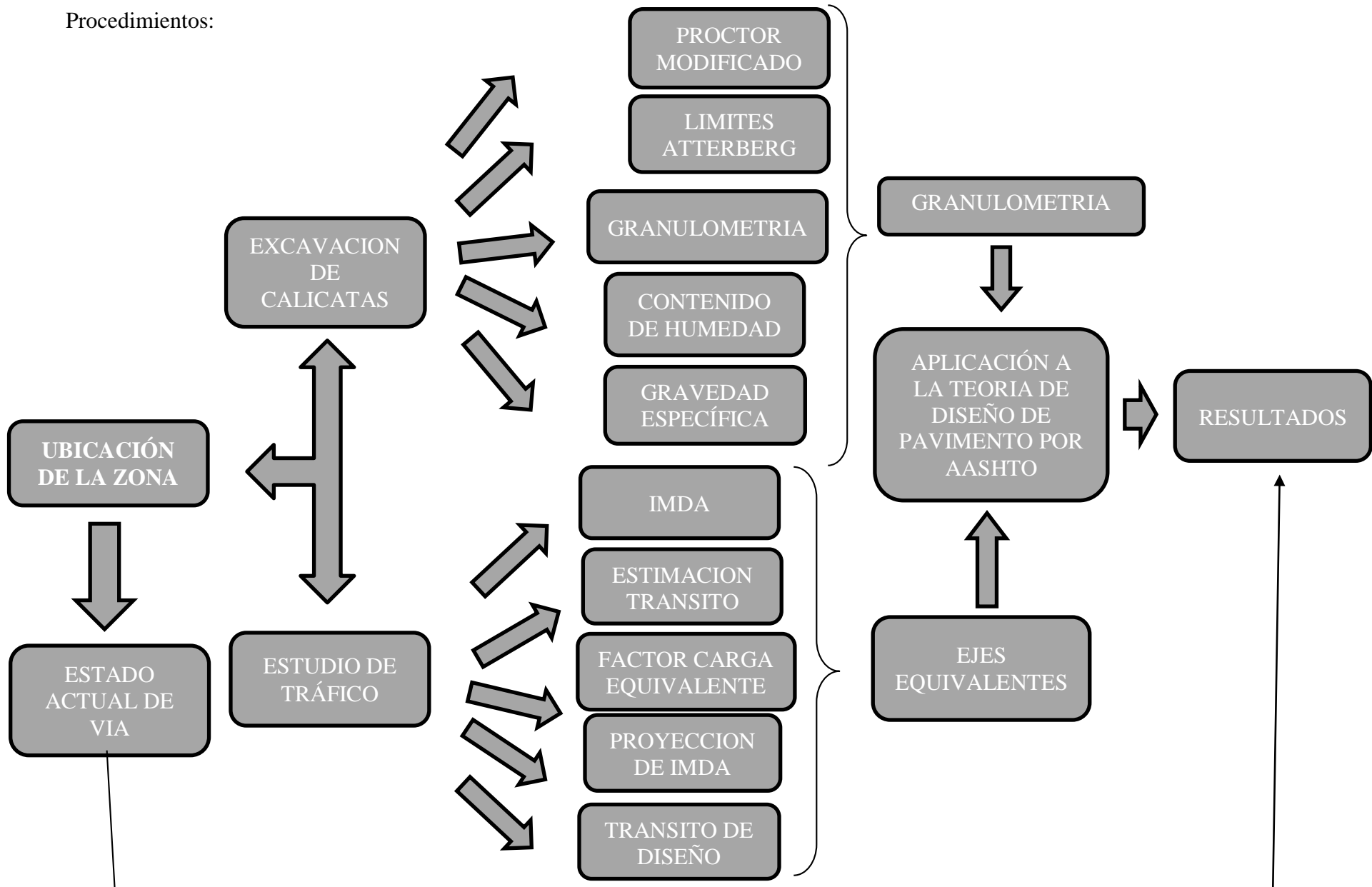
VI=Cualitativa-Ordinal-Unidimensional -Indirecta

## 2.4. Operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES ITEMS
Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles y Rígidos.	El objetivo principal de las pruebas consistía en determinar relaciones significativas entre el comportamiento de varias secciones de pavimento y las cargas aplicadas sobre ellas, o bien para determinar las relaciones significativas entre un número de repeticiones de ejes con cargas, de diferente magnitud y disposición, y el comportamiento de diferentes espesores de pavimentos, conformados con bases y sub-bases, colocados en suelos de características conocidas.	Se realiza el conteo vehicular.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estado actual de las vías.</li> </ul>	<p>BUENO MALO REGULAR PESIMO</p> <p>“Manual de inventario vial – MTC”</p>
		Se realizan los estudios de mecánica de suelos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Granulometría.</li> <li>Límites de Atterberg.</li> <li>Proctor Modificado.</li> <li>Contenido de Humedad.</li> </ul>	<p>Clasificación del suelo según NORMA ASSHTO &amp; SUCS.</p>
		Se aplica la teoría de diseño de pavimento por AASHTO93.	<ul style="list-style-type: none"> <li>VARIABLES DE DISEÑO.</li> <li>CRITERIO DE COMPORTAMIENTO.</li> <li>PROPIEDADES DE LOS MATERIALES PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL.</li> <li>CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES.</li> </ul> <p>“Guía ASSTHO93 para diseño de pavimentos.”</p>	<p>Ecuación fundamental AASHTO para el diseño de pavimentos.</p> <p>Alternativas de espesores para la conformación de los pavimentos.</p> <p>“Guía ASSTHO93 para diseño de pavimentos.”</p>

Tabla 2 Operacionalización de la variable dependiente

Procedimientos:



### 3. RESULTADOS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS

La presente investigación efectuada en Jaén se ubicó la zona donde se efectuaron los estudios de campo, se identificó una zona promedio en donde se realizó una calicata de donde se extrajo una muestra representativa de 20 kilos de diferentes estratos en preferencia se separó las muestras unas muestras de 0-1 m de profundidad y otras de 1-2m de profundidad, estas muestras fueron envasadas y llevadas a Trujillo al laboratorio de Ingeniería donde se realizó los ensayos de suelos respectivos tales como CBR o Proctor Modificado (Método C), granulometría, límites de Atterberg, contenido de humedad y gravedad específica que estipula el manual de ensayos de suelos para poder identificar el tipo de suelo que se extrajo, también en esta zona de investigación se hizo un estudio de tráfico haciendo uso de las guías de observación en donde se anotaron la cantidad de vehículos que circula en cada hora por 7 días desde las 6am hasta las 8pm, y haciendo uso del manual de diseño de carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones se hizo el cálculo respectivo de IMDA, estimación de tránsito ayudando con los datos de crecimiento económico según la INEI, factor carga equivalente para los distintos vehículos que circularon, proyección del IMDA y tránsito de diseño con los cuales se encontraron los ejes equivalentes para saber la carga que soportaría la vía. Una vez que se obtuvo la formula ESAL para cada tipo de pavimento y el tipo de suelo se procedió a hacer el diseño de pavimentos de ambos tipos en las cuales se tuvo en cuenta los datos iniciales de diseño de pavimento tales como el periodo de diseño, la confiabilidad, desviaciones estándar tanto normal como combinada o total, también se tuvo en cuenta la serviciabilidad inicial, final y la pérdida de esta misma, resultados del CBR de la sub rasante y el módulo de resiliencia de la misma en donde se encontró las diferentes tentativas de espesores de pavimentos tanto para flexible como para rígido haciendo uso de la Norma para pavimentos AASHTO 1993.

### 3.1. Estudio de Trafico:

El transito está compuesto por vehículos de diferentes pesos y números de ejes que producen diferentes tensiones y deformaciones en el pavimento, lo cual origina distintas fallas en éste.

Es por esta razón que el estudio de tráfico, se realizó con el fin de obtener el número de repeticiones de Eje Equivalente de 8.2 tn, para así poder diseñar el pavimento para la Calle Antisuyo – Sector Pueblo Nuevo, Provincia de Jaén - Cajamarca, durante su periodo de diseño. De tal modo se hizo un conteo dentro del sector siendo este el área de influencia directa

#### a) Calcular el tráfico vehicular haciendo el uso de las guías de observación –

(Anexo N°6)

Día	N° -Vehículos
Lunes- 06/08/2018	77
Martes -07/08/2018	88
Miércoles -08/08/2018	81
Jueves -09/08/2018	85
Viernes -10/08/2018	89
Sábado -11/08/2018	111
Domingo -12/08/2018	176
<b>Total</b>	<b>706</b>
<b>IMDS = <math>\{(\sum V_l + V_s + V_d)/7\}</math></b>	<b>100.86</b>

Tabla 3 Tráfico vehicular por día

Fuente: Guía de observación de tráfico

IMDS=Volumen promedio de la semana =100.86 vehículos/día



**b) Cálculo del IMDA:**

La metodología para hallar el Índice Medio Diario anual (IMD), corresponde a la siguiente fórmula:

$$IMD = IMDs * FC m$$

$$IMDs = (\sum V_l + V_s + V_d) / 7 \text{ (Estaciones de 7 días)}$$

Donde:

IMDs = Volumen clasificado promedio de la semana

$V_l$  = Volumen clasificado día laboral (lunes, martes, miércoles, jueves, viernes)

$V_{nl}$  = Volumen clasificado días no laborables (día sábado ( $V_s$ ), domingo ( $V_d$ ),

$FC m$  = Factor de corrección según el mes que se efectuó el aforo.

**c) Obtención de los factores de corrección mensual:**

El factor de corrección estacional, se determina a partir de una serie anual de tráfico registrada por una unidad de Peaje, con la finalidad de hacer una corrección para eliminar las diversas fluctuaciones del volumen de tráfico por causa de las variaciones estacionales debido a factores recreacionales, climatológicas, las épocas de cosechas, las festividades, las vacaciones escolares, viajes diversos, etc.; que se producen durante el año.

Para el cálculo del factor de corrección mensual ( $FC_m$ ), se obtuvo de la información proporcionada por Provias Nacional, de la Unidad de Peaje más cercana a la carretera en estudio

$$FC_m = \frac{IMD_{anual}}{IMD_{del\ mes\ del\ Estudio\ de\ la\ Unidad\ Peaje}}$$

Donde:

FC m = Factor de corrección mensual clasificado por cada tipo de vehículo

IMD = Volumen Promedio Diario Anual clasificado de la U. Peaje

IMD<sub>mes del estudio</sub> = Volumen Promedio Diario, del mes en U. Peaje

$$IMDA = IMDS \times FC$$

$$FC = \frac{IMDs}{IMDa}$$

- FC-l = 1.3098
- FC-m = 1.1461
- FC-m = 1.2451
- FC-j = 1.1865
- FC-v = 1.1332
- FC-s = 0.9086
- FC-d = 0.5730

*Factor de Corrección Estacional*

*Fuente: Provias Nacional*

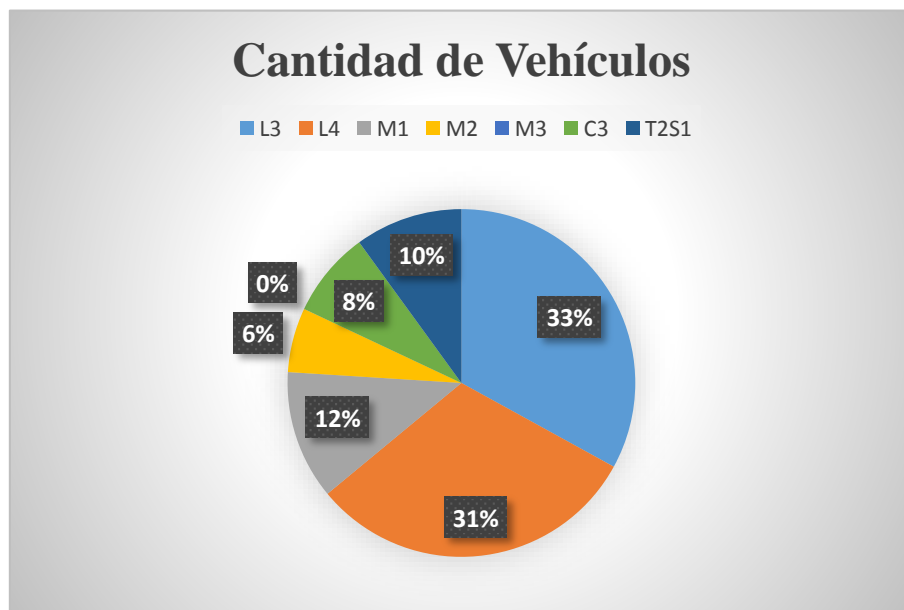
FC promedio = 1.071

$IMDA = 100.86 \times 1.071 = 108.1$

TIPO DE VEHICULO	CANTIDAD DE VEHÍCULOS
L3	33
L4	31
M1	12
M2	6
M3	0
C3	8
T2S1	10
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

Tabla 4 Tipo de vehículo/N° de vehículos

Fuente: Elaboración Propia



Figuras 5 Distribución de Volumen de tránsito

Fuente: Elaboración Propia

### 3.2. Variable de tiempo:

- ❖ El periodo seleccionado en años, para el cual se diseña el pavimento, se denomina periodo de diseño

CLASIFICACIÓN DE LA VÍA	PERÍODO DE ANÁLISIS (AÑOS)
Urbana de alto volumen de tráfico	30 – 50
Rural de alto volumen de tráfico	20 – 50
Pavimentada de bajo volumen de tráfico	15 - 25
No pavimentada de bajo volumen de tráfico	10 – 20

Tabla 5.- AASHTO, *Guide for Design of Pavement Structures 1993*

- ❖ El Periodo de diseño que se optó para dicho proyecto será de 20 años.

Tasa de crecimiento en Jaén según la INEI es igual 2.3 % en economía.

(Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – Censos Nacionales de Población y Vivienda 2017)

$$Pf = Pi (1 + Tc)^n$$

Pf= Tránsito final

Pi= Tránsito inicial

Tc= Tasa de crecimiento

n= año a estimarse

Se diseñará para una duración de 20 años.

$$Pf = 108.1 (1 + 0.023)^{20}$$

$$Pf = 170.35 \text{ veh/día}$$

- ❖ Tipo de carretera: Carretera de bajo Volumen de transito:

$$\text{IMDA} = 170 \text{ veh/día}$$

- ❖ Serviciabilidad del Pavimento

$$So = 4.2$$

$$Sf = 2.25$$

### Perdida de Servicio ( $\Delta$ PSI)

Para pavimentos flexibles la expresión es:

$$\Delta\text{PSI} = 5.03 - 1.91 \log(1 + \text{SV}) - 1.38(\text{RD})^2 - 0.01(\text{C} + \text{P})^{0.5}$$

donde:

SV = varianza del perfil sobre la sección en estudio, medida con el perfilómetro CHLOE, x 10 (pulg/pie)<sup>2</sup>

RD = profundidad de ahuellamientos medio, pulg

C = piel de cocodrilo

P = parches (pies<sup>2</sup>/ 1000pies)

Por lo tanto,  $\Delta\text{PSI} = 1.7$

Para pavimentos rígidos se tiene la ecuación:

$$\text{PSI} = 5.41 - 1.78 \log(1 + \text{SV}) - 0.09(\text{C} + \text{P})^{0.5}$$

### d) Factor equivalente de carga:

El concepto de convertir un tránsito mixto en un número de ESALs de 80 KN fue desarrollado en el Road Test de la AASHTO, en este ensayo se cargaron pavimentos similares con diferentes configuraciones de ejes y cargas para analizar el daño producido.

$$\text{ESAL} = \text{TPDA} \times \% \text{CP} \times \text{GF} \times \text{DD} \times \text{LD} \times \text{TF} \times 365$$

- TPDA = Tránsito Promedio Diario Anual inicial.
- %CP = Porcentaje de Camiones Pesados (clase 5 o más según FHWA)
- GF = factor de crecimiento (growth factor) que tiene en cuenta el crecimiento en volumen de camiones y en factor de camiones. Esto se obtiene de tabla 3.19 entrando una tasa de crecimiento compuesta:
- $\text{GF} = [(1 + \text{gtv}) \times (1 + \text{gtf})] - 1$

donde:

- gtv = crecimiento del volumen de tránsito
- gtf = crecimiento en el factor de camión



- DD = factor de distribución direccional para camiones (en tanto por uno)
- LD = factor de distribución por carril para camiones (en tanto por uno)
- TF = factor de camiones (ESALs/camiones)

Donde ESAL para ambos pavimentos fue:

<b>Tipo de Pavimento</b>	<b>ESAL</b>
Flexible	2.1E+07
Rígido	3.2E+07

*Tabla 6 ESAL para los pavimentos*

*Fuente: Elaboración Propia*

### 3.2.1. Estudio de suelos:

a) Calcular el número de calicatas:



**Cuadro 4.1**  
**Número de Calicatas para Exploración de Suelos**

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul>	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul>	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	• 4 calicatas x km	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	• 3 calicatas x km	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	• 2 calicatas x km	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	• 1 calicata x km	

*Figuras 6 Calicatas - Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones*

La calle Antisuyo se encuentra como carretera de tercera clase porque su IMDA es 170 veh/día y debido a que la calle mide menos de 1km se harán 1 calicatas para los ensayos, norma por el MTC.

b) Guía de observación de calicata. (Ver Anexo 5)

c) Ensayos de Suelos (**Ver Anexos 9,10,11,12,13**)

Los datos obtenidos del ensayo de clasificación de la subrasante:

**Ensayo de limite líquido y limite plástico “Límites de  
ATTERBERG” (ASTM D – 4318 - 93), (MTC E-110-111)**

Son las fronteras convencionales entre los estados de consistencia de los suelos líquido, semilíquido, plástico, semisólido y sólido.

❖ **Limite liquido**

**i. Materiales**

Suelo seco que pase la malla n° 40

**ii. Equipos**

- ✓ Malla n° 40
- ✓ Copa de Casagrande
- ✓ Ranurador
- ✓ Balanza con aproximación de 0.01 gr
- ✓ Estufa
- ✓ Espátula
- ✓ Probeta de 100ml
- ✓ Capsula de porcelana
- ✓ Taras

**iii. Procedimiento**

- ✓ En una capsula de porcelana mezclar el suelo con agua mediante una espátula hasta obtener una pasta uniforme
- ✓ Colocar una porción de la pasta en la copa de Casagrande, nivelar mediante la espátula hasta obtener un espesor de 1 cm. En el centro hacer una ranura con el acanalador de tal manera que la muestra queda dividida en dos partes.
- ✓ Elevar y caer la copa mediante la manivela a razón de 2 caídas por segundo hasta que las dos mitades de suelo se pongan en contacto en la parte inferior de la ranura y a lo largo de 1.27 cm. Registrar el número de golpes.



- ✓ Mediante la espátula retirar la porción de suelo que se ha puesto en contacto en la parte inferior de la ranura y colocarlo en una tara para determinar su contenido de humedad.
- ✓ Retirar el suelo remanente de la copa de Casagrande y colocar en la capsula de porcelana agregar agua si el número de golpes del ensayo anterior ha dado alto, o agregar suelo si el número de golpes ha sido bajo (el número de golpes debe estar comprendido entre 6 y 35).
- ✓ Lavar y secar la copa y el acanalador.
- ✓ Repetir el ensayo mínimo 2 veces más.
- ✓ Dibujar la curva de fluidez (la recta) en escala semilogarítmica en el eje de abscisas se registrará el número de golpes en escala logarítmica en el eje de ordenadas los contenidos de humedad en escala natural.
- ✓ Determinar la ordenada correspondiente a los 25 golpes en la curva de fluidez, este valor será el límite líquido del suelo.

❖ **Límite plástico**

**i. Materiales**

Suelo seco que pase la malla n° 40

**ii. Equipos**

- ✓ Balanza con aproximación de 0.01 gr.
- ✓ Estufa
- ✓ Espátula
- ✓ Cápsula de porcelana
- ✓ Placa de vidrio
- ✓ Taras

**iii. Procedimiento**

- ✓ La porción de la mezcla preparada para el límite líquido agregar suelo seco de tal manera que la pasta baje su contenido de humedad

- ✓ Enrollar la muestra con la mano sobre una placa de vidrio hasta obtener cilindros de 3 mm. de diámetro y que presenten agrietamientos, determinar su contenido de humedad.
- ✓ Repetir el ensayo una vez más.
- ✓ El límite plástico es el promedio de los 2 valores de contenidos de humedad.

Límite líquido: 31  
Límite plástico: 19  
Índice de plasticidad: 12  
**(Ver Anexo 10)**

### **Análisis granulométrico (ASTM D – 422) (MTC E-107)**

El análisis granulométrico tiene por objeto la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo.

Se describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 75  $\mu\text{m}$  (No.200).

#### **i. Material**

Muestra seca aproximadamente 200gr. Si es material arcillo limoso y 500gr. Si es material granular que contiene finos.

#### **ii. Equipos**

- ✓ Juego de tamices
- ✓ Balanza con aproximación de 0.1 gr.
- ✓ Estufa
- ✓ Taras

### iii. Procedimiento

#### ❖ Fracción granular gruesa

- ✓ Primero que todo la fracción granular gruesa se pesa en la balanza y el peso se anota. Luego se lleva a cabo el tamizado para separar las diferentes partículas 3", 2", 1 ½", 1", ¾", 3/8", ¼", y No 4, comenzando en orden decreciente, teniendo en cuenta de no mezclar las partículas tamizadas. Al mismo tiempo se coloca una tara en la balanza de 20Kg de capacidad y 1gr de sensibilidad. Y se determina el peso de cada fracción retenida. Se debe verificar que la suma de los pesos retenidos en cada tamiz de igual al peso de la Fracción Granular gruesa, con una tolerancia de 0.5% de error.

#### **Fracción granular fina**

- ✓ Se toma todo el material pasante el tamiz No 4, se pesa en la balanza de 20kg. Se vierte la muestra en el Tamiz No 200, teniendo el cuidado de no perder el material. Luego se eliminan las partículas inferiores al Tamiz No 200 (limo, arcilla y coloides) lavando el material. Hasta que el agua salga limpia y clara. No se debe remover el material con las manos dentro del tamiz. Todo el material retenido en el Tamiz No 200 será arena, ya que los finos fueron lavados, se coloca en un recipiente, teniendo en cuenta de no dejar material adherido en el tamiz. Se pasa el material a una escudilla de 600 ml, haciendo uso del frasco lavador. Se descanta el agua y se seca la muestra en el horno a una temperatura de  $105 \pm 5$  C por 18 horas aprox. Luego se deja enfriar y se separa por medio de tamices No 10, No 40, No 60, No 200. Se pesan las fracciones retenidas en cada uno de los tamices.

### ❖ CALCULOS

- ✓ Se calcula el peso total de la muestra

(T): peso total de la muestra (T)

(A): Fracción Granular Gruesa (A)

(Ba) Fracción Granular Fina

$$T = A + Ba$$

- ✓ Se determina el Peso pasante del tamiz No 200

$$\text{Peso pasa No 200} = Bb - \text{"(peso retenidos tamices No 10,40,60,200)}$$

- ✓ Se calcula el peso retenido en los tamices inferiores. Al tamiz No 4 con respecto a (Ba)

$$\text{Peso ret. En Tamiz } < \text{No4} = \_Ba\_ \times \text{Peso ret. En dicho Tamiz } Bb$$

- ✓ Determinar el % retenido en cada tamiz, en cuanto a (T)

$$\% \text{retenido parcial Tamiz } X = 100 \times \text{Peso ret. tamiz } X / T$$

- ✓ Calcula el % retenido acumulado

$$\% \text{ ret. Acum. Tamiz } X = \% \text{ ret. Acum tamiz anterior} + \% \text{ ret parcial tamiz } X$$

- ✓ Obtener % pasante de cada tamiz

$$\% \text{ Pasante Tamiz } X = 100 - \% \text{ ret. Acumul tamiz } X$$

- ✓ Se construye la curva granulométrica

Se determina la Gradación del suelo, mediante los Coeficientes de Uniformidad y Curvatura.

Porcentaje que pasa la malla N<sup>a</sup> 200: 83.8%

En cuanto a los resultados de compactación del suelo), estos fueron:

Densidad seca máxima: 1.92 g/cm<sup>3</sup>  
(Ver Anexo 9)

### Ensayo de contenido de humedad (MTC E-108)

Este ensayo tiene como objetivo determinar el contenido de humedad de un suelo

#### i. Material

Para los contenidos de humedad, se empleará la cantidad mínima de espécimen especificada en la norma ASTM D – 4318.

Máximo tamaño de partícula (pasa el 100%)	Tamaño de malla Estándar	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados a $\pm 0.1\%$	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados a $\pm 1\%$
2 mm o menos	2.00 mm (N° 10)	20 g	20 g*
4.75 mm	4.760 mm (N° 4)	100 g	20 g*
9.5 mm	9.525 mm (3/8")	500 g	50 g
19.0 mm	19.050 mm (3/4")	2.5 kg	250 g
37.5 mm	38.1 mm (1½")	10 kg	1 kg
75.0 mm	76.200 mm (3")	50 kg	5 kg

Tabla 7 Tabla N° 8: MTC E-108-Cantidad de Material Húmedo

Fuente: Elaboración Propia

#### ii. Equipos

- Horno de secado
- Balanzas
- Recipientes
- Utensilios de manipulación de recipientes

#### iii. Procedimiento

- Determinar y registrar la masa de un contenedor limpio y seco (y su tapa si es usada).
- Seleccionar especímenes de ensayo representativos de acuerdo lo indicado en anteriormente.
- Colocar el espécimen de ensayo húmedo en el contenedor y, si se usa, colocar la tapa asegurada en su posición. Determinar el peso del contenedor y material húmedo usando una balanza seleccionada de acuerdo al peso del espécimen.

- Registrar este valor.
- Remover la tapa (si se usó) y colocar el contenedor con material húmedo en el horno. Secar el material hasta alcanzar una masa constante. Mantener el secado en el horno a  $110 \pm 5$  °C a menos que se especifique otra temperatura. El tiempo requerido para obtener peso constante variará dependiendo del tipo de material, tamaño de espécimen, tipo de horno y capacidad, y otros factores. La influencia de estos factores generalmente puede ser establecida por un buen juicio, y experiencia con los materiales que sean ensayados y los aparatos que sean empleados.
- Luego que el material se haya secado a peso constante, se removerá el contenedor del horno (y se le colocará la tapa si se usó). Se permitirá el enfriamiento del material y del contenedor a temperatura ambiente o hasta que el contenedor pueda ser manipulado cómodamente con las manos y la operación del balance no se afecte por corrientes de convección y/o esté siendo calentado. Determinar el peso del contenedor y el material secado al horno usando la misma balanza usada en 8.3. Registrar este valor. Las tapas de los contenedores se usarán si se presume que el espécimen está absorbiendo humedad del aire antes de la determinación de su peso seco.

**iv. Cálculos**

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

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_t} \times 100 = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

W = es el contenido de humedad, (%)

WW = Peso del agua

WS = Peso seco del material

W1= es el peso de tara más el suelo húmedo, en gramos

W2= es el peso de tara más el suelo secado en horno, en gramos:

Wt = es el peso de tara, en gramos

Contenido de Humedad: 12.6%

**(Ver Anexo 9)**

### **Proctor Modificado-Método C: (MTC E-115)**

Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m<sup>3</sup> (56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)).

#### **Material**

Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz 19,0 mm ( $\frac{3}{4}$  pulg).

#### **i. Equipos**

- Molde de 6 pulgadas
- Pisón o Martillo
- Balanza
- Horno de secado

#### **ii. Procedimiento**

- Si la muestra está demasiado húmeda, reducir el contenido de agua por secado al aire hasta que el material sea friable. El secado puede ser al aire o por el uso de un aparato de secado tal que la temperatura de la muestra no exceda de 60 °C. Disgregar por completo los grumos de tal forma de evitar quebrar las partículas individuales. Pasar el material por el tamiz apropiado: 4,75 mm (N°4); 9,5 mm ( $\frac{3}{8}$  pulg) ó 19,0 mm ( $\frac{3}{4}$  pulg). Durante la preparación del material granular que pasa la malla  $\frac{3}{4}$  pulg para la compactación en el molde de 6 pulgadas, disgregar o separar los agregados lo suficientemente para que pasen el tamiz 9,5 mm ( $\frac{3}{8}$  pulg) de manera de facilitar la distribución de agua a través del suelo en el mezclado posterior.
- Preparar mínimo cuatro (preferiblemente cinco) especímenes
- Usar aproximadamente 5,9 kg (13 libras) cuando se emplee el Método C.
- Compactación. - Después del curado, si se requiere, cada espécimen se compactará de la siguiente manera:
- Determinar y anotar la masa del molde ó molde y el plato de base.



- Ensamble y asegure el molde y el collar al plato base. El molde se apoyará sobre un cimiento uniforme y rígido, como la proporcionada por un cilindro o cubo de concreto con una masa no menor de 91 kg (200 lbm). Asegurar el plato base a un cimiento rígido. El método de unión al cimiento rígido deberá permitir un desmolde fácil del molde ensamblado, el collar y el plato base después que se concluya la compactación.
- Compactar el espécimen en cinco capas. Después de la compactación, cada capa deberá tener aproximadamente el mismo espesor. Antes de la compactación, colocar el suelo suelto dentro del molde y extenderlo en una capa de espesor uniforme. Suavemente apisonar el suelo antes de la compactación hasta que este no esté en estado suelto o esponjoso, usando el pisón manual de compactación o un cilindro de 5 mm (2 pulg) de diámetro. Posteriormente a la compactación de cada uno de las cuatro primeras capas, cualquier suelo adyacente a las paredes del molde que no han sido compactado o extendido cerca de la superficie compactada será recortada. El suelo recortado puede ser incluido con el suelo adicional para la próxima capa. Un cuchillo u otro aparato disponible puede ser usado. La cantidad total de suelo usado será tal que la quinta capa compactada se extenderá ligeramente dentro del collar, pero no excederá 6 mm (1/4pulg) de la parte superior del molde. Si la quinta capa se extiende en más de 6 mm (1/4pulg) de la parte superior del molde, el espécimen será descartado. El espécimen será descartado cuando el último golpe del pisón para la quinta capa resulta por debajo de la parte superior del molde de compactación.
- Compactar cada capa con 56 golpes para el molde de 152,4 mm (6 pulgadas).
- Al operar el pisón manual del pisón, se debe tener cuidado de evitar la elevación de la guía mientras el pisón sube. Mantener la guía firmemente y dentro de 5° de la vertical. Aplicar los golpes en una

relación uniforme de aproximadamente 25 golpes/minuto y de tal manera que proporcione una cobertura completa y uniforme de la superficie del espécimen.

- Después de la compactación de la última capa, remover el collar y plato base del molde. El cuchillo debe usarse para ajustar o arreglar el suelo adyacente al collar, soltando el suelo del collar y removiendo sin permitir el desgarro del suelo bajo la parte superior del molde.
- Cuidadosamente enrasar el espécimen compactado, por medio de una regla recta a través de la parte superior e inferior del molde para formar una superficie plana en la parte superior e inferior del molde. Un corte inicial en el espécimen en la parte superior del molde con un cuchillo puede prevenir la caída del suelo por debajo de la parte superior del molde. Rellenar cualquier hoyo de la superficie, con suelo no usado o cortado del espécimen, presionar con los dedos y vuelva a raspar con la regla recta a través de la parte superior e inferior del molde.
- Repetir las operaciones anteriores en la parte inferior del espécimen cuando se halla determinado el volumen del molde sin el plato base. Para suelos muy húmedos o muy secos, se perderá suelo o agua si el plato base se remueve. Para estas situaciones, dejar el plato base fijo al molde.
- Determine y registre la masa del espécimen y molde con aproximación al gramo. Cuando se deja unido el plato base al molde, determine y anote la masa del espécimen, molde y plato de base con aproximación al gramo.
  - Remueva el material del molde. Obtener un espécimen para determinar el contenido de agua utilizando todo el espécimen (se refiere este método) o una porción representativa. Cuando se utiliza todo el espécimen, quíbrelo para facilitar el secado. De otra manera se puede obtener una porción cortando axialmente por el centro del espécimen compactado y removiendo 500 g del material de los lados cortados. Obtener el contenido de humedad de acuerdo al Método ensayo NTP 339.127.

**Cálculos:**

Peso Unitario Seco. - Calcular la densidad húmeda (ecuación 1), la densidad seca (ecuación 2) y luego el Peso Unitario Seco (ecuación 3) como sigue:

$$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_t - M_{md})}{V} \quad (1)$$

Donde:

$\rho_m$  = Densidad Húmeda del espécimen compactado (Mg/m<sup>3</sup>)

$M_t$  = Masa del espécimen húmedo y molde (kg)

$M_{md}$  = Masa del molde de compactación (kg)

$V$  = Volumen del molde de compactación (m<sup>3</sup>)

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{w}{100}} \quad (2)$$

Donde:

$\rho_d$  = Densidad seca del espécimen compactado (Mg/m<sup>3</sup>)

$w$  = contenido de agua (%)

$Y_d = 62,43 \rho_d$  en lbf/pie<sup>3</sup> (3)

$Y_d = 9,807 \rho_d$  en kN/m<sup>3</sup>

Donde:

$\gamma_d$  = peso unitario seco del espécimen compactado.

En el cálculo de los puntos para el ploteo de la curva de 100% de saturación o curva de relación de vacíos cero del peso unitario seco, seleccione los valores correspondientes de contenido de agua a la condición de 100% de saturación como sigue:

$$W_{sat} = \frac{(\gamma_w)(G_s) - \gamma_d}{(\gamma_d)(G_s)} \times 100 \quad (4)$$

Donde:

**W<sub>sat</sub>** = Contenido de agua para una saturación completa (%).

**g<sub>w</sub>** = Peso unitario del agua 9,807kN/m<sup>3</sup> ó (62,43 lbf/ pie<sup>3</sup>).

**g<sub>d</sub>** = Peso unitario seco del suelo.

**G<sub>s</sub>** = Gravedad específica del suelo.

### 3.2.2. Aplicación a la teoría AASHTO:

Diseño AASHTO en Pavimentos rígidos:

El diseño que se presentará a continuación está basado en el Manual “AASHTO Guide for Design of Pavement Structures” (1993) del cual se extrajeron las tablas y nomogramas a los cuales se hará referencia más adelante. Estos últimos serán adjuntados en el Anexo de la presente tesis.

Con el objetivo de determinar el espesor de la losa de concreto Portland necesario para soportar las sollicitaciones del tránsito vehicular, la AASHTO desarrolló la siguiente ecuación, la cual se resuelve con ayuda de nomogramas presentados en su guía.

$$\text{Log } W_{18} = Z_R S_0 + 7.35 \log(D + 1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta\text{PSI}}{4.5 - 1.5}\right)}{\frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32P_t) \log \left[ \frac{S'_c C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 J \left[ D^{0.75} - \frac{18.42}{\left[\frac{E_c}{k}\right]^{0.25}} \right]} \right]$$

**W18** = Número de cargas de 18 kips (80 kN) previstas.

**ZR** = Es el valor de Z (área bajo la curva de distribución) correspondiente a la curva estandarizada, para una confiabilidad R.

**S0** = Desvío estándar de todas las variables.

**D** = Espesor de la losa del pavimento en pulg.

**ΔPSI** = Pérdida de servicialidad prevista en el diseño.

**Pt** = Servicialidad final.

**S’c** = Módulo de rotura del concreto en psi.

**J** = Coeficiente de transferencia de carga.

**Ca** = Coeficiente de drenaje.

**Ec** = Módulo de elasticidad del concreto, en psi.

**K** = Módulo de reacción de la subrasante (coeficiente de balastro), en pci (psi/pulg).

**Datos para diseño:**✓ **Número de ejes equivalentes**

Este valor fue determinado en la Tabla N°7 con ayuda de los factores destructivos, el IMD y la tasa de crecimiento anual. Resultó  $3.2E+07$ .

✓ **Periodo de diseño**

Se consideró un periodo de diseño de 20 años debido a que esta calle será muy transitada en medida que lo pavimenten.

✓ **Confiabilidad:**

La norma AASHTO sugiere una confiabilidad máxima de 80% para carreteras locales en zona urbana.

<b>Tipo de camino</b>	<b>Zona urbana</b>	<b>Zona rural</b>
Rutas interestatales y autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterias principales	80 – 99	75 – 99
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 – 80

*Tabla 8 Niveles de Confiabilidad*

*Fuente Guía ASSHTO93*

✓ **Desviación estándar normal**

Este valor depende directamente del nivel de confiabilidad elegido. Se obtiene del área de la curva normal estándar. Para un nivel de confiabilidad de 80%, la desviación estándar es -0.841 según la Tabla de la guía ASSHTO93.

Confiabilidad, R, en porcentaje	Desviación estándar normal, Z <sub>R</sub>
50	-0,000
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,340
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,090
99,99	-3,750

Tabla 9 Valores de desviación estándar normal Z<sub>R</sub> - Correspondientes a los niveles de Confiabilidad R

Fuente: Guía ASSHTO93

✓ **Desviación estándar combinada o total**

Como el tráfico de diseño se ha realizado en base a datos de conteos del MTC, es decir ha sido medido, la AASHTO recomienda el valor de 0.34 para pavimentos rígidos en la sección 4.3 de la página I-62 de la Guía ASSHTO.

CONDICIÓN DE DISEÑO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S <sub>0</sub> )	
	Pav. rígido	Pav. flexible
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito.	0.34	0.44
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito.	0.39	0.49

Tabla 10 Valores de desviación estándar (S<sub>0</sub>) - Fuente: Guía ASSHTO93

### ✓ Pérdida de serviciabilidad

Para pavimentos rígidos, el valor de *serviciabilidad inicial* ( $P_t$ ), que indica la AASHTO es de “4.5”; si es que no se tiene información disponible para el diseño.

Para calles comerciales o industriales la norma AASHTO especifica una *Serviciabilidad final* de “2.25”.

#### Índice de serviciabilidad final\*

Pt	Clasificación
3.00	Autopistas
2.50	Colectores
2.25	Calles comerciales e industriales
2.00	Calles residenciales y estacionamientos

Tabla 11 Índice de Serviciabilidad final - Fuente : Guía ASSHTO93

Por lo tanto, la pérdida de serviciabilidad es la diferencia entre el índice inicial y el final lo que da como resultado:  $\Delta PSI = P_0 - P_t = 2.25$ .

### ✓ Módulo de reacción de la subrasante (K)

Puesto que la prueba de carga sobre placa, requiere tiempo y es costosa, el valor de k es estimado generalmente por correlación con otros ensayos simples, tal como la razón de soporte california (CBR) o las pruebas de valores R. El resultado es válido porque no se requiere la determinación exacta del valor k; las variaciones normales para un valor estimado no afectarán apreciablemente los requerimientos de espesores del pavimento.



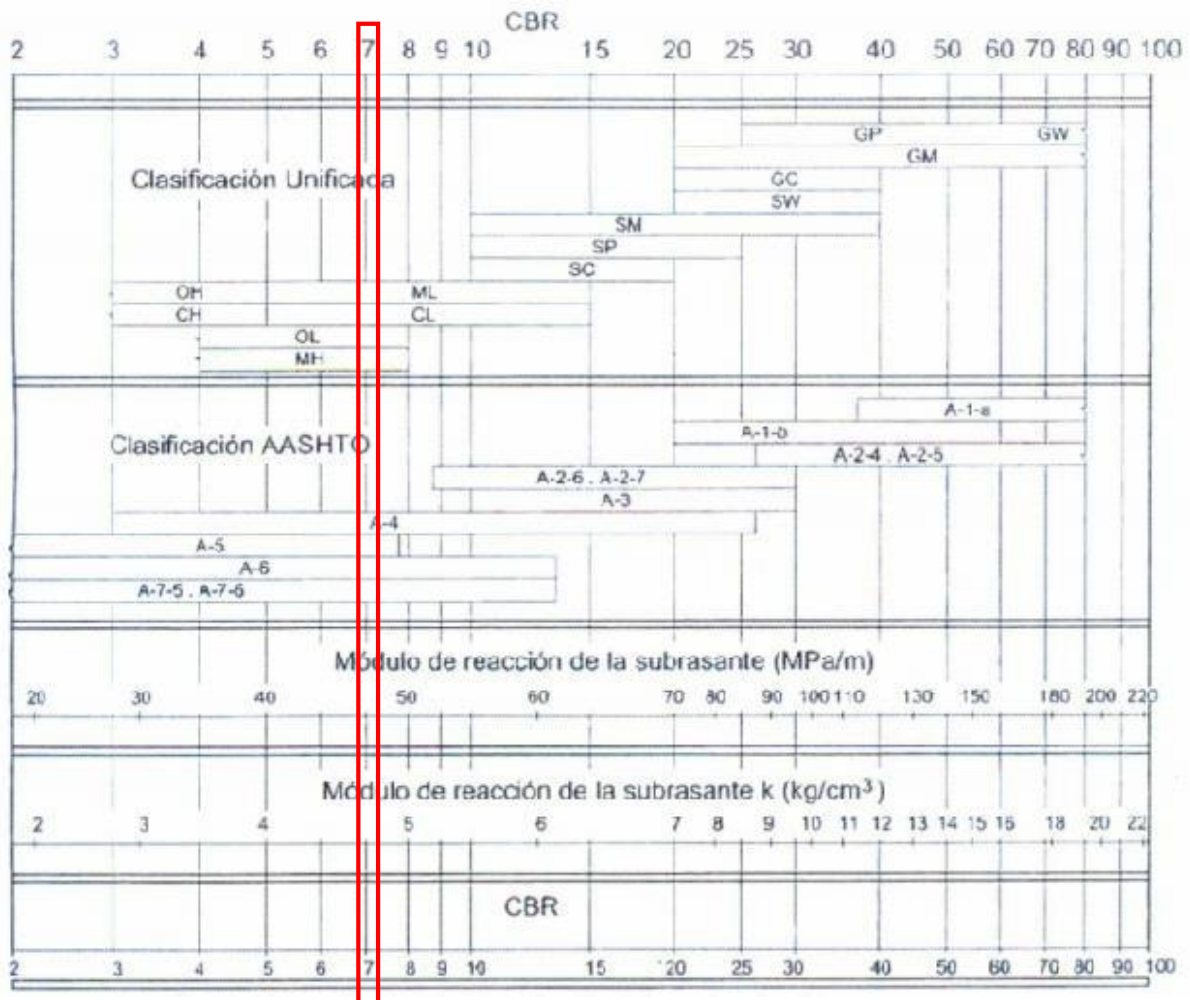


Tabla 12 Relación aproximada entre los valores  $k$  y otras propiedades del suelo - Fuente Guía ASSHTO93

Se determina que para un CBR de 7%, el módulo de reacción de la subrasante es 170 psi.

### ✓ **Propiedades del concreto**

Se considera la resistencia a la compresión ( $f'c$ ) a los 28 días del concreto en el orden de 350 kg/cm<sup>2</sup>.

Según la Norma Peruana de Concreto Armado para determinar el módulo de elasticidad del concreto (EC) existe una correlación entre dicho módulo y la resistencia a la compresión. Esta relación es la siguiente:

$$E_c = 15000(F'c)^{1/2}$$

Con el valor de resistencia considerado, resulta un módulo de elasticidad de 281,000 kg/cm<sup>2</sup> o 3.99E+06 psi.

Por último, para el nomograma de diseño se necesita el valor del módulo de ruptura del concreto ( $s'c$ ). Este se calculó en la sección anterior con la fórmula propuesta por el ACI, cuyo resultado es 48.45 kg/cm<sup>2</sup> o 689 psi.

### ✓ **Módulo de reacción efectivo**

Considerando un espesor de sub-base de 15cm y utilizando la Tabla 1 de la página 6 de la guía de dicha asociación se interpoló y se obtuvo un módulo de reacción efectivo ( $k_{efect}$ ) de 203 pci.

### ✓ Coeficiente de transferencia de carga

El coeficiente de transmisión o transferencia de carga (J) cuantifica la habilidad de la estructura del pavimento para distribuir las cargas a través de las discontinuidades como las juntas o grietas.

Este valor depende de si se decide usar pasadores (dowels) o no y del tipo de berma que se construirá.

En este caso se ha decidido utilizar pasadores para procurar mejorar las condiciones de deformación en las juntas. No habrá bermas. Bajo este contexto la AASHTO define un valor de 3.2 para J en la Tabla 2.6 de la página II-26.

TIPO DE BERMA	J			
	GRANULAR O ASFÁLTICA		CONCRETO HIDRÁULICO	
VALORES J	SI (con pasadores)	NO (sin pasadores)	SI (con pasadores)	NO (sin pasadores)
	3.2	3.8 – 4.4	2.8	3.8

Tabla 13.- Coeficiente de transferencia de carga - Fuente: Guía ASSHTO

### ✓ Coeficiente de drenaje

La presencia de agua puede afectar al pavimento, produciendo erosión en el material granular o degradando el material de la carpeta de rodadura por humedad.

Para obtener el coeficiente de drenaje (Cd) se debe contar con dos parámetros: la calidad de drenaje del suelo de la sub-base y el porcentaje de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación.

Como el suelo estuvo sometido al flujo de un canal, se considerará una calidad de drenaje buena.

Para estimar el segundo parámetro se recurre a las recomendaciones del Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos. Ellos proponen la siguiente fórmula:

$$P=(S+R)100/365$$

Donde:

- P = Porcentaje de tiempo en que el pavimento está próximo a la saturación
- S = Días de traslape entre la época lluviosa y seca
- R = Días con lluvia en que el pavimento puede drenar hasta el 85% del estado de saturación en 24 horas o menos.

Se determinó que los días lluviosos eran 30 mientras que los días de traslape entre época lluviosa y seca fueron 20 con ayuda de los datos de SENAMI. De este modo aplicando la fórmula señalada líneas arriba, se obtiene un porcentaje de 14%.

De acuerdo a la Tabla 2.5 de la página II-26 de la guía de la AASHTO, para una calidad de drenaje buena,  $C_d$  se encuentra en el rango de 1 a 1.1. Como el porcentaje de tiempo que el pavimento está próximo a la saturación fue de 14%, interpolando se obtiene un valor de  **$C_d$  de 1.05.**

$C_d$	Tiempo transcurrido para que el suelo libere el 50 % de su agua libre	Porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento esta expuesta a niveles de humedad cercanas a la saturación.			
		< 1%	1 – 5 %	5 – 25 %	> 25 %
Excelente	2 horas	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1 día	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular	1 semana	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre	1 mes	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80

Tabla 14 Valores recomendados del coeficiente de drenaje ( $C_d$ ) para el diseño - Fuente Guía ASSHTO93

Al principio de esta sección se mostró la ecuación de diseño que se emplea en esa metodología, luego se han hallado los valores de cada término justificándose debidamente. El resumen de estos se muestra en el siguiente cuadro:

Parámetro	Valor	Unidad
Número de ejes equivalentes (W18)	3.2E+07	ESAL
Periodo de diseño	20	años
Confiabilidad (R)	80%	
Desviación estándar normal (Zr)	-0.841	
Desviación estándar combinada o total (So)	0.34	
Índice de servicialidad inicial (PSIi)	4.5	
Índice de servicialidad final (PSIf)	2.25	
Perdida de servicialidad ( $\Delta$ PSI)	2.25	
Resistencia a la compresión del concreto (f'c)	350	kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad del concreto (Ec)	4.0E+06	psi
Módulo de ruptura del concreto (s'c)	689	psi
CBR de la subrasante	7.00%	
CBR de la subrasante	170	psi
Espesor de subbase	15	cm
Módulo de reacción efectivo (kefect)	203	psi
Coefficiente de transferencia de carga (J)	3.2	
Coefficiente de drenaje (Cd)	1.05	

*Tabla 15 Resumen de parámetros de diseño con el método AASHTO para pavimento rígido.*

*Fuente: Elaboración Propia*

✓ Cálculo del espesor de la losa de concreto

Utilizando los nomogramas de la guía AASHTO de la página II-45 y II-46, se obtiene un espesor de 13 pulgadas ó 33 cm.

Como se mencionó en la sección anterior, para calcular el módulo de reacción efectivo de la subrasante se asume un espesor de sub-base de 15 cm, lo que da como resultado un espesor de la losa de concreto de 33 cm. Para intentar disminuir el espesor de la losa se puede aumentar el espesor de la sub-base, con lo que cambiaría el módulo de reacción efectivo, pero todos los demás parámetros se mantendrían constantes.

Se calcularon diversas alternativas para dimensionar el pavimento:

Alternativa	1	2	3
Espesor de losa concreto (cm)	33	32	32
Módulo de reacción efectivo (pci)	203	237	281
Espesor de sub-base de (cm)	15	23	30

Tabla 16 Alternativas para la conformación del pavimento rígido obtenidas del cálculo - Método AASHTO

Fuente: Elaboración Propia

Los valores de la tabla N° 16 son los obtenidos del cálculo de diseño.

Los espesores de las capas considerando el proceso constructivo se muestran a continuación:

Alternativa	1	2	3
Espesor de concreto (cm)	35	35	35
Espesor de sub-base (cm)	15	30	40

Tabla 17 Espesores recomendados para pavimento rígido – Método AASHTO

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3. Diseño AASHTO en Pavimentos flexible:

El diseño que se presenta a continuación está basado en el manual “AASHTO Guide for Design of Pavement Structures” del cual se extrajeron las tablas y nomogramas a los cuales se hará referencia más adelante. Estos últimos serán adjuntados en el Anexo de la presente tesis.

Con el objeto de determinar el espesor de la carpeta asfáltica necesaria para soportar las solicitaciones a las que será sometido el pavimento, la AASHTO desarrolló la siguiente ecuación, la cual se resuelve con ayuda de nomogramas presentados en su guía.

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

#### 3.3.1. Datos para diseño:

✓ **Número de ejes equivalentes**

Este valor fue determinado la Tabla 7, con ayuda de los factores destructivos, el IMD y la tasa de crecimiento anual. Resultó 2.1E+07.

✓ **Período de diseño**

Se determinó un periodo de diseño de 20 años para el pavimento.

### ✓ Confiabilidad

Se da una confiabilidad máxima de 80 % según lo refiere la norma AASHTO.

Tipo de camino	Zona urbana	Zona rural
Rutas interestatales y autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterias principales	80 – 99	75 – 99
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 – 80

Tabla 18.-Niveles de confiabilidad para pavimento flexible

Fuente: Guía ASSHTO93

### ✓ Desviación estándar normal

Para un nivel de confiabilidad de 80%, la desviación estándar es -0.841 según la Tabla 18, en la guía AASHTO93.

Confiabilidad, $R$ , en porcentaje	Desviación estándar normal, $Z_R$
50	-0,000
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,340
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,090
99,99	-3,750

Tabla 19.- Valores de desviación estándar normal  $Z_R$  – Correspondientes a los niveles de Confiabilidad  $R$ , para pavimento Flexible

Fuente: Guía ASSHTO93



### ✓ Desviación estándar combinada o total

Como el tráfico de diseño se ha realizado en base a datos de conteos del MTC; es decir ha sido medido, la AASHTO recomienda el valor de 0.44 para pavimentos flexibles en la sección 4.3 de la página I-62.

CONDICIÓN DE DISEÑO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR ( $S_0$ )	
	Pav. rígido	Pav. flexible
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito.	0.34	0.44
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito.	0.39	0.49

Tabla 20.- Valores de desviación estándar ( $S_0$ ) para pavimento flexible - Fuente: Guía AASHTO93

### ✓ Módulo de resiliencia

Se tiene el valor de CBR de la subrasante y el valor mínimo para la sub-base y base requerido por la Norma del MTC, 60% y 100% respectivamente. Al tener estos parámetros es necesario encontrar una correlación para hallar el módulo de resiliencia. Para ello se utilizó la fórmula recomendada por el Mechanistic Empirical Pavement Design Guide (MEPDG) que figura en la guía AASHTO (2008):

$$Mr(\text{psi}) = 2.555x(\text{CBR})^{0.64}$$

El valor de CBR de la subrasante es 7% con lo que resulta un módulo de resiliencia de 8,877 psi o 61.2 MPa.

### ✓ Pérdida de serviciabilidad

Para pavimentos flexibles, el valor de serviciabilidad inicial que indica la AASHTO es de 4.2 en la página I-8.

La Serviciabilidad final recomendada por AASHTO para calles comerciales es de 2.25.

#### Índice de serviciabilidad final\*

Pt	Clasificación
3.00	Autopistas
2.50	Colectores
2.25	Calles comerciales e industriales
2.00	Calles residenciales y estacionamientos

Tabla 21.- Índice de Serviciabilidad final para pavimento flexible - Fuente : Guía ASSHTO93

Por

lo tanto, la pérdida de serviciabilidad es la diferencia entre el índice inicial y el final lo que da como resultado 2.25.

El resumen de estos parámetros es el siguiente:

Parámetro	Valor	Unidades
Número de ejes equivalentes (W18)	2.1E+07	ESAL
Período de diseño	15	años
Confiabilidad (R)	80%	
Desviación estándar normal (Zr)	-0.841	
Desviación estándar combinada o total (So)	0.44	
índice de servicialidad inicial (PSIi)	4.2	
Índice de servicialidad final (PSIf)	3	
Δ PSI	1.2	
CBR de la sub-rasante	7.0%	
Módulo de resiliencia de la subrasante (MR)	8.88	ksi

Tabla 22 Resumen de parámetros para método de la AASHTO para pavimento flexible  
Fuente: Elaboración Propia

### ✓ Diseño de la estructura del pavimento

La AASHTO presenta en su guía la siguiente fórmula para determinar el número estructural, el que es una función de los espesores de las capas, sus coeficientes estructurales y los coeficientes de drenaje:

$$SN=a_1D_1+a_2D_2m_2+a_3D_3m_3$$

Donde:

- SN = número estructural
- ai = coeficiente estructural de cada capa
- Di = espesor de cada capa
- mi = coeficiente de drenaje de cada capa

✓ **Número estructural o structural number (SN)**

Con el uso del nomograma de la Figura 3.1 de la página II-32 de la guía del AASHTO, se obtiene un valor de número estructural de diseño de 6.45.

**SN= 5.40**

✓ **Coefficientes estructurales de las capas**

Necesarios para determinar el aporte de cada capa.

Para determinar el coeficiente estructural de la carpeta asfáltica se toma en consideración la recomendación de la guía de la AASHTO, donde para pavimento asfáltico trabajado con mezcla en caliente, pero con baja calidad de producción y supervisión, el coeficiente  $a_1$  resulta 0.4.

Los resultados fueron:

<b>Capa</b>	<b>CBR</b>	<b>Coefficiente estructural (<math>a_i</math>)</b>
Carpeta asfáltica (a1)	-	0.40
Base (a2)	100%	0.14
Sub-base (a3)	60%	0.13

*Tabla 23 Coeficientes estructurales para las capas del pavimento flexible*

*Fuente: Norma AASHTO93*

## ✓ Coeficientes de drenaje (mi):

Como el suelo está sometido a saturación los componentes deben ser modificados según la norma.

Para calcular estos valores se trabaja con la Tabla 2.4 de la página II-25 de la guía de la AASHTO.

A continuación, se presentan los coeficientes de drenaje de la base y sub-base junto a los valores de CBR requeridos para ambas capas:

Capa	CBR	Coeficientes de drenaje mI
Base (m2)	100%	1.07
Sub-base (m3)	60%	1.07

*Tabla 24 Coeficientes de drenaje para las capas del pavimento flexible*

*Fuente: Norma AASHTO93*

El pavimento flexible es una estructura conformada por varias capas y debe ser diseñada acorde con esta premisa. Se debe hallar el número estructural necesario sobre la subrasante y de la misma forma el número requerido sobre la sub-base y la base. Con estos valores se pueden determinar los espesores de cada capa.

Así se tiene que los números estructurales correspondientes a cada capa son:

Capa	CBR (%)	Módulo de resiliencia MR	SNi
Subrasante (SN3)	7	8,877	5.40
Sub-base (SN2)	60	35,108	3.9
Base (SN1)	100	48,685	1.6

Tabla 25 Números estructurales de las capas del pavimento flexible

Fuente: Norma AASHTO93

Se procede a proponer diversas alternativas, estas cumplen con los requerimientos de espesores mínimos y con que el número estructural sea 5.40 mínimo. Asimismo, teniendo en cuenta el aspecto económico se sabe que el concreto asfáltico cuesta más que el material granular, por lo que es conveniente aumentar el espesor de estas capas y reducir el de la carpeta. Las distintas configuraciones se presentan en la siguiente tabla:

	Alternativa			
	1	2	3	4
Capa	Espesores (cm)			
Carpeta asfáltica	10	10	10	10
Base	20	25	30	40
Sub-base	30	45	50	60

Tabla 26 Espesores de capa obtenidos para pavimento flexible - método AASHTO

Fuente: Elaboración Propia

Se observa en la Tabla N° 26 los espesores de las capas obtenidos del cálculo. Por otro lado, la alternativa 3,4 se consideran capas altas mayores a las alternativas que la 1,2

En el capítulo de análisis de costos se verá cuál es la mejor opción ya que 3 cumplen con los requisitos estructurales.

Tomando en consideración el proceso constructivo, los espesores finales de las capas para cada alternativa son los siguientes:

	<b>Alternativa</b>			
	1	2	3	4
<b>Capa</b>	<b>Espesores (cm)</b>			
Carpeta asfáltica	10	10	10	10
Base	20	25	30	40
Sub-base	30	45	50	60

*Tabla 27 Espesores de capas recomendados para pavimento flexible – método AASHTO*

*Fuente: Elaboración Propia*

### 3.4. Estados de vía.

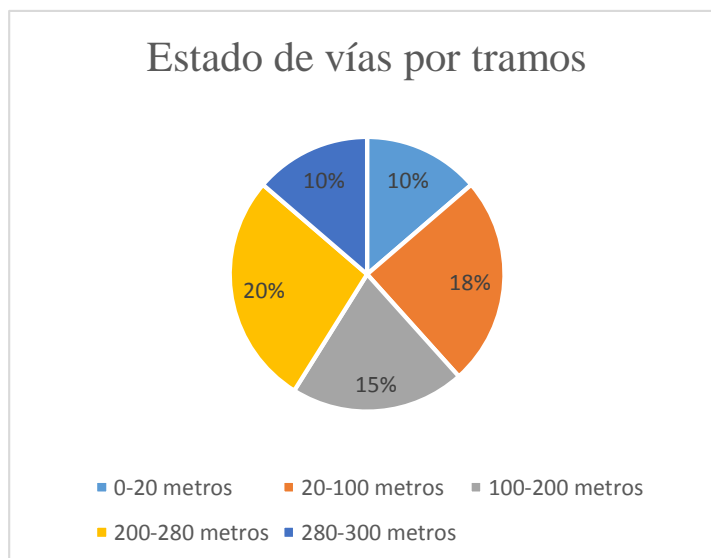
Calle Antisuyo: Longitud aproximada de 300 m.

TRAMO	TIPO DE DAÑO	Porcentaje de Daños
0-20 metros	Erosión y deformación	10%
20-100 metros	Erosión en varios puntos de la calle	18%
100-200 metros	Huecos y encallamientos	15%
200-280 metros	Cruce de agua	20%
280-300 metros	Huecos y deformación	10%

Tabla 28 Estado de vías

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 17 muestra que el 73 % de la calle presenta daños por lo tanto se calificaría en un mal estado.



Figuras 7 Estado de vías

Fuente: Elaboración Propia



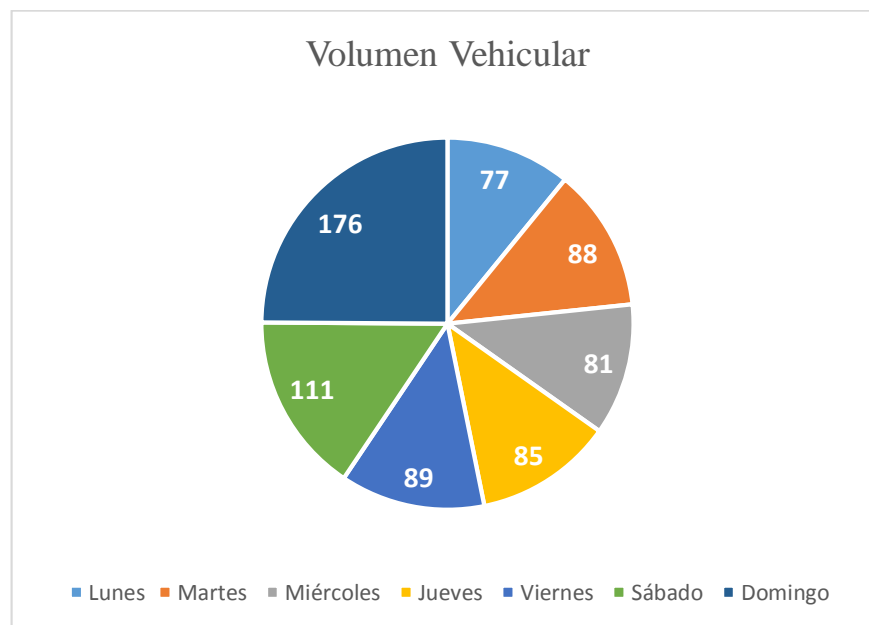
### 3.5. Diseño estructural de pavimento flexible y rígido.

#### 3.5.1. Tráfico vehicular.

Día	N° -Vehículos
Lunes	77
Martes	88
Miércoles	81
Jueves	85
Viernes	89
Sábado	111
Domingo	176
Total	706
IMDa	100.86

Tabla 29 Vehiculas por día de semana

Fuente: Elaboración Propia



Figuras 8 Volumen Vehicular

Fuente: Elaboración Propia

Tiene un IMDA de aproximadamente 100.86 veh/día.

### 3.5.2. Caracterización del suelo:

Calicata	AASHTO	Prof.	CBR	Cont. Humedad	Porcentaje en muestra (%)			Límites de consistencia(%)		
					Grav.	Arena	Fino	LL	LP	IP
Nº1	A-6(9)	0-2	7%	12.6%	0.2	16	83.8	31	19	12

Tabla 30 Caracterización del suelo extraído

Fuente: Elaboración Propia

El suelo de la sub-rasante es una arcilla de baja plasticidad, CL o A-6(9).

### 3.5.3. Espesores estimados de pavimentos.

#### 3.5.3.1. Pavimento Rígido:

Alternativa	1	2	3
Espesor de losa concreto (cm)	35	35	3
Espesor de sub base (cm)	15	30	30

Tabla 31 Estimado de espesores para pavimento rígido

Fuente: Elaboración Propia

#### 3.5.3.2. Pavimento Flexible:

Capa	Alternativa			
	1	2	3	4
	<b>Espesores (cm)</b>			
Carpeta asfáltica	10	10	10	10
Base	20	25	30	40
Sub-base	30	45	50	60

Tabla 32 Estimado de espesores para pavimento flexible

Fuente: Propia

### 3.6. Rango de transitabilidad

Se utilizará la inferencia estadística según los antecedentes en cuanto a la mejora de la transitabilidad debido a la pavimentación:

Antecedentes	Mejora
Diseño de un pavimento alternativo para la avenida circunvalación sector guacamayo 1°etapa	Pavimento más económico y transitable.
pavimentos asfálticos de alto módulo (caso de estudio; libramiento Dr. Gonzáles, N.L.)	Optimización de tiempo de circulación de vehículos y personas(Transitabilidad).
Diseño Estructural Del Pavimento Flexible Para El Anillo Vial Del Óvalo Grau – Trujillo - La Libertad	Mejora en la transitabilidad en el anillo vial.
Diseño De Los Pavimentos De La Nueva Carretera Panamericana Norte En El Tramo De Huacho A Pativilca (Km 188 A 189)	Mejora económica y transitabilidad.
Análisis Superficial De Pavimentos Flexibles Para El Mantenimiento De Vías En La Región De Puno	Tratamiento de asfalto en zonas fría para mejorar transitabilidad.

*Tabla 33 Antecedentes de mejora de transitabilidad por pavimentación*

*Fuente: Elaboración Propia*

El cuadro muestra antecedentes donde la pavimentación ha mejorado la transitabilidad.

El estado de vías de una pavimentación ya sea flexible o rígida presenta un estado actual de vías del 60-100 %. Por lo tanto, se puede inferir que la transitabilidad en la calle Antisuyo ha mejorado de un 23% a un 60%.

### 3.7. Discusión de los resultados.

De acuerdo a la investigación que ha sido dada se pudo corroborar la hipótesis que la pavimentación ha mejorado en un rango mayor al 20%, en este caso mejoro un 37% haciendo una comparación entre el estado actual de la calle y un estado vial futuro proyectado teniendo como antecedentes otras tesis de similar estudio debido a que estas también presentan una mejora en su transitabilidad debido a la presencia de pavimentos.

Los resultados de esta investigación son resultados de cálculos manuales en comparación con la investigación de diseño de pavimento haciendo el uso del software DIPAV, presente un margen de error mayor que haciendo el uso de software.

Se tuvo algunas limitaciones al momento de desarrollar esta investigación porque la zona de estudio se encuentra a 9 horas de viaje por lo cual al momento de tomar muestras de suelos puede que estas tengan un cambio de propiedades al trasladarlas de tal distancia, también en el estudio de mecánica de suelos se hizo un CBR de forma manual sin equipamientos y la toma de datos debido a la cantidad de cuerdas requiere de un numero de 5 personas a la vez para el estudio vial.

A partir de los datos de la Tabla 27 podemos darnos a la idea que la zona en estudio presenta bastantes imperfecciones en lo largo de todo su tramo por lo cual se encontraría en un mal estado.

De la tabla 28 podemos decir que el tránsito de vehículos es mayor los fines de semana, debido a que las personas suelen hacer su mercado estos días, y la calle conecta a estos pobladores con el segundo mercado más grande de esta ciudad.

De la tabla 29 se encuentra los datos de los ensayos de la mecánica de suelos, en donde se ve que el suelo presenta una gran cantidad finos en su composición por lo cual es un suelo arcilloso de baja plasticidad.

De la tabla 30 se encuentran la alternativa de espesores de pavimento rígido donde la mejor alternativa sería la primera por que presenta un menor espesor y la más económica según el anexo 14. la sub-base que es 15 cm. Y una losa de 35 cm.

De la tabla 31 se encuentra alternativas para espesores de pavimento flexible donde la mejor alternativa sería la 2 ya que tiene dimensiones menores a las demás. Y también es más económica según el anexo 15.

De la tabla 32 se encuentra antecedentes con respecto a investigación en el tema de pavimentación con lo cual se llevaría a decir que si la calle Antisuyo fuese pavimentada entonces mejoraría su fluidez en un gran porcentaje.

#### 4. CONCLUSIONES.

- a) Se logró elaborar un diseño de pavimento que mejora la transitabilidad en la calle Antisuyo como lo demuestra el ítem 3.6 de la tesis donde se concluye que la transitabilidad ha mejorado en un 37 % respecto al estado actual que se encontraba (ítem3.4) con un 23 %.
- b) Se diseñó pavimentos tanto flexibles o rígidos haciendo uso de la norma AASHTO 93 tanto en el proceso Ítem 2.3.2.4.3 como en los resultados Ítem 3.5.3
- c) Se llevó a cabo los estudios de tráfico haciendo uso de las guías de observación y según el reglamento nacional de carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Ítem 2.3.2.4.1. donde el IMDA es de 108.1 veh/día aprox. Un valor ESAL para pavimento flexibles  $2.1E+07$  y para pavimento rígido es  $3.2E+07$ .
- d) Se realizó los estudios de mecánica de suelos a partir de las muestras de estratos de una calicata haciendo uso del manual de mecánica de suelos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Anexo 9, en donde el suelo extraído dio como resultado un suelo arcilloso con baja plasticidad.
- e) Se propuso 4 alternativas de espesores de pavimento flexible o asfáltico entre la cuales la más representativa será la alternativa 2 que presenta una carpeta asfáltica de 10 cm una base de 25 cm y una sub-base de 45cm.y la más económica según el anexo 15
- f) Se propuso 3 alternativas de espesores de pavimento rígido o de concreto entre las cuales, la mejor alternativa sería la primera ya que tienes un espesor de losa de 35 cm y un espesor de sub-base de solo 15 cm. Siendo la más económica según el anexo 14

## 5. RECOMENDACIONES.

Para las entidades que tomen en cuenta esta investigación se recomienda que utilicen el mejor diseño estructural de pavimento de acuerdo a las posibilidades de la empresa ya sea construir un pavimento flexible o rígido teniendo en cuenta que esos son los espesores mínimos necesarios amparados en la norma AASHTO 93 y que la variación de estas podría incurrir en fallas ya sea a corto o largo plazo.

Para los ingenieros civiles y arquitectos que tomen en cuenta esta investigación se recomienda verificar los espesores de los tipos de pavimentos aquí expuestos haciendo el uso de software ya que estos tienen un margen menor de error y ayudarían a que los datos expuestos en esta tesis estén más acorde a la realidad con el fin de reducir fallas futuras.

Para la población que tomen en cuenta esta investigación se recomienda apoyar a las empresas constructoras encargadas de hacer la pavimentación de sus calles a fin de facilitar el buen trabajo y mejorar la calidad que con este apoyo brindaría, además de terminar las obras en los plazos ya antes determinados ayudando a mejorar no solo la estética de la calle sino también la economía de la ciudad.

Para los futuros tesisistas que tomen en cuenta esta investigación se recomienda verificar los pasos a seguir de esta tesis a fin de corroborar los datos expuestos, también sería oportuno realizar más de una calicata a fin de detallar mejor el suelo en el cual se va a pavimentar o también recurrir a otro tipo de métodos de diseños para pavimentos.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- ❖ AASHTO. (1993). DISEÑO DE PAVIMENTOS.
- ❖ QUEZADA, C. M. (2018) BASES TEORICAS PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RIGIDOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD SECTOR PUEBLO NUEVO, PROVINCIA DE JAEN, CAJAMARCA.
- ❖ ALQUIMAQ. (6 DE OCTUBRE DE 2014). LA IMPORTANCIA DE UNA BUENA PAVIMENTACIÓN. LA IMPORTANCIA DE UNA BUENA PAVIMENTACIÓN, 1-2.
- ❖ ARAKAKI, K. K. (2014). DISEÑO DE LOS PAVIMENTOS DE LA NUEVA CARRETERA PANAMERICANA NORTE EN EL TRAMO DE HUACHO A PATIVILCA (KM188 A 189). LIMA.
- ❖ FONSECA, A. M. (2002). INGENIERIA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS TOMO I. BOGOTÁ: ÁGORA.
- ❖ GALLARDO, E. W. (2015). “DISEÑO DE UN PAVIMENTO ALTERNATIVO PARA LA AVENIDA CIRCUNVALACION SECTOR GUACAMAYO 1°ETAPA”. CHILE.
- ❖ GIORDINI, C., & LEONE, D. (2015). PAVIMENTOS.
- ❖ MEDINA P., A., & DE LA CRUZ PUMA, M. (2015). EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL JR. JOSÉ GÁLVEZ DEL DISTRITO DE LINCE APLICANDO EL MÉTODO DEL PCI. LIMA.
- ❖ MIRANDA, N. S. (2016). PAVIMENTOS ASFÁLTICOS DE ALTO MODULO (CASO DE ESTUDIO; LIBRAMIENTO DR. GONZALES.N.L.). MEXICO.





- ❖ MONTEJO F, A. (2002). INGENIERIA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS. COLOMBIA: AGORA EDITORES.
  
- ❖ MTC. (2000). ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS EG-2000. LIMA.
  
- ❖ MTC. (2003). REGLAMENTO NACIONAL DE VEHÍCULOS. LIMA.
  
- ❖ MTC. (2016). MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES.
  
- ❖ PINEDA, K. H. (2015). "ANÁLISIS SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES PARA EL MANTENIMIENTO DE VIAS EN LA REGION PUNO". JULIACA.
  
- ❖ SOTO, J. A. (2015). ANÁLISIS Y DISEÑO VIAL DE LA AVENIDA MARTIR OLAYA. LIMA.
  
- ❖ VALLEJOS, S. J. (2014). DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL ANILLO VIAL DEL ÓVALO GRAU – TRUJILLO - LA LIBERTAD. TRUJILLO.

## ANEXOS

### ANEXO 1: LOCALIZACIÓN DE LA CALLE ANTISUYO



Figuras 9 Localización de la calle Antisuyo

Fuente: Plano EPS-MPJ



Figuras 10.- Calle Antisuyo, Sector Pueblo Nuevo, Jaén – Cajamarca

Fuente: Google Maps









ANEXO 2: VALIDACIÓN DE GUÍA DE OBSERVACIÓN CALICATA

GUIA DE OBSERVACION DE CALICATA		
Realizado por: _____		
Urbanización: _____	Departamento: _____	Calicata N°: _____
Fecha: _____	Ciudad: _____	
Hora: _____	Altitud: _____	
ESTRATO	PROFUNDIDAD (En metros)	DESCRIPCION
1	0 – 1	
2	1 – 2	

ANEXO 3: VALIDACIÓN DE GUÍA DE OBSERVACIÓN DE TRÁFICO VEHICULAR

**GUIA DE OBSERVACIÓN DE CLASIFICACION VEHICULAR**

Punto de control			
Sentido			
Ubicación			

Hora cada 15 minutos	Moto lineal	Moto taxi	Autos	Microbús	Camioneta rural	Camión	Ómnibus	Camioneta rural
								
6:00 – 7:00								
7:00 – 8:00								
8:00 – 9:00								
9:00 – 10:00								
10:00–11:00								
11:00-12:00								
12:00 -13:00								
13:00–14:00								
14:00 -15:00								
15:00 -16:00								
16:00–17:00								
17:00 -18:00								
18:00-19:00								
19:00-20:00								

Observaciones: \_\_\_\_\_

Registrador: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

ANEXO 4: VALIDACIÓN DE FORMULARIO POR MTC



2.4.4.2 Formulario de los daños en carreteras no pavimentadas

Las carreteras no pavimentadas se califican por sección de 500 m. Cada sección se califica para cada tipo de daño del pavimento, por el nivel de gravedad, las dimensiones y la extensión; y se registra en el Formato SIC16 – Daños en Carreteras no Pavimentadas”, mostrados a continuación:

Tabla III.39 – SIC-16

Ruta	Calzada	Faja	Ubicación Inicio		Ubicación Fin		Tipo de Daño	Longitud	Ancho	Nivel de Gravedad	Clase de Densidad	Fecha
			Código PR	Distancia	Código PR	Distancia						

<p>↑</p> <p>Código Ruta</p> <p>PE-SN PE-SS PE-3N PE-3S PE-5N PE-5S PE-02 PE-04 PE-06...</p>	<p>↑</p> <p>Código Calzada</p> <p>UC, UD, CD, A1, A2...</p>	<p>↑</p> <p>Código Faja (Siempre) 2</p>	<p>↑</p> <p>Código PR Inicio (4 dígitos)</p> <p>0000 0005 0010...</p>	<p>↑</p> <p>Distancia Inicio</p> <p>Distancia entre el PR y el punto inicial de la medición</p>	<p>↑</p> <p>Código PR Fin (4 dígitos)</p> <p>0000 0005 0010...</p>	<p>↑</p> <p>Distancia Fin</p> <p>Distancia entre el PR y el punto final de la medición</p>	<p>↑</p> <p>Tipo de daño</p> <p>01- Deformación 02- Errores 03- Huecos 04- Encalamiento 05- Lotocazal 06- Cruce de agua</p>	<p>↑</p> <p>Longitud (m)</p> <p>Longitud de Daño (2 decimales)</p>	<p>↑</p> <p>Ancho (m)</p> <p>Ancho de Daño (2 decimales)</p>	<p>↑</p> <p>Nivel de Gravedad</p> <p>1 2 3</p>	<p>↑</p> <p>Clase de Densidad</p> <p>Solo para 03 - Huecos</p> <p>1 2 3</p>	<p>↑</p> <p>Fecha</p> <p>Fecha del inventario</p>
---	---	---	---	---	--	--	---	--	--	--	---	---








ANEXO 5: GUIA DE OBSERVACION DE CALICATA

GUIA DE OBSERVACION DE CALICATA		
Realizado por: CARLOS MANUEL QUEZADA ASCATE		
Urbanización: La Colina Fecha: 13/08/18 Hora: 10 am	Departamento: Cajamarca Ciudad: Jaén Altitud: 729 m s. n. m.	Calicata N°: 1
ESTRATO	PROFUNDIDAD (En metros)	DESCRIPCION
1	0 – 1	Estrato conformado por arena fina suelta contaminada con residuos de relleno conformado por material orgánico, cierto desmonte con basura y afirmado usado posiblemente para el tránsito de vehículos.
2	1 – 2	Estrato conformado por finos con baja plasticidad y otros finos, estrato color beige pardo o amarillo oscuro.

ANEXO 6: GUIA DE OBSERVACION DE CLASIFICACION VEHICULAR

**AFOROS DE CLASIFICACION VEHICULAR**

Punto de control	Jaén -Cajamarca		
Sentido	Cuadra 3-1	Fecha:	Lunes-06/08/2018
Ubicación	Calle Antisuyo intersección Av. Pakamuros		

Hora cada 15 minutos	Moto lineal	Moto taxi	Autos	Microbús	Camioneta rural	Camión	Ómnibus	Camioneta rural
								
6:00 – 7:00	2	4	0	1	1	0	0	0
7:00 – 8:00	2	3	0	0	0	0	0	0
8:00 – 9:00	2	3	1	0	0	0	0	0
9:00 – 10:00	3	2	1	0	0	0	0	0
10:00–11:00	1	2	0	0	0	0	0	1
11:00-12:00	3	2	0	1	1	0	0	0
12:00 -13:00	2	2	1	0	0	0	0	0
13:00–14:00	3	1	0	1	0	0	0	0
14:00 -15:00	3	2	0	0	0	0	0	0
15:00 -16:00	2	3	1	0	0	0	0	0
16:00–17:00	3	2	0	1	1	1	0	0
17:00 -18:00	2	2	1	0	0	0	0	0
18:00-19:00	3	2	0	0	0	0	0	0
19:00-20:00	2	1	1	0	0	0	0	0









Observaciones: Clima 32°C

Registrador: Carlos Manuel Quezada Ascate



AFOROS Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR

Punto de control	Jaén -Cajamarca		
Sentido	Cuadra 3-1	Fecha	Martes-07/08/18
Ubicación	Calle Antisuyo intersección Av. Pakamuros		

Cada hora	Moto lineal	Moto taxi	Autos	Microbús	Camioneta rural	Camión	Ómnibus	Camioneta rural
								
6:00 - 7:00	2	2	0	0	0	0	0	0
7:00 - 8:00	2	3	0	0	0	0	0	0
8:00 - 9:00	3	2	1	0	0	0	0	0
9:00 - 10:00	4	2	0	1	0	0	0	0
10:00 - 11:00	2	3	0	0	0	1	0	1
11:00 - 12:00	4	3	1	0	1	0	0	0
12:00 - 13:00	3	4	0	0	0	0	0	0
13:00 - 14:00	2	2	0	0	0	0	0	0
14:00 - 15:00	3	2	0	0	0	1	0	0
15:00 - 16:00	4	3	1	0	1	0	0	1
16:00 - 17:00	2	4	0	1	0	0	0	0
17:00 - 18:00	3	2	0	0	0	0	0	0
18:00 - 19:00	2	3	0	0	0	0	0	0
19:00 - 20:00	3	1	0	0	0	0	0	0







Observaciones: Clima 30°C

Registrador: Carlos Manuel Quezada Ascate



**AFOROS Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR**

Punto de control	Jaén -Cajamarca		
Sentido	Cuadra 3-1	Fecha	Miércoles -08/08/18
Ubicación	Calle Antisuyo intersección Av. Pakamuros		


Cada hora	Moto lineal	Moto taxi	Autos	Microbús	Camioneta rural	Camión	Ómnibus	Camioneta rural
								
6:00 - 7:00	2	1	0	0	0	0	0	0
7:00 - 8:00	2	3	0	0	0	0	0	0
8:00 - 9:00	2	2	0	0	0	0	0	0
9:00 - 10:00	3	2	0	0	1	0	0	0
10:00 - 11:00	2	3	0	1	0	0	0	1
11:00 - 12:00	4	3	1	0	0	0	0	0
12:00 - 13:00	3	4	0	0	0	0	0	0
13:00 - 14:00	3	3	0	1	0	1	0	0
14:00 - 15:00	4	3	1	0	0	0	0	0
15:00 - 16:00	3	2	0	0	1	0	0	0
16:00 - 17:00	3	3	0	0	0	0	0	0
17:00 - 18:00	2	3	0	0	0	0	0	0
18:00 - 19:00	2	2	0	0	0	0	0	0
19:00 - 20:00	3	2	0	0	0	0	0	0

Observaciones: Clima 35°C

Registrador: Carlos Manuel Quezada Ascate

**AFOROS Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR**

Punto de control	Jaén -Cajamarca		
Sentido	Cuadra 3-1	Fecha	Jueves-09/08/18
Ubicación	Calle Antisuyo intersección Av. Pakamueros		









Cada hora	Moto lineal	Moto taxi	Autos	Microbús	Camioneta Rural	Camión	Ómnibus	Camioneta rural
								
6:00 - 7:00	3	2	0	0	0	0	0	0
7:00 - 8:00	3	3	0	0	0	0	0	0
8:00 - 9:00	3	3	0	0	0	0	0	0
9:00 - 10:00	2	2	0	1	0	0	0	0
10:00 - 11:00	3	3	1	0	0	1	0	0
11:00 - 12:00	4	2	0	0	0	0	0	1
12:00 - 13:00	2	3	0	0	0	0	0	0
13:00 - 14:00	2	4	0	0	0	0	0	0
14:00 - 15:00	2	3	0	0	1	0	0	0
15:00 - 16:00	4	3	1	0	0	0	0	0
16:00 - 17:00	2	4	0	0	0	0	0	0
17:00 - 18:00	3	3	0	0	0	0	0	0
18:00 - 19:00	2	3	0	0	0	0	0	0
19:00 - 20:00	3	2	0	0	0	0	0	0

Observaciones: Clima 28°C

Registrador: Carlos Manuel Quezada Ascate

**AFOROS Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR**

Punto de control	Jaén -Cajamarca		
Sentido	Cuadra 3-1	Fecha	Viernes-10/08/18
Ubicación	Calle Antisuyo intersección Av. Pakamuros		









Cada hora	Moto lineal	Moto taxi	Autos	Microbús	Camioneta rural	Camión	Ómnibus	Camioneta rural
								
6:00 - 7:00	3	2	0	0	0	0	0	0
7:00 - 8:00	3	2	0	0	0	0	0	0
8:00 - 9:00	3	3	2	0	0	0	0	0
9:00 - 10:00	3	4	0	0	0	0	0	1
10:00 - 11:00	2	2	0	0	0	1	0	0
11:00 - 12:00	4	3	0	1	0	0	0	0
12:00 - 13:00	3	3	0	0	0	0	0	0
13:00 - 14:00	4	3	0	0	0	0	0	0
14:00 - 15:00	2	4	1	0	0	0	0	0
15:00 - 16:00	3	2	0	1	0	0	0	0
16:00 - 17:00	3	3	0	0	1	0	0	0
17:00 - 18:00	3	4	0	0	0	0	0	0
18:00 - 19:00	3	3	0	0	0	0	0	0
19:00 - 20:00	2	2	0	0	0	0	0	0

Observaciones: Clima 31°C

Registrador: Carlos Manuel Quezada Ascate

**AFOROS Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR**

Punto de control	Jaén -Cajamarca		
Sentido	Cuadra 3-1	Fecha	Sabado-11/08/18
Ubicación	Calle Antisuyo intersección Av. Pakamueros		

Cada hora	Moto lineal	Moto taxi	Autos	Microbús	Camioneta rural	Camión	Ómnibus	Camioneta rural
								
6:00 - 7:00	3	2	0	0	0	0	0	0
7:00 - 8:00	3	3	0	0	0	0	0	0
8:00 - 9:00	4	3	1	1	0	0	0	0
9:00 - 10:00	3	4	0	0	0	1	0	0
10:00 - 11:00	4	3	0	0	0	0	0	1
11:00 - 12:00	5	4	1	0	0	0	0	0
12:00 - 13:00	4	4	0	1	0	0	0	0
13:00 - 14:00	4	3	0	0	0	0	0	0
14:00 - 15:00	5	4	1	0	0	0	0	0
15:00 - 16:00	3	5	0	0	0	0	0	0
16:00 - 17:00	4	2	0	0	1	0	0	0
17:00 - 18:00	3	2	0	0	0	0	0	0
18:00 - 19:00	3	3	1	0	0	0	0	0
19:00 - 20:00	3	2	0	0	0	0	0	0

Observaciones: Clima 30°C

Registrador: Carlos Manuel Quezada Ascate

AFOROS Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR

Punto de control	Jaén -Cajamarca		
Sentido	Cuadra 3-1	Fecha	Domingo-12/08/18
Ubicación	Calle Antisuyo intersección Av. Pakamueros		

Cada hora	Moto lineal	Moto taxi	Autos	Microbús	Camioneta rural	Camión	Ómnibus	Camioneta rural
								
6:00 - 7:00	4	3	0	0	0	0	0	0
7:00 - 8:00	4	7	0	0	0	0	0	0
8:00 - 9:00	8	4	0	0	0	0	0	0
9:00 - 10:00	6	4	1	1	1	0	0	0
10:00 - 11:00	8	9	0	0	0	0	0	1
11:00 - 12:00	9	8	1	0	0	1	0	0
12:00 - 13:00	8	7	0	1	0	0	0	0
13:00 - 14:00	6	5	0	0	0	0	0	0
14:00 - 15:00	8	8	2	0	0	0	0	0
15:00 - 16:00	5	3	0	0	1	0	0	0
16:00 - 17:00	7	4	0	0	0	0	0	0
17:00 - 18:00	4	6	1	0	0	0	0	0
18:00 - 19:00	4	4	0	0	0	0	0	0
19:00 - 20:00	6	7	0	0	0	0	0	0

Observaciones: Clima 32°C

Registrador: Carlos Manuel Quezada Ascate

### ANEXO 7: FORMULARIO DE DAÑO DE CARRETERAS

Ruta	Calzada	Faja	Ubicación inicio		Ubicación fin		Tipo de daño	Longitud	Ancho	Nivel de gravedad	Clase de densidad	Fecha
			Código PR	Distancia	Código PR	Distancia						
0-20 metros	-	-	-	0	-	20	Erosión y deformación	20	4	10%	-	09/08/18
20 - 100 metros	-	-	-	20	-	100	Erosión en varios puntos de la calle	80	6.5	18%	-	09/08/18
100 - 200 metros	-	-	-	100	-	200	Huecos y encallamientos	100	3	15%	-	09/08/18
200 - 280 metros	-	-	-	200	-	280	Cruce de agua	80	1	20%	-	09/08/18
280 -300 metros	-	-	-	280	-	300	Huecos y deformación	20	4	10%	-	09/08/18

ANEXO 8: MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TÍTULO: DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS EN LA CALLE ANTISUYO-SECTOR PUEBLO NUEVO, PROVINCIA DE JAÉN - REGIÓN CAJAMARCA PERÚ 2018**

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>¿Cuál es el diseño estructural de pavimento flexible o rígido que mejora la Calle Antisuyo?</p> <p>La calle Antisuyo actualmente tiene muchos problemas debido a la falta de pavimentaciones, tales como: La transitabilidad de carros y peatones, inundaciones que dañan construcciones, cultivos y originan lodo además de traer pequeños desperdicios de basura de la parte alta de la ciudad, contaminación por los niveles de polvo en suspensión por lo cual requiere un diseño de pavimento que ayude a mejorar la calidad de vida mejore la imagen de esta parte de la ciudad.</p>	<p><u>1.Objetivos generales:</u> Elaborar un diseño de pavimento flexible y rígido que mejorará la calle Antisuyo sector pueblo Nuevo- Provincia de Jaén, región Cajamarca-Perú 2017.</p> <p><u>2.Objetivos específicos:</u> -Diseñar los pavimentos que más se adecuen para así evitar futuras fallas que puedan presentarse en su vida útil mediante la metodología AASHTO 93. -Realizar el conteo vehicular. -Realizar los estudios de Mecánica de Suelos. -Proponer los espesores del pavimento flexible. -Proponer los espesores de pavimento rígidos.</p>	<p>1.Antecedentes Internacionales (GALLARDO, 2015), en su tesis “Diseño de un pavimento alternativo para la avenida circunvalación sector guacamayo 1°etapa”. (MIRANDA, 2016), en su tesis “pavimentos asfálticos de alto modulo (caso de estudio; libramiento Dr. Gonzáles, N.L.)”</p> <p>2.Antecedentes Nacionales (Vallejos, 2014), en su tesis: “Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del óvalo Grau – Trujillo - La Libertad” (Arakaki, 2014), en su tesis: “Diseño de los pavimentos de la nueva carretera panamericana norte en el tramo de Huacho a Pativilca (km 188 a 189)” (PINEDA, 2015), en su tesis: "Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la región de puno” (MEDINA PALACIOS &amp; DE LA CRUZ PUMA, 2015), en su tesis: “Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI”</p>	<p><u>1.Hipótesis General:</u> El uso de pavimentos mejorara la calle y su transitabilidad en un rango del 20%.</p>	<p><u>1 Diseño estructural de pavimentos flexibles y rígidos</u></p>	<p><u>1.Diseño de Investigación:</u> Esta investigación pertenece al diseño No experimental – Descriptiva.</p> <p><u>2.Unidad de estudio:</u> La presente investigación tiene como unidad de estudio el número de “viviendas” beneficiadas con esta investigación.</p> <p><u>3.Población:</u> Calle Antisuyo-(Cuadra 2 y3), Sector Pueblo Nuevo- Provincia de Jaén. Región Cajamarca-Perú.</p> <p><u>4.Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos</u> Se usará la OBSERVACIÓN como técnica de recolección de datos y se usará la GUÍA DE OBSERVACIÓN como instrumento.</p>

Tabla 34 Matriz de Consistencia – Fuente Propia



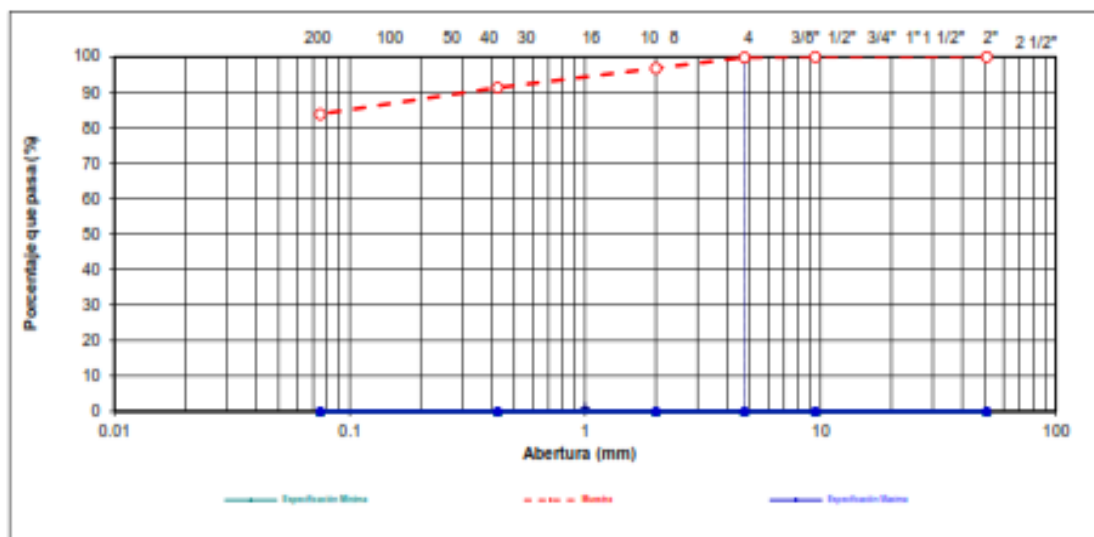
ANEXO 9: ENSAYO DE GRANULOMETRIA

	<b>ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO</b>		
	(NORMA MTC E-107, E-108 AASHTO T-27, ASTM D422)		
<b>PROYECTO:</b> DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RIGIDOS EN LA CALLE ANTISUYO - SECTOR PUEBLO NUEVO, PROVINCIA JAEN, REGION CAJAMARCA.			
<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 13/05/2018	<b>FECHA DE ENSAYO:</b> 14/05/2018	<b>TIPO DE MATERIAL:</b> SUBRASANTE	

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	SUBRASANTE	TAMANO MAXIMO	: 3/8"
PROF. (m)	1.50 m	Peso inicial seco	: 1030 g
		Peso lavado seco	: 400.0 g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
2 1/2"	75.200				100.0	Contenido de Humedad (%): 12.6
2"	50.800		0.0	0.0	100.0	Límite Líquido (LL): 31
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	100.0	Límite Plástico (LP): 19
1"	25.400	0	0.0	0.0	100.0	Índice Plástico (IP): 12
3/4"	19.000	0	0.0	0.0	100.0	Clasificación (SUCS): CL
1/2"	12.500	0	0.0	0.0	100.0	Clasificación (AASHTO): A-6
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	Índice de Grupo: (9)
Nº 4	4.750	2	0.2	0.2	99.8	Descripción ( SUCS ): Arcilla de baja plasticidad con arena
Nº 8	2.360	0	0.0	0.2	99.8	
Nº 10	2.000	23	3.1	3.3	96.7	
Nº 16	1.190	0	0.0	3.3	96.7	
Nº 20	0.840	0	0.0	3.3	96.7	
Nº 30	0.600	0	0.0	3.3	96.7	OBSERVACIONES : Grava 2" - Nº 4 : 0.2 Arena Nº4 - Nº 200 : 16.0 Finos < Nº 200 : 83.8
Nº 40	0.425	41	5.5	8.7	91.3	
Nº 50	0.300	0	0.0	8.7	91.3	
Nº 60	0.177	0	0.0	8.7	91.3	
Nº 100	0.150	0	0.0	8.7	91.3	
Nº 200	0.075	56	7.5	16.2	83.8	
< Nº 200	FONDO	630.0	83.8	100.0	0.0	


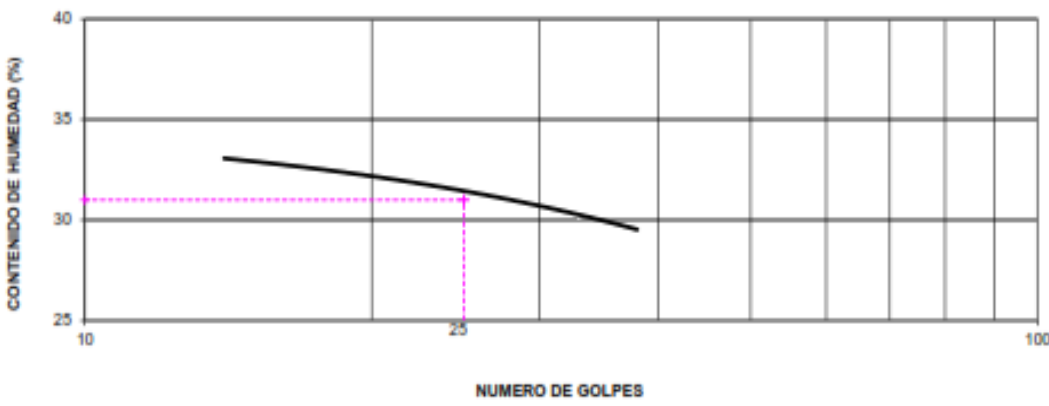
CURVA GRANULOMETRICA



Carlos Segundo Rojas  
 C.E.R.E.N.T.I.




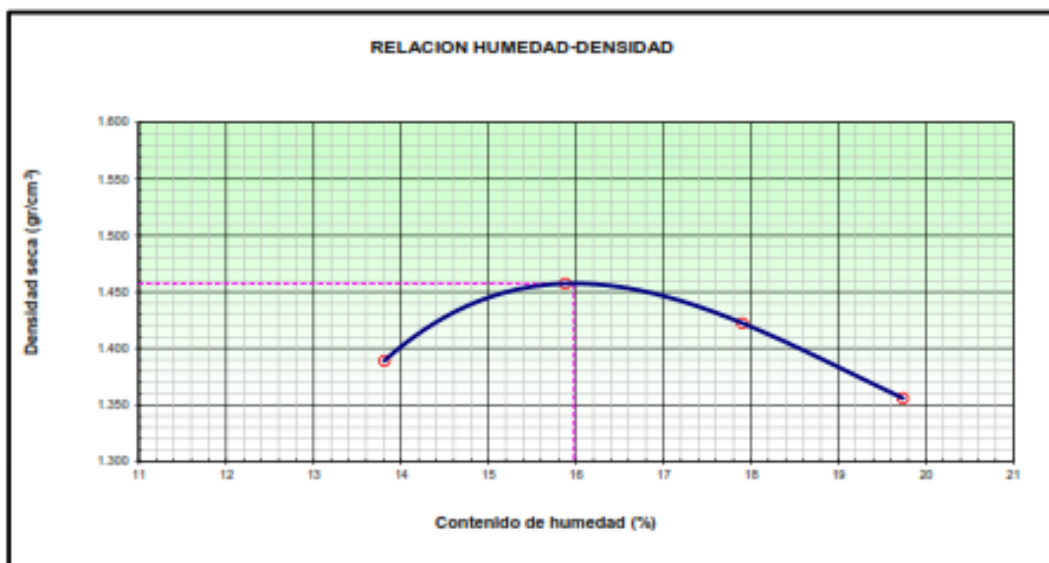
ANEXO 10: LIMITES DE CONSISTENCIA

		LIMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40										
		(NORMA MTC E-110, E-111, AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)										
PROYECTO:	DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RIGIDOS EN LA CALLE ANTISUYO - SECTOR PUEBLO NUEVO, PROVINCIA JAEN, REGION CAJAMARCA.											
FECHA DE MUESTREO:	13/05/2018	FECHA DE ENSAYO:	14/05/2018	TIPO DE MATERIAL:	SUBRASANTE							
DATOS DE LA MUESTRA												
MUESTRA	SUBRASANTE			TAMAÑO MAXIMO : N° 40								
PROF. (m)	1.50 m - Respecto al nivel de la subrasante del proyecto											
LIMITE LIQUIDO												
N° TARRO		2	5	8								
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		35.00	34.56	30.35								
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		29.10	28.90	25.90								
PESO DE AGUA (g)		5.90	5.66	4.45								
PESO DEL TARRO (g)		11.14	10.90	11.23								
PESO DEL SUELO SECO (g)		17.96	18.00	14.67								
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		32.85	31.44	30.33								
NUMERO DE GOLPES		16	24	33								
LIMITE PLASTICO												
N° TARRO		1	3									
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		16.14	17.02									
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		14.23	14.96									
PESO DE AGUA (g)		1.9	2.1									
PESO DEL TARRO (g)		4.33	4.33									
PESO DEL SUELO SECO (g)		9.9	10.6									
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		19.3	19.4									
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES												
												
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LIMITE LIQUIDO</td> <td>31</td> </tr> <tr> <td>LIMITE PLASTICO</td> <td>19</td> </tr> <tr> <td>INDICE DE PLASTICIDAD</td> <td>12</td> </tr> </tbody> </table>					CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA		LIMITE LIQUIDO	31	LIMITE PLASTICO	19	INDICE DE PLASTICIDAD	12
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA												
LIMITE LIQUIDO	31											
LIMITE PLASTICO	19											
INDICE DE PLASTICIDAD	12											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>OBSERVACIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Muestra tomada en la calicata N° 1</td> </tr> <tr> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> </tr> </tbody> </table>					OBSERVACIONES	Muestra tomada en la calicata N° 1						
OBSERVACIONES												
Muestra tomada en la calicata N° 1												

  
**CROSLAB E.I.R.L.**  
 Calle Region de Tarma - Tarma  
 GERENTE

ANEXO 11.- ENSAYO DE PROCTOR

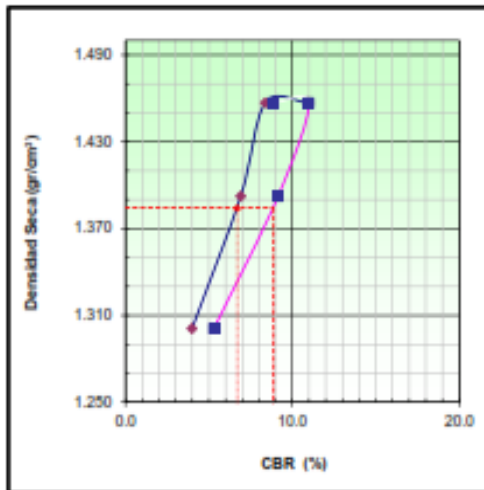
		ENSAYO PROCTOR MODIFICADO			
		(NORMA MTC-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)			
PROYECTO:	DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RIGIDOS EN LA CALLE ANTISUYO - SECTOR PUEBLO NUEVO, PROVINCIA JAEN, REGION CAJAMARCA.				
FECHA DE MUESTREO:	13/05/2019	FECHA DE ENSAYO:	15/05/2019	TIPO DE MATERIAL:	SUBRASANTE
DATOS DE LA MUESTRA					
CALICATA	Nº1	CLASF. (SUCS) :	CL		
MUESTRA	SUBRASANTE	CLASF. (AASHTO) :	A - 6 (B)		
PROF. (m)	1.50m				
METODO DE COMPACTACION :	A	FECHA DE ENSAYO:	15/05/2019		
Peso suelo + molde	gr	5610.00	5711.00	5700.00	5650.00
Peso molde	gr	4132.00	4132.00	4132.00	4132.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	1478.00	1579.00	1568.00	1518.00
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	935.00	935.00	935.00	935.00
Peso volumétrico húmedo	qr	1.58	1.69	1.68	1.62
Recipiente Nº		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo+tara	gr	665.00	680.00	660.00	664.00
Peso del suelo seco + tara	qr	599.00	603.00	578.00	573.00
Tara	gr	121.00	118.00	120.00	112.00
Peso de agua	gr	66.00	77.00	82.00	91.00
Peso del suelo seco	qr	478.00	485.00	458.00	461.00
Contenido de agua	%	13.81	15.88	17.90	19.74
Peso volumétrico seco	qr/cm <sup>3</sup>	1.389	1.457	1.422	1.356
Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )					1.457
Humedad óptima (%)					16.0





ANEXO 13.- ENSAYO DE C.B.R

	<b>RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)</b>		
	(NORMA MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D 1553)		
PROYECTO:	DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RIGIDOS EN LA CALLE ANTISUYO - SECTOR PUEBLO NUEVO, PROVINCIA JAEN, REGION CAJAMARCA.		
FECHA DE MUESTREO:	13/06/2018	FECHA DE ENSAYO:	19/06/2018
		TIPO DE MATERIAL:	SUBRASANTE
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			
CALICATA:	Nº1		
MUESTRA:	SUBRASANTE	CLASF. (SUCS)	: CL
PROFUNDIDAD:	1.50 m	CLASF. (AASHTO)	: A-6 (9)



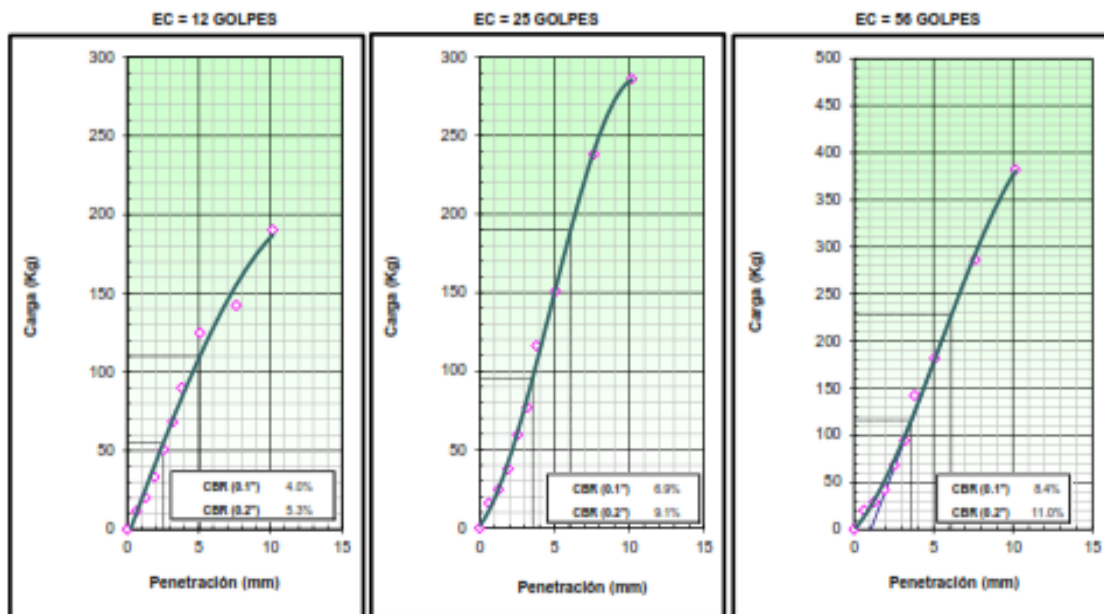
METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557  
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.457  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 16.0  
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.385  
 DENSIDAD INSITU (g/cm3) : 1.457

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.2": 11	0.1": 6
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.2": 9	0.1": 7

**OBSERVACIONES:**

**RESULTADOS:**

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S.	=	6 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.	=	7 %



ANEXO 14.- ESTIMACION DE COSTO DEL PAVIMENTO RIGIDO



Figuras 11.- Pavimento Rígido

Fuente: México. Ing. Claudio Giordini e Ing. Diego Leone. PAVIMENTOS. Cátedra de Ingeniería Civil

<b>AREA:</b>	3,380	M2
--------------	-------	----

	UNIDAD	1	2	3
<b>CONCRETO</b>	cm	0.35	0.35	0.35
<b>BASE</b>	cm	0.15	0.30	0.40

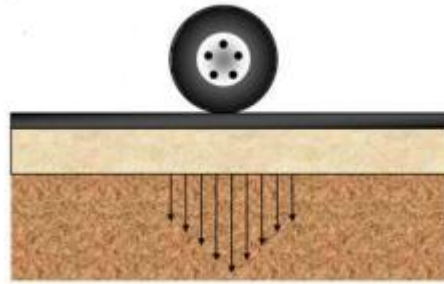
	UNIDAD	1	2	3
<b>CONCRETO</b>	M <sup>3</sup>	1,183	1,183	1,183
<b>BASE</b>	M <sup>3</sup>	507	1,014	1,352

	UNIDAD	C.U.	1	2	3
<b>CONCRETO</b>	M <sup>3</sup>	S/. 520.00	S/. 615,160.00	S/. 615,160.00	S/. 615,160.00
<b>BASE</b>	M <sup>3</sup>	S/. 70.00	S/. 35,490.00	S/. 70,980.00	S/. 94,640.00

**COSTO DIRECTO**

	S/. 650,650.00	S/. 686,140.00	S/. 709,800.00
--	----------------	----------------	----------------

ANEXO 15.- ESTIMACION DE COSTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE



Figuras 12.- Pavimento Flexible

Fuente: México. Ing. Claudio Giordini e Ing. Diego Leone. PAVIMENTOS. Cátedra de Ingeniería Civil.

AREA:	3,380	M2
-------	-------	----

	UNIDAD	1 (cm)	2 (cm)	3 (cm)	4 (cm)
ASFALTO	M3	0.10	0.10	0.10	0.10
BASE	M3	0.20	0.25	0.30	0.40
SUB BASE	M3	0.30	0.45	0.50	0.60

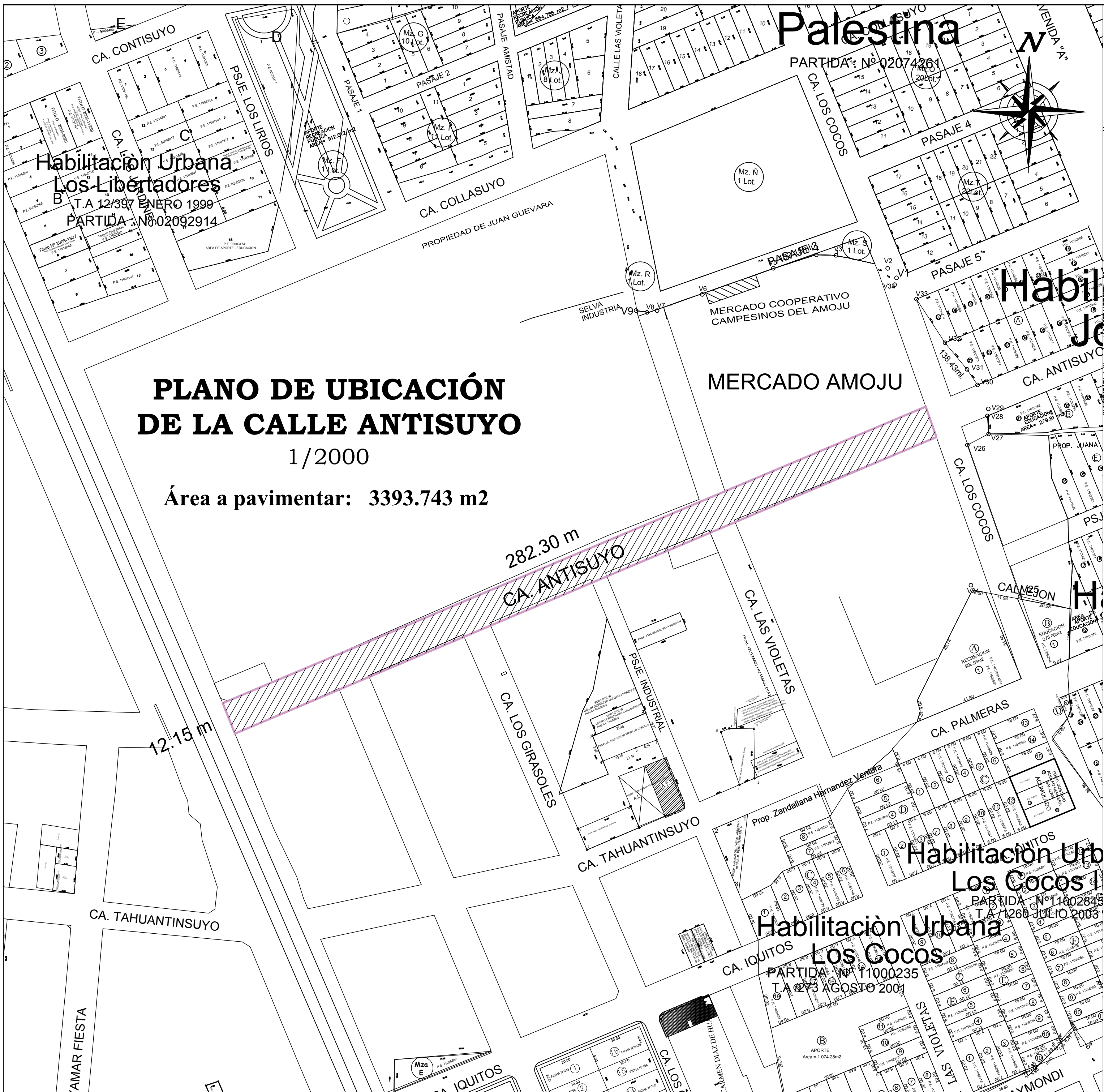
	UNIDAD	1	2	3	4
ASFALTO	M3	338	338	338	338
BASE	M3	676	845	1014	1352
SUB BASE	M3	1014	1521	1690	2028

	UNIDAD	C.U.	1	2	3	4
ASFALTO	M3	S/. 480.00	S/. 162,240.00	S/. 162,240.00	S/. 162,240.00	S/. 162,240.00
BASE	M3	S/. 70.00	S/. 47,320.00	S/. 59,150.00	S/. 70,980.00	S/. 94,640.00
SUB BASE	M3	S/. 55.00	S/. 55,770.00	S/. 83,655.00	S/. 92,950.00	S/. 111,540.00

COSTO DIRECTO

S/. 265,330.00	S/. 305,045.00	S/. 326,170.00	S/. 368,420.00
----------------	----------------	----------------	----------------





**PLANO DE UBICACIÓN  
DE LA CALLE ANTISUYO**

1/2000

Área a pavimentar: 3393.743 m<sup>2</sup>



**PLANO DE LOCALIZACIÓN**

ESCALA 1/10000

TESIS: <b>DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS EN LA CALLE ANTISUYO - SECTOR PUEBLO NUEVO, PROVINCIA DE JAÉN, REGIÓN CAJAMARCA - PERÚ 2018</b>			
		PLANO: <b>LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN CALLE ANTISUYO</b>	
UBICACION: REGION : CAJAMARCA PROVINCIA : JAÉN SECTOR : PUEBLO NUEVO CALLE : ANTISUYO	AUTOR: <b>Bach. Carlos Manuel Quezada Ascate</b>  ASESOR: <b>Ing. Josualdo C. Villar Quiroz</b>	PLANO: <b>U-01</b>	
DIBUJO CAD: Carlos Quezada	ESCALA: INDICADA	FECHA: MAYO 2019	







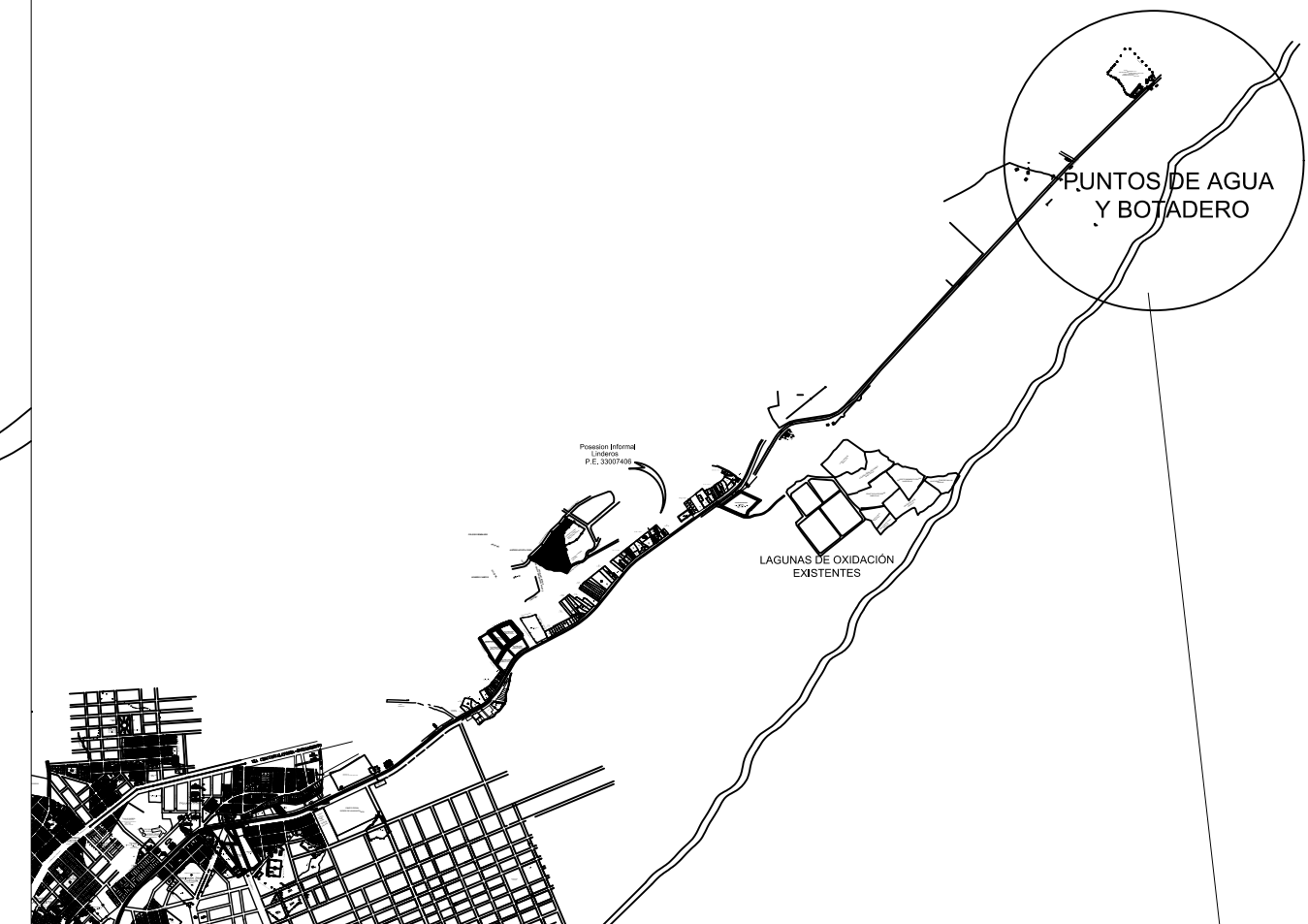
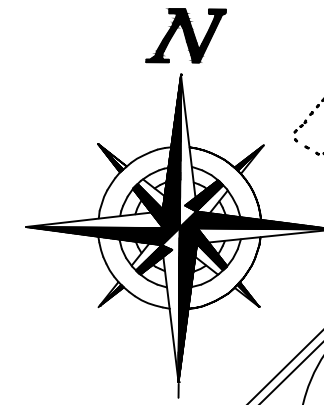
# PLANO DE UBICACIÓN DE PUNTOS DE AGUA Y BOTADERO

1/5000

Posesion Informal  
Linderos  
P.E. 33007406

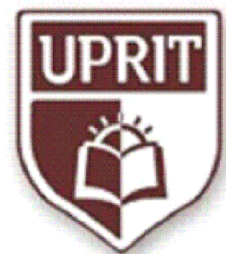
LAGUNAS DE OXIDACIÓN  
EXISTENTES

PUNTOS  
DE AGUA Y  
BOTADERO



# PLANO DE LOCALIZACIÓN PUNTOS DE AGUA Y BOTADERO

ESCALA 1/10000

TESIS: <b>DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS EN LA CALLE ANTISUYO - SECTOR PUEBLO NUEVO, PROVINCIA DE JAÉN, REGIÓN CAJAMARCA - PERÚ 2018</b>			
 <b>UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO</b>	PLANO: <b>LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN DE PUNTOS DE AGUA Y BOTADERO</b>		
	UBICACION: REGION : CAJAMARCA PROVINCIA : JAÉN SECTOR : PUEBLO NUEVO CALLE : ANTISUYO	AUTOR: <b>Bach. Carlos Manuel Quezada Ascate</b>	PLANO: <b>U-03</b>
	ASESOR: <b>Ing. Josualdo C. Villar Quiroz</b>		
	DIBUJO CAD: Carlos Quezada	ESCALA: INDICADA	FECHA: MAYO 2019