

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MÉTODO AASHTO  
93 PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL  
CAMINO VECINAL, TRAMO RÍO SECO – LÍMITE CALANA,  
DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA – 2019”**

**PARA OPTAR:**

**TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. LUIS MARLON CHIPANA JIMENEZ**

**Bach. SPENCER DAVID PARI JIMENEZ**

**TACNA – PERÚ**

**2021**

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**“DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MÉTODO AASHTO  
93 PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL  
CAMINO VECINAL, TRAMO RÍO SECO – LÍMITE CALANA,  
DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA – 2019”**

**Tesis sustentada y aprobada el 04 del 2021; estando el jurado  
calificador integrado por:**

**PRESIDENTE: Mtra. DINA MARLENE COTRADO FLORES**

**SECRETARIO: Mag. MARTÍN PAUCARA ROJAS**

**VOCAL: Mtro. ROLANDO GONZALO SALAZAR CALDERÓN JUÁREZ**

**ASESOR: Mag. PEDRO VALERIO MAQUERA CRUZ**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo Luis Marlon Chipana Jimenez, en calidad de bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 00451125.

Declaramos bajo juramento:

1. Soy autor de la tesis titulada:  
“Diseño de pavimento flexible por método AASHTO 93 para mejorar la transitabilidad vial en el camino vecinal, tramo Rio Seco – Limite Calana, Distrito de Pocollay, Tacna – 2019”  
La misma que presentamos para optar:  
El título profesional de Ingeniero Civil.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente, asumo frente a la Universidad Privada de Tacna cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a la Universidad Privada de Tacna y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionarse, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrarse como causa del trabajo presentado; asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 04 octubre del 2021.

Bach. LUIS MARLON CHIPANA JIMENEZ

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Luis Marlon Chipana Jimenez', written over a horizontal line.

DNI: 00451125

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo Spencer David Pari Jimenez, en calidad de bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 44681878.

Declaramos bajo juramento:

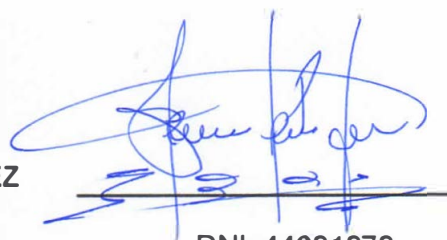
1. Soy autor de la tesis titulada:  
"Diseño de pavimento flexible por método AASHTO 93 para mejorar la transitabilidad vial en el camino vecinal, tramo Rio Seco – Limite Calana, Distrito de Pocollay, Tacna – 2019"  
La misma que presentamos para optar:  
El título profesional de Ingeniero Civil.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente, asumo frente a la Universidad Privada de Tacna cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a la Universidad Privada de Tacna y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionarse, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrarse como causa del trabajo presentado; asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 04 de Octubre del 2021

Bach. SPENCER DAVID PARI JIMENEZ



DNI: 44681878

## DEDICATORIA

Dedicado a mis padres que en donde estén velan y guían mis pasos.

También al buen amigo que en todo momento esta para ayudar y apoyar,

Bach. LUIS MARLON CHIPANA JIMENEZ

## **DEDICATORIA**

A mis padres que siempre me apoyaron en los buenos y malos momentos, para continuar con mis estudios.

A mi esposa y a mi hija por darme inspiración para desarrollar la presente tesis.

Bach. SPENCER DAVID PARI JIMENEZ



## **AGRADECIMIENTO**

A los docentes de la universidad privada de Tacna que forjaron en nosotros cada uno de nuestros conocimientos en el desarrollo de la ingeniería civil.

A los seres que dejaron huellas y ya no están con nosotros.

Los autores.

## ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DEL JURADO.....	ii
DECLARACIÓN JURADAD DE ORIGINALIDAD.....	iii
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	ix
ÍNDICE GENERAL.....	x
ÍNDICE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT .....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.1. Descripción Del Problema .....	3
1.2. Formulación Del Problema .....	5
1.2.1. Problema General .....	5
1.2.2. Problemas Específicos .....	5
1.3. Justificación E Importancia .....	5
1.4. Objetivos .....	6
1.4.1. Objetivo General .....	6
1.4.2. Objetivos Específicos .....	6
1.5. Hipótesis .....	6
1.5.1. Hipótesis Genera .....	6
1.5.2. Hipótesis Específicas .....	6
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Antecedentes Del Estudio .....	7
2.1.1. Antecedentes Nacionales .....	7
2.2. Bases Teóricas: .....	10
2.2.1. Aforo Vehicular: Índice Medio Diario.....	10
2.2.2. Estudio De Tráfico .....	10

2.2.3.Cálculo Del Tráfico Medio Diario Semanal.....	14
2.2.4.Factor De Corrección Estacional.....	14
2.2.5.Índice Medio Diario Anual (Imda).....	15
2.2.6.Tasa De Crecimiento Y Proyección De Tránsito .....	16
2.2.7.Esal De Diseño: Ejes Simples De Carga Equivalente .....	19
2.2.8.Número De Repeticiones De Ejes Equivalentes .....	20
2.2.9.Esal De Diseño (N Rep. Ee Esal).....	22
2.2.10.Caminos Pavimentados .....	23
2.2.11.CBR: California Bearing Ratio: Relación de Soporte de California.....	23
2.2.12.Pavimento Flexible.....	24
2.2.13.Parámetros De Diseño.....	24
2.2.14.Método De Diseño. ....	24
2.2.15.Variables De Entrada.....	25
2.2.16.Nivel De Confiabilidad (R).....	25
2.2.17.Desviación Normal Estándar (Zr).....	26
2.2.18.Desviación Estándar Del Sistema (So) .....	27
2.2.19.Nivel De Serviciabilidad ( $\Delta$ Psi).....	27
2.2.20.Materiales Para El Diseño.....	27
2.2.21.Módulo Resiliente De La Subrasante (Mr).....	28
2.2.22.Coeficientes Estructurales De Los Materiales .....	28
2.2.23.Concreto Asfáltico.....	28
2.2.24.Base Granulares.....	29
2.2.25.Subbase Granular.....	29
2.2.26.Coeficiente De Drenaje(Mi).....	30
2.2.27.Determinación De Espesores.....	31
2.2.28.Transitabilidad .....	32
2.2.29.Serviciabilidad.....	32
2.2.30.Datos Necesarios Para El Diseño .....	33
2.2.31.Estudios De Mecánica De Suelos .....	33
2.2.32.Caracterización De La Sub Rasante .....	34
2.2.33.Ensayo De Granulometría.....	34
2.2.34.Límites Atterberg.....	34
2.2.35.Índice De Grupo.....	35
2.2.36.Clasificación De Suelos Por Los Métodos Sucs Y Aashto.....	36
2.2.37.Ensayo De Compactación Proctor Modificado .....	37
2.2.38.Ensayo De Valor De Soporte De California (Cbr).....	38
2.2.39.Estudios Hidrológicos Y Pluviométricos .....	39

2.2.40.Estudio De Canteras Y Fuentes De Agua .....	39
2.3.Definición De Términos.....	39
3.CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....	41
3.1.Tipo Y Diseño De La Investigación .....	41
3.2.Población Y/O Muestra De Estudio.....	42
3.2.1.Población .....	42
3.2.2.Muestra: .....	42
3.3.Operacionalización De Variables .....	42
3.4.Técnicas E Instrumentos Para La Recolección De Datos .....	42
3.4.1.Plan De Recolección De Datos .....	43
3.4.2.Materiales E Instrumentos .....	44
3.4.3.Validez Y Confiabilidad Del Instrumento .....	44
3.5.Procesamiento Y Análisis De Datos.....	44
4.CAPÍTULO IV: RESULTADOS .....	45
4.1.Desarrollo De Aforo Vehicular: Índice Medio Diario. (Imd) .....	45
4.2.Índice Medio Diario Anual: .....	46
4.3.estimación Del Tránsito A Futuro .....	47
4.4.Esal De Diseño (N Rep. Ee Esal).....	49
4.5.Tránsito De Diseño .....	51
4.6.Estudio De Mecánica De Suelos.....	53
4.7.Diseño De Pavimento Flexible .....	53
4.8.Datos De Entrada .....	55
4.9.Diseño De La Estructura Del Pavimento.....	55
5.CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	57
5.1.Discusión .....	57
CONCLUSIONES.....	58
RECOMENDACIONES.....	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
ANEXOS .....	63

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de vehículos según el manual del SGC de PVN .....	11
Tabla 2. Factor de corrección promedio para vehículos pesados (2010-2015) ....	14
Tabla 3. Factor de corrección promedio para vehículos livianos (2010-2015) .....	14
Tabla 4. Tasa crecimiento anual de la población .....	16
Tabla 5. Relación de cargas por eje .....	26
Tabla 6. Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes .....	28
Tabla 7. Periodo de análisis y diseño .....	24
Tabla 8. Niveles recomendados de Confiabilidad .....	30
"Tabla 9. Valores de desviación normal estándar" .....	30
Tabla 10. Valores recomendados para a desviación estándar (So) .....	32
Tabla 11. Tabla de capacidad de drenaje .....	35
Tabla 12. Valores sugeridos para el drenaje mi .....	36
Tabla 13. Clasificación de serviciabilidad .....	36
Tabla 14. Clasificación del suelo según su índice de plasticidad .....	37
Tabla 15. Clasificación del suelo según su índice de grupo .....	38
Tabla 16. Correlación de tipos de suelos AASHTO – SUCS .....	41
Tabla 17. Categorías de sub rasante .....	42
Tabla 18. Cuadro de diseño de la investigación .....	45
Tabla 19. Cuadro de variables .....	45
Tabla 20. Conteo Vehicular de 7 días .....	46
Tabla 21. Índice Medio Diario anual .....	48
Tabla 22. Proyección para 20 años .....	50
Tabla 23. Resultados de Granulometría .....	51
Tabla 24. Resultados del ensayo CBR .....	52
Tabla 25. Resumen de parámetros de diseño .....	53
Tabla 26. Ecuación acuación AASHTO 93 – cálculo de número estructural (sn) ..	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tasa crecimiento anual del PBI regional .....	18
Figura 2. Configuración de ejes .....	20
Figura 3. Determinación del coeficiente estructural $a_1$ .....	28
Figura 4. Abaco para calcular el coeficiente estructural $a$ .....	29
Figura 5. Abaco para calcular el coeficiente estructural $a_3$ .....	29
Figura 6. Corte de pavimento flexible por (Lozano, 2015) .....	31
Figura 7. Número de calicatas para exploraciones de suelos .....	32
Figura 8. Clasificación de suelos según tamaño de partículas .....	32
Figura 9. Clasificación de los suelos basada AASHTO M 145 y/o ASTM 3282 ....	33
Figura 10. Realización de las siguientes acciones y/o actividades .....	43
Figura 11. Numero de repeticiones por eje .....	50
Figura 12. Ecuación acuación AASHTO 93 – cálculo de número estructural (sn) ..	55

## RESUMEN

La presente investigación tiene como razón principal realizar un pavimento flexible aplicando la metodología "AASHTO 93", el cual ayudara a mejorar la transitabilidad vial en el camino vecinal el cual comprende el tramo del río seco hasta el límite con Calana. Para el cual se evaluó e identifico el flujo vehicular y peatonal en el camino vecinal, tramo río seco. Con la recolección de datos mediante el método del Índice Medio Diario (IMD), se determinó que el IMD semanal es 114 y el IMD anual es 153, concluyendo que para el año 2039 se incrementara en un 62,09% con respecto al año base; del mismo modo se realizaron los ensayos del Proctor Modificado Método "A" y el ensayo de CBR para obtener las características del suelo, obteniendo como resultados un CBR del 12% y un Proctor Modificado de 1,836% e de 11,0% gr/cm<sup>3</sup> respectivamente. Finalmente, con los resultados obtenidos se obtiene que será factible el diseño de un pavimento flexible en el camino vecinal en el tramo del río seco ubicado en el Distrito de Pocollay de la ciudad de Tacna.

**Palabras clave:** Pavimento, IMD, AASHTO 93, Proctor Modificado, CBR.

## ABSTRACT

The main objective of this thesis was to determine that the design of flexible pavement using the AASHTO 93 method will improve road passability on the neighborhood road, section Rio Seco - Calana limit, Pocollay district, Tacna. The sections to be evaluated according to their passability were also determined, and the levels of road passability in the neighborhood road, dry river section were identified. The methodology carried out in this work had as an instrument of data collection the Daily Average Index (IMD) method to carry out the vehicle capacity of the neighboring road, dry river section, these data being necessary to develop the annual IMD for the design of flexible pavement by the AASHTO 93 method. In the same way, data on the characteristics of the soil were analyzed through the Proctor Modified Method "A" tests and the CBR test. The results obtained during this study propose that it will be feasible to carry out the execution of flexible pavement on the neighborhood road, dry river section, Pocollay in the city of Tacna.

**Key words:** Pavement, traffic, aashto93, asphalt binder.



## INTRODUCCIÓN

En el Perú el sistema de transportes continúa siendo un factor determinante en el crecimiento cultural, financiero y social del país, por lo cual, es fundamental contar con una adecuada red vial, el cual permite que existan conexiones seguras y eficaces en las diferentes vías que unen las regiones, pueblos y distritos entre sí, colaborando de esta forma con el continuo progreso de cada región del país.

En la provincia de Tacna el desarrollo de una red vial eficiente la cual llegue a satisfacer las necesidades de los pobladores y conductores es lejana, ya que al día de hoy existen varios centros poblados que no cuentan con vías pavimentadas que cumplan las especificaciones técnicas mínimas para un eficiente tránsito. En el sector de Pocollay de la ciudad de Tacna, específicamente en el sector Peschay- Sobraya; tiene una vía cuya forma corresponde a una trocha carrozable en mal estado de transitabilidad, lo cual perjudica el servicio de transporte de los pobladores de la zona, afectando colateralmente en el desarrollo socio económico de los residentes. Debido al incremento poblacional y vehicular de la zona de estudio se han producido accidentes ya que la carretera aún no es la adecuada.

La presente investigación tiene por objetivo el determinar el indicador de tráfico diario (IMD) que va por la trocha, y la cantidad de cargas igualitarias que soportará la carretera dentro de su tiempo de vida útil. En el tema del IMD de la pista, su cálculo nos permite clasificar el camino para el “método Aashto 93” del mismo, y así poder hacer el método de pavimento flexible, que permitirá la obtención del ESAL para finalmente realizar el diseño del pavimento y así mejorar la transitabilidad vial en el tramo río seco del distrito de Pocollay. Es necesario tener en cuenta que el incremento poblacional y vehicular de la zona de estudio, también tienen una relación directa en los accidentes de tránsito vehicular y peatonal, debido a que la transitabilidad de la carretera aún no es la más conveniente.

Considerando que una adecuada y eficaz red de vías indispensable para la mejora del país y la comodidad de la población, es pertinente realizar el presente trabajo de investigación el cual esta titulada: *“Diseño de pavimento flexible por método AASHTO 93 para mejorar la transitabilidad vial en el camino vecinal, tramo río seco – límite Calana, distrito de Pocollay – Tacna – 2019”*.

## CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Descripción del problema

La zona de estudio, es una zona agrícola – agroindustrial y turística cuya población presenta necesidades básicas insatisfechas (NBI), entre ellas el servicio de agua potable y alcantarillado, así como el de una infraestructura vial adecuada.

La vía que utilizan los pobladores de la zona para desplazarse a diferentes puntos de la ciudad, presenta características de trocha carrozable, con una longitud de 2 Km, topografía ondulada, con una pendiente que va de 0.268 % a 3.761 %, un ancho de calzada entre 3.5 a 4 m y aceleración direccional de 20 Km/h. El tipo de elementos de superficie que este constituido predominantemente por grava gruesa, su superficie presenta baches, encalaminado y erosión, lo que obliga a que los vehículos transiten con dificultad y a baja velocidad. Asimismo, cuenta con 05 plazoletas de paso ubicadas en las progresivas 0+350.00, 0+680.00, 1+300.00, 1+640.00 y 1+820.00.

En la progresiva 1+640.00 se observa una zona de botadero lo cual genera un impacto ambiental negativo. En la progresiva 0+639.965 encontramos una curva peligrosa y en la progresiva 0+040.00 se generan inundaciones producto de la actividad agrícola que se desarrolla en la zona.

Para que los pobladores de la zona puedan movilizarse lo realizan mediante vehículos particulares como taxis o moto taxi que prestan este servicio a la población a un costo mayor. No existe transporte público que haga servicio permanente al sector, lo que dificulta el traslado de los pasajeros y de carga. Para los conductores tanto públicos como privados el estado de la vía les representa un costo de operación vehicular alto y deterioro de sus unidades vehiculares, incomodidad que es compartida con los pobladores de la zona independientemente de la actividad a la que se dedican.

La dificultad en el transporte afecta en el traslado de productos agrícolas a los centros de abastos de la ciudad; ya que restringe la actividad industrial y turística, por lo cual los turistas optan por elegir otras zonas del mismo distrito que cuentan con una infraestructura vial y por ende un mejor servicio de transporte.

## 1.2. Formulación del Problema

### 1.2.1. Problema General

¿De qué manera el diseño de pavimento flexible mejorará la transitabilidad vial en el Camino Vecinal, tramo: Río seco – Límite Calana, Distrito de Pocollay – Tacna – 2019?

### 1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el nivel de transitabilidad vial en el camino vecinal?
- ¿En cuál de los tramos del camino vecinal se evalúa mejor la transitabilidad vial?
- ¿Cómo podrá el diseño de pavimento flexible mejorar la transitabilidad?

## 1.3. Justificación e Importancia

La presente tesis se justifica debido a que permitirá mejorar de manera considerable la vida de los pobladores del área estudiada, ya que se mejorará la transitabilidad vial en el camino vecinal del tramo del río seco en el distrito de Pocollay de la ciudad de Tacna. Las condiciones de tránsito vehicular, peatonal y urbano serán mejoradas sustancialmente, siendo los pobladores del sector los más beneficiados y a su vez disminuirán su tiempo de viaje, así como los de accidentes de tránsito. De la misma manera se justifica académicamente, ya que el desarrollo de la presente investigación permitirá la aplicación de procedimientos, metodologías y conocimientos adquiridos a través de los años de formación académica, ya que esta investigación fue realizada siguiendo todas las normas y estándares técnicos pertinentes.

Por estas razones se considera de suma importancia la realización de la presente investigación titulada “*Diseño de pavimento flexible por método AASHTO 93 para mejorar la transitabilidad vial en el camino vecinal, tramo río seco – límite Calana, distrito de ‘Pocollay – Tacna – 2019’*”.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Determinar el Diseño de Pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vial en el camino vecinal, tramo: Rio Seco – limite Calana, distrito de Pocollay – Tacna – 2019.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Identificar el nivel de transitabilidad vial en el camino vecinal.
- Determinar en cuál de los tramos se evalúa mejor la transitabilidad en el camino vecinal.
- Analizar Cómo podrá el diseño de pavimento flexible mejorar la transitabilidad.

## **1.5. Hipótesis**

### **1.5.1. Hipótesis General**

El diseño de pavimento flexible mejora significativamente la transitabilidad vial en el Camino Vecinal, tramo: Río seco – Límite Calana, Distrito de Pocollay – Tacna – 2019.

### **1.5.2. Hipótesis Específicas**

- El nivel de transitabilidad vial en el camino vecinal es deficiente.
- El tramo I (Puente Sobraya ingreso) a evaluar su transitabilidad presenta mayor deficiencia.
- El diseño de pavimento flexible mejora significativamente la transitabilidad vial.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 1.6. Antecedentes del estudio

#### 1.6.1. Antecedentes nacionales

Bernilla y Cubas (2015) llevaron a cabo un estudio en el cual sostienen que la investigación se refiere al diseño de "Pavimento Rígido" basado en los estudios de mecánica de suelos y estudios topográficos de terreno con el fin de mejorar el tránsito de peatones y vehículos del sector. El diseño de la investigación fue no experimental y la población se conformó por la delimitación geográfica de Distrito de Pucará, comprometiendo las calles de Mariscal Castilla y Miguel Grau de dicha localidad. Para la clasificación de los suelos ensayados en el laboratorio se tuvo en cuenta la norma AASHTO M 145, que es el método para la clasificación de suelos para uso en vías de transporte. Una vez realizados todos los estudios y análisis de resultados se pudo determinar que el diseño de pavimento rígido y veredas mejorará sustancialmente la transitabilidad vehicular y peatonal del sector. Además, se evidenció la relevancia del uso del empleo del pavimento rígido para lograr el avance integral del Sector III en el distrito de Pucará, logrando así el mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores de la zona de estudio.

Ramos (2019) efectuaron labores en campo y laboratorio comprendidas por excavaciones, ensayos estándar de análisis granulométricos, ensayos de CBR, y ensayo Químico. La metodología AASHTO 93 se realizó para el análisis de diseño del pavimento mixto. La recomendación final del estudio fue la de un espesor de carpeta asfáltica de 5 centímetros, una base de veinte centímetros de granito y finalmente una losa de concreto de resistencia  $210\text{kg/cm}^2$ .

Manayay Rivas y Mudarra Vilca (2018) llevaron a cabo una investigación aplicando la metodología AASHTO 93", en la cual señalan que el caos vehicular por carencia de una buena pavimentación es un problema muy frecuente y grave en la ciudad de Trujillo y probablemente en todo el Perú.

Este estudio tuvo como objetivo mejorar la situación de la Av. Aeropuerto, y así optimizar los tiempos en los recorridos de los vehículos y también evitar y/o

disminuir los accidentes de tránsito teniendo en cuenta que por esta Avenida diariamente cientos de turistas nacionales e internacionales transitan. Según la metodología AASHTO 93 Se realizó un estudio de transitabilidad vial que abarcó los puntos a realizar el diseño del pavimento flexible, así como el diseño de señalización vial y el diseño geométrico.

Briceño y Narcizo (2019) realizaron una investigación la cual tuvo como finalidad el diseño de la estructura del pavimento flexible por las metodologías AASHTO y la del Instituto del Asfalto (IA), contemplando sus variables de diseño y procedimientos estipulados en sus guías. Primero se realizó un levantamiento topográfico, seguidamente, con la finalidad de definir algunas variables en el diseño y espesores de capas se realizó un estudio de suelos con fines de pavimentación, y finalmente se compararon los diseños para así elegir que alternativa será la que ofrezca mejores resultados en el sector estudiado. Se presentaron para la elaboración de diseños la metodología del instituto del Asfalto y la metodología AASHTO, ambos resultados en un contexto con propiedades mecánicas definidas, pudiendo aplicarse a realidades con similares propiedades mecánicas.

Medina (2019) ejecutaron un estudio que comprendía levantamiento topográfico, reconocimiento del terreno, recopilación de información, estudios de suelo y diseños geométricos, concluyendo que por su poco tránsito y velocidad directriz la vía corresponde a una carretera de 3ra clase, con pendientes pronunciadas a lo largo del tramo total, cumpliendo así con las especificaciones de la DG-2014; además, agregó que la carretera debe en un futuro contar con un ancho de cuatro metros de plataforma para dos carriles, y que en su construcción se deberán realizar movimientos de tierras y nivelaciones para luego agregar una capa de material granular , y un espesor de no menos de 20 centímetros.

Ramírez y Trinidad (2019) desarrollaron un estudio sobre el terreno y la aplicación de teorías, normas de topografía, impacto ambiental, mecánica de suelos, morteros e investigación hidrológica, que permitieron así contar con el estudio definitivo del tramo. Según los estudios de laboratorios de suelos para dicho tramo la dosificación fue de 75 % hormigón grava cantera y 25 % ligante cantera Trancayacu, con un periodo de diseño de 10 años, y un mantenimiento periódico. en cunetas que incluyeron encofrados y juntas asfálticas de una pulgada de espesor; del mismo modo se instaló una alcantarilla modelo TMC de 36 pulgadas de diámetro, y 16 alcantarillas TMC de 48 pulgadas de diámetro,

tres alcantarillas también de la TMC de setenta y dos pulgadas de diámetro, y la construcción de un pontón de 5 ml.

Sosa (2018) realizó una investigación en la cual promueve la renovación vial de la Avenida Cuzco del distrito Mi Perú, en la provincia del Callao. El objetivo principal en esta tesis fue el de mejorar la transitabilidad vial y también el de analizar las actividades de conservación vial y elaborar un inventario de daños, así como el modelo de señalización vial. El método denominado Índice de Condición de Pavimentos se utilizó para la recolección de datos, así como también el ensayo de lavado asfáltico para obtención del correcto porcentaje de asfalto que contiene la carpeta asfáltica. Según los resultados que se obtuvieron se pudo concluir que para el 1er tramo se deberá ejecutar fresado al pavimento, y así incrementar su espesor a 2 pulgadas, y para el tramo segundo se requerirá un sello asfáltico con un espesor de 6mm sobre el pavimento existente, con el fin de corregir desgastes ya existentes y evitar así un deterioro prematuro a futuro.

Lozano (2015) elaboró un estudio investigativo, en el cual tuvo como prioridad el mejorar la calidad de vida de los pobladores residentes de Nuevo Chimbote, a través de la ejecución de obras de pavimentación, donde es relevante que se cuente con un diseño óptimo de las estructuras del pavimento flexible en la H.U.P. la que se conseguirá mejorar a través de la aplicación de los métodos AASHTO y del instituto del asfalto. Tras la obtención de los resultados que se obtuvieron por los métodos AASHTO y del instituto del asfalto, se pudo determinar que el más adecuado diseño deberá tener un espesor total de 11,5 agregando además una capa de concreto asfáltico de 2 , una como una capa de base granular de 5,5 , y una capa de sub-base granular de 4 pulgadas.

## **1.7. BASES TEÓRICAS:**

### **1.7.1. Aforo vehicular: Índice Medio Diario**

Es la representación del promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, presumible o que exista en una determinada sección de vía. Los resultados dan de manera cuantitativa una idea de la importancia de la vía en la sección vial tomada en cuenta y a su vez permite que se realicen los cálculos de económicos de factibilidad.

Los valores de IMDA para carretera, proporcionan información necesaria para la determinación las características para el diseño de una carretera, clasificación y el desarrollo pertinente de programas de mejoramiento y mantención.

La IMDA es utilizada básicamente para planear: proyecciones viales, programas para acondicionar pavimentos, determinar tendencias en el uso vial, así como también características geométricas generales, estudios del medio ambiente, iluminación y señalizaciones entre otros.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2018)

### **1.7.2. Estudio de Tráfico**

Un aspecto de vital relevancia para el diseño es determinar de manera correcta el flujo vehicular, y así saber exactamente qué tipo de vehículos son los que transitan por el área deseada y estos estudios se rigen por el reglamento de vehículos nacional.

Por otra parte, una vez que se ha obtenido toda la información, se precisa la estimación de la tasa de crecimiento por año, para así poder proyectar a futuro cual será el estimado de flujo vehicular a mediano y largo plazo.

Cada característica física y proporciones de distintos vehículos que circulan son considerados claves. Es por esto que se deben clasificar los vehículos por grupos y tamaños dentro de cada grupo, y así obtener un tamaño que represente a cada grupo para su correcto estudio. Dimensión, peso y características especiales de operatividad se utilizarán para fundamentar nuevos criterios para diseñar las futuras carreteras.



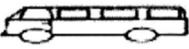

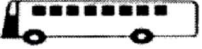



Conforme al reglamento Nacional de vehículos, los vehículos ligeros se consideran aquellos que corresponden a las categorías L , vehículos con menos de 4 ruedas, y los vehículos M1 ,vehículos de 4 ruedas, que son dedicados a transportar pasajeros con hasta ocho asientos o menos.

Se consideran vehículos pesados a: “las categorías M (vehículos automotores de cuatro ruedas diseñados para el transporte de pasajeros, excepto la M1), N (vehículos automotores de cuatro ruedas o más, diseñados y contruidos para el transporte de mercaderías), O (remolques y semirremolques) y S (combinados especiales de los M, N y O)”. En la tabla 1 se muestran los Tipos de vehículos según el manual del SGC de PVN.

*Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2014)*







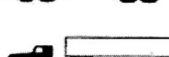




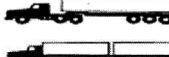
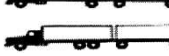
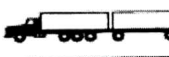
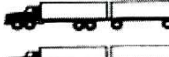
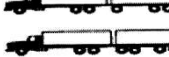





**Tabla 1***Tipos de vehículos según el manual del SGC de PVN*

Cód.	Definiciones	Modelos	Nº de Ejes	PBV ML TM	Diagramas	Símbolos
	<i>Auto</i>					
AU	Vehículo motorizado de 4 ruedas. Transporte de personas. Tiene hasta 6 asientos.	Automóvil	02			AU
		Autos. W.	02			AU
		Pick Up	02			CM
CM	<i>Camioneta</i> Vehículo motorizado de 4 ruedas. Transporta personas y/o carga	Sub Urbana	02			CM
		Panel	02			CM
		Otros	02		Ambulancia, patrullero	CM
		Camioneta Rural (Combi)	02			CR
CR	Vehículo motorizado para transporte de pasajeros. De 7 a 12 asientos.					
	Vehículo motorizado para transporte de pasajeros. De 13 a 30 asientos.					
MB	Microbús	Microbús	02			MB
		B2	02	18		B2
	Vehículo motorizado para transporte de pasajeros. Tiene más de 30 asientos.	B3	03	25		B3
B	Bus convencional y bus articulado.	B4	04	32		B3
		BA	04	36		B3

*Nota.* Tomado de MTC (2014)

**Tabla 1** (continua)

Tipos de vehículos según el manual del SGC de PVN

Cód.	Definiciones	Modelos	Nº de Ejes	PBV ML TM	Diagramas	Símbolos	
C	<i>Camión Simple</i>	C2 ch	02	9 (*)		C2 ch	
	Vehículo motorizado auto propulsado para transporte de carga. Su peso bruto (PBV) es igual o mayor a las 04 TM C2ch: camión pequeño con 2 ejes y 6 ruedas	C2 ch	02	18		C2 gr	
	(aros #16) PB <= 9ton C2gr: Camión grande con 2 ejes y 6 ruedas (aros #20, 22.5	C3	03	25		C3	
	v/o 24.5). PB > 9 ton	C4	04	32		C3	
	También se incluye Cargador Frontal, motoniveladora, tractor agrícola y Rodillo, con el símbolo C2gr.	8 X 4	04	32		C3	
		2S1	03	29		2S2	
		2S2	04	36		2S2	
		2S3	05	43		2S3	
		3S1	04	36		3S2	
		3S2	05	43		3S2	
		3S3	06	48		3S3	
	A	Vehículos acopiados, siendo uno de ellos motorizados.	2T2	04	40		2T2
			3T2	05	47		3T2
a) Semitrayer (S) → Tractor camión más semirremolque		4T2	06	48		3T2	
		4T2	06	48		3T2	
b) Trayler (T) → Camión simple más Remolque.		3T3	06	48		3t3	
		3T4	07	48		3T3	
		4T3	07	48		3T3	
		4T3	07	48		3T3	

Nota. Tomado de MTC (2014)

## Resultados Obtenidos

De los conteos obtenidos en el tramo y selección vehicular en campo, se procedió contabilizar los datos obtenidos. En la tabla n°18 se resume la clasificación día a día, el recuento de tráfico, y la selección diaria para cada sentido y total de cada sentido.

En el anexo n°03 se presentan los resultados de tránsito vehicular las cuales se realizaron a cabo en el tramo en estudio.

## Cálculo Del Tráfico Medio Diario Semanal

El pondera de tránsito Diario Semanal (IMDS), se tiene a partir del tránsito diario registrado en la cuenta vehicular, aplicando la siguiente formula:

$$IMD_s = \sum \frac{V_i}{7} \times \text{Conteo de 7 dias} \quad (1)$$

$IMD_s$  = Indicie Medio Semanal.

$V_i$  = Volumen Vehicular diario durante 7 días de conteo.

## Factor de corrección estacional

El volumen de Tránsito al no ser uniforme tiene variaciones a cada hora y día, dependiendo también del mes y estación del año, así como también con factores climatológicos.

Al aplicar el factor de corrección (Fc), se da por objeto anular el factor de estación que involucra movimientos de carga de los pasajeros. En la tabla 2 se muestra el Factor de corrección promedio para vehículos pesados (2010-2016) y en la tabla 3 se muestra el Factor de corrección ponderado para vehículos livianos.

**Tabla 2**

Factores de corrección de vehículos pesados por unidad -Promedio (2010-2016)

Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Tomasiri	0,971	0,921	1,022	1,068	1,057	1,073	1,064	1,005	0,964	0,998	0,998	0,838	1.000

*Nota.* Tomado de Unidades Peaje OGPP (2016)**Tabla 3**

Factores de corrección de vehículos ligeros por unidad -Promedio (2010-2016)

Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Tomasiri	00,986	00,916	10,063	1,084	1,103	1,093	1,036	0,997	0,901	1,036	1,044	0,776	1.000

*Nota.* Tomado de Unidades Peaje PVN (2016)**1.7.5. Índice Medio Diario Anual (IMDa)**

A través de los datos que se obtuvieron por medio de la recolección de datos de censo vehicular de selección, y la encuesta Origen-Destino se afirmaron y procesaron en forma de Excel, comprobando la cantidad de tráfico por forma de vehículo, hora y dirección a fin de clasificar y luego digitalarlos.

Una vez alcanzados los resultados de volumen promedio por tipo de vehículo, sentido de ruta, se calcula la clasificación vehicular, variaciones horarias, índice medio semanal, anual hora y sentido se calcula la variación horaria,

clasificación vehicular, Índice Medio Diario semanal (IMDs) y el Índice Medio Diario Anual (IMDa) a través de la fórmula siguiente:

$$IMD_a = FC \times IMD_s \quad (2)$$

$IMD_a$	=	Índice Medio Diario Anual
$IMD_s$	=	Índice Medio Diario Semanal
$FC$	=	Factor de Crecimiento Estacional

### 1.7.6. Tasa de Crecimiento y Proyección de Tránsito

Se puede calcular el crecimiento de tránsito usando una Formula simple:

$$T_n = T_o(1 + r)^{n-1} \quad (3)$$

Donde:

$T_n$	=	Tránsito proyectado al año “n”
$T_o$	=	Tránsito actual en veh/día
$N$	=	Años de periodo diseño
$r$	=	Tasa anual de Crecimiento del tránsito

Podría haber variaciones en estas tasas si existieran estudios de desarrollo específicos por implementarse.

Según el Manual de Diseño Geométrico del MTC (2014), menciona lo siguiente: “La proyección debe también dividirse en dos partes. Una proyección para vehículos de pasajeros que crecerá aproximadamente al ritmo de la tasa de crecimiento de la población y una proyección de vehículos de carga que crecerá aproximadamente con la tasa de crecimiento de la economía. Ambos índices de crecimiento correspondientes a la región que normalmente cuenta con datos estadísticos de estas tendencias”.

$$Fca = \frac{(1+r)^n - 1}{r} \quad (4)$$

Dónde:

r = Tasa anual de crecimiento socio económico

n = Años del período de diseño

En la Tabla 4, se muestra la tasa de crecimiento anual de la población, con el cual se usa el criterio para seleccionar la tasa anual de crecimiento(r) y el periodo de análisis en años.

**Tabla 4**

*Tasa crecimiento anual de la población*

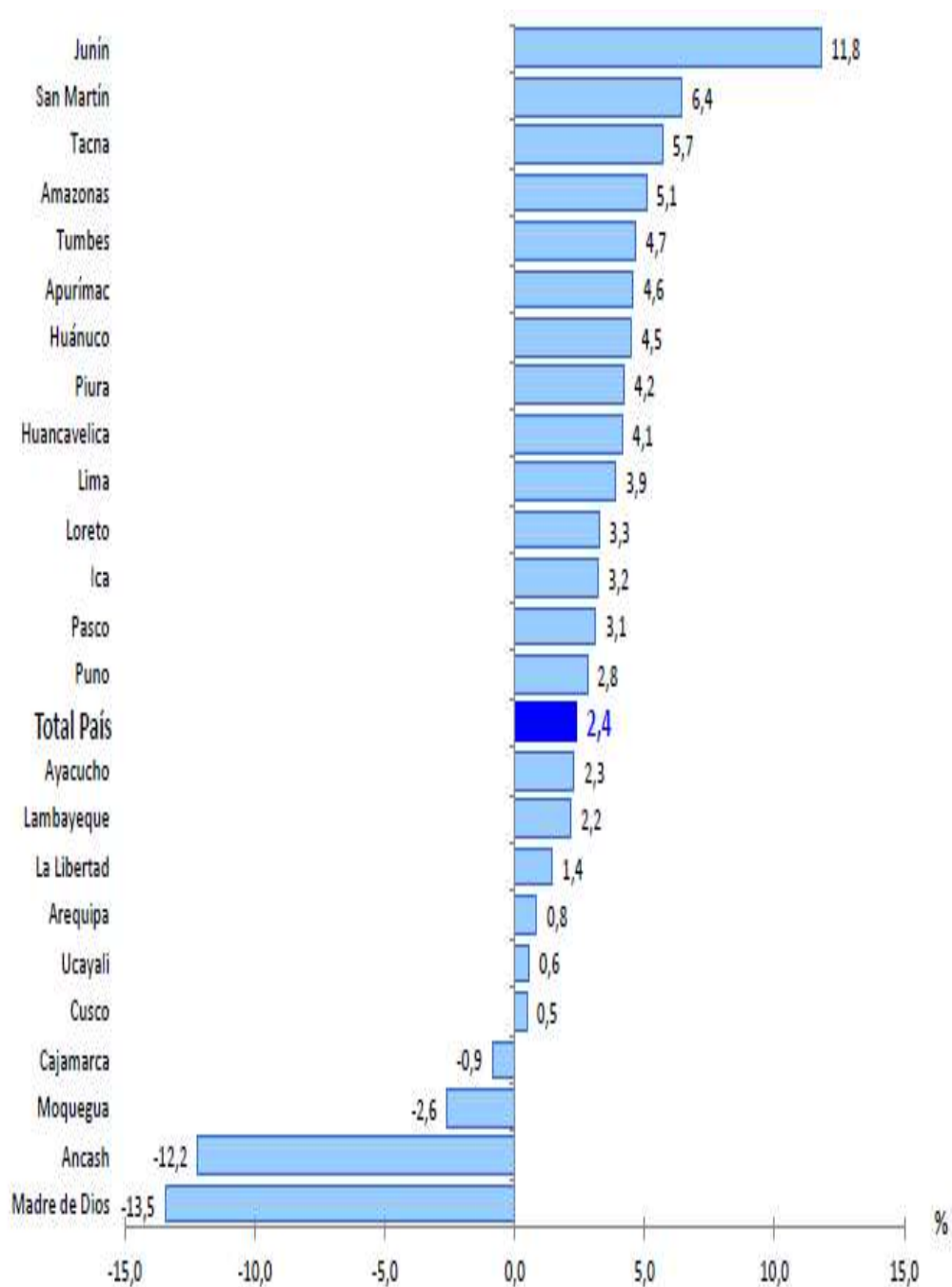
Departamento	Años			
	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015
Peru	1,70	1,60	1,50	1,30
<i>Costa</i>				
Callao	2,60	2,30	2,10	1,80
Ica	1,70	1,50	1,30	1,20
La libertad	1,80	1,70	1,50	1,30
Lima	1,90	1,70	1,50	1,30
Moquegua	1,70	1,60	1,40	1,30
Piura	1,30	1,20	1,10	0,90
Tacna	3,00	2,70	2,40	2,10
Tumbes	2,80	2,60	2,30	2,00
<i>Sierra</i>				
Ancash	1,00	0,90	0,80	0,70
Apurimac	0,90	1,00	1,00	1,00
Arequipa	1,80	1,70	1,50	1,30
Ayacucho	0,10	0,30	0,40	0,40
Cajamarca	1,20	1,20	1,10	0,90
Cusco	1,20	1,20	1,10	1,00
Huancavelica	0,90	1,00	0,90	0,90
Huanuco	2,00	1,80	1,70	1,60
Junin	1,20	1,20	1,00	0,90
Pasco	0,40	0,60	0,50	0,40
Puno	1,20	1,20	1,10	1,00
<i>Selva</i>				
Amazonas	1,90	1,80	1,70	1,50
Loreto	2,50	2,20	2,00	1,90
Madre de dios	3,30	2,92	2,60	2,30
San Martin	3,70	3,30	2,90	2,60
Ucayali	3,70	3,30	2,90	2,50

*Nota.* Tomado de INEI (2014)

En la figura 1, se muestra tasa crecimiento anual del PBI regional.

**Figura 1**

*Tasa crecimiento anual del PBI regional por (INEI, 2014)*



*Nota. Tomado de INEI 2014*

### 1.7.7. Esal de Diseño: Ejes Simples De Carga Equivalente

Los pavimentos son diseñados en función del efecto del daño que se produce por el paso de un eje con una carga determinada, y para que resistan una cierta cantidad de números de cargas aplicadas durante la vida útil de la misma, y el tránsito de tipo mixto estará conformado por vehículos de distintos números de ejes y pesos, y se les denomina ESAL.

El efecto de las cargas que son transmitidos por los vehículos hacia el son un factor de diseño con mucha variabilidad. "Cualquier observador, por más inexperto que sea en el área de pavimentos, no puede dejar de notar que por una sección dada de pavimento circulan diariamente un sinnúmero de tipos de vehículos, y un mayor número de tipos de carga: observará para un mismo tipo de camión que algunos circularán vacíos, otros cargados con cemento, otros con cerveza, otros con materiales de Construcción"; además la condición de variabilidad que se ha descrito, se repetirá para cada distinto tipo de camión sobre la vía.

Es indispensable que se transforme toda esa variedad de realidades y formas en un valor que los represente y sea manejables y calculables. Por esta razón se definió un "Eje Patrón" que representa la carga estándar o normalizada.

El volumen de tráfico vehicular da respuesta al acumulo de cargas equivalentes en el carril de diseño, y se representa numéricamente como el parámetro a utilizar en el diseño de estructura del pavimento.

En el método AASHTO "los pavimentos se proyectan para que resistan determinado número de cargas durante su vida útil. El tránsito está compuesto por vehículos de diferente peso y número de ejes, y a los efectos de cálculo, se los transforma en número equivalente de ejes tipo de 80 kN o 18 kips". A estos ejes se le denomina ESAL, que significa Carga de Eje Equivalente Simple o en inglés. "Equivalent Single Axle Load".

En la gran mayoría de los países occidentales, el "eje patrón" contempla una carga por eje simple de cuatro ruedas de 8,200 kg (80 KN o 18,000 libras o 18 kips.). Adicionalmente fue necesario asignar a este eje patrón un valor del efecto que causaba al pasar sobre un pavimento, este efecto se conoce como "factor daño", y para una carga patrón de 18 kips, sobre un eje simple de cuatro ruedas (o ruedas morochas), se le asignó un valor unitario, es decir cada vez que



un eje simple de 18.000 lbs. Pasa sobre una sección de un pavimento flexible, causa sobre ese pavimento un daño igual a uno (Machado, 2017).

### 1.7.8. Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes



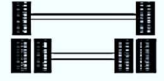
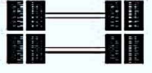
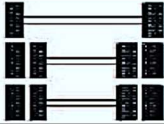
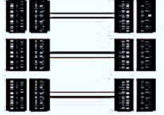
El efecto del tránsito se mide en la unidad definida, por AASHTO, como Ejes Equivalentes (EE) acumulados durante el periodo de diseño tomado en el análisis. AASHTO definió como un EE, al efecto de deterioro causado sobre el pavimento por un eje simple de dos ruedas convencionales cargado con 8,2 tn de peso, con neumáticos a la presión de 80lbs/pulg<sup>2</sup>. (MCT, 2014)

Los Ejes Equivalentes (EE) son factores de equivalencia que representan el factor destructivo de las distintas cargas, por tipo de eje que conforman cada tipo de vehículo pesado, sobre la estructura del pavimento.

En la figura 2 se muestra la Configuración de ejes.

**Figura 2**

#### *Configuración de ejes*

Conjunto de Eje (s)	Nomenclatura	Nº de Neumáticos	Grafico
EJE SIMPLE (Con Rueda Simple)	1RS	02	
EJE SIMPLE (Con Rueda Doble)	1RD	04	
EJE TANDEM (1 Eje Rueda Simple + 1 Eje Rueda Doble)	1RS + 1RD	06	
EJE TANDEM (2 Ejes Rueda Doble)	2RD	08	
EJE TRIDEM (1 Rueda Simple + 2 Ejes Rueda Doble)	1RS + 2RD	10	
EJE TRIDEM (3 Ejes Rueda Doble)	3RD	12	

*Nota.* Configuración de ejes por (MTC, 2014)

El concepto de EE corresponde a la unidad normalizada por la AASHTO que representa el deterioro que causa en la capa de rodadura un eje simple cargado con 8,16 toneladas. Para el cálculo de los factores destructivos por eje equivalente calculados, se toma en cuenta el criterio simplificado de la metodología AASHTO, aplicando las siguientes relaciones (MTC, 2014).

En la tabla 5 se muestra la relación de cargas por eje para determinar ejes equivalentes (ee) para afirmados, pavimentos flexibles y semirrígidos.

**Tabla 5**

*Relación de cargas por eje*

<b>Tipo de Eje</b>	<b>Diseño</b>
Eje Simple de ruedas simples	(P/6,6) <sup>4</sup>
Eje Simple de ruedas dobles	(P/8,2) <sup>4</sup>

*Nota.* Tomado de AASHTO (1993)

La investigación que más se extiende en nuestra realidad está orientada a la estratificación de la muestra de carga por tipo de vehículo. Para esto la muestra del tráfico usuario está concentrada en el “tráfico pesado con la finalidad de obtener una información detallada promedio, pesando la carga real por tipo de vehículo muestreado, por tipo de ejes que lo conforman y por carga efectiva que lleva el eje”. Es así que con las mediciones que se obtienen por tipo de vehículos considerados pesados se calcula el factor vehículo pesado por cada uno de los vehículos del camino, siendo este factor resultante del promedio de EE. (MTC, 2014).

El Factor Vehículo Pesado, con sus siglas (Fvp), Es definido como en nuestra realidad nacional como “el número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo pesado (bus o camión), y el promedio se obtiene dividiendo la sumatoria de ejes equivalentes (EE) de un determinado tipo de vehículo pesado entre el número total del tipo de vehículo pesado seleccionado”. El cálculo de factores de EE se va a efectuar utilizando las cargas reales por eje de los vehículos pesados que se encuestaron en el censo correspondiente de cargas.

### 1.7.9. Esal de diseño (N REP. EE ESAL)

Las cargas de tráfico vehicular aplicadas al pavimento, están expresadas en ESALs, en 18-kip o 80-kN o 8,2 t, que en el Manual de pavimento se denominan Ejes Equivalentes (EE). “La sumatorias de ESALs durante el periodo de diseño es referida como (W18) o ESALD, en el Manual de pavimentos se denominan Número de Repeticiones de EE de 8,2 t”; estos manuales se encuentran aprobados para ser utilizados en Perú. Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC, 2013)

#### Tránsito de diseño

$$N_{rep} \text{ de EE } 8,2 \text{ tn} = \sum [EE_{\text{día-carril}} \times F_{ca} \times 365] \quad (5)$$

*Donde:*

$N_{rep}$  de EE 8,2 tn= Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8,2 tn  
 $EE_{\text{día-carril}}$  = Ejes Equivalentes para cada tipo específico de vehículo pesado, por día para el carril de diseño. “Resulta del IMD por cada tipo de vehículo pesado, por el Factor Direccional, por el Factor Carril de diseño, por el Factor Vehículo Pesado del tipo seleccionado y por el Factor de Presión de neumáticos”. Por cada tipo de vehículo pesado, será aplicada la siguiente relación:

$$EE_{\text{día-carril}} = IMD_{pi} \times F_d \times F_c \times F_{vpi} \times F_{pi} \quad (6)$$

*Donde:*

IMD<sub>pi</sub>: Compete al índice medio diario según el tipo de vehículo pesado que fue elegido (i)

F<sub>d</sub>: Factor de dirección.

F<sub>c</sub>: Factor de diseño de carril.

F<sub>vpi</sub>: Factor vehículo pesado del tipo seleccionado (i) y se calcula según su composición de número de ejes. “Representa el número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo pesado (bus o camión), y el

promedio se obtiene dividiendo el total de ejes equivalentes (EE) de un determinado tipo de vehículo pesado entre el número total del tipo de vehículo pesado seleccionado”.

Fp: Factor de Presión de neumáticos.

Fca= Factor de crecimiento por tipo de vehículo pesado acumulado.

365= Días al año.

$\Sigma$ = La suma de los ejes equivalentes de todos los tipos de vehículos pesados, por día para el carril de diseño, multiplicados por el factor de crecimiento acumulado en un año calendario.

#### 1.7.10. Caminos Pavimentados

Los caminos pavimentados elaborados con pavimentos flexibles, semirrígidos y rígidos, están clasificados en “quince rangos de número de recepciones de EE en el carril y periodo de diseño, desde 75,000 EE hasta 30'000,000 EE”; de acuerdo a la tabla 6 que muestra el número de repeticiones que se han acumulado en los ejes equivalentes de 8,2t, en el carril diseñado para pavimentos rígidos, flexibles y también los semirrígidos.

**Tabla 6**

*Número de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes*

<b>Tipo de Tráfico pesado</b>	<b>Rango de Tráfico pesado</b>
Tp0	>75,100 ≤150,100
Tp1	>150,100 ≤300,100
Tp2	>300,100 ≤500,100
Tp3	>500,100 ≤750,100
Tp4	>750,100 ≤1'000,100

*Nota.* Tomado de AASHTO (1993)

#### 1.7.11. CBR: California Bearing Ratio: Ensayo de Soporte de California

Mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, sub base y base de pavimentos. Se efectúa bajo condiciones controladas de humedad y densidad.

Este es uno de los parámetros necesarios obtenidos en los estudios geotécnicos previos a la construcción (Pantoja, 2017).

#### **1.7.12. Pavimento flexible**

Este tipo se caracteriza por estar conformado en la superficie por una capa de material bituminoso o mezcla asfáltica que se apoya sobre capas de material granular, las cuales generalmente van disminuyendo su calidad conforme se acercan más a la sub-rasante. Esto se debe a que los esfuerzos que se producen por el tránsito van disminuyendo con la profundidad y por razones económicas (MTC 2013).

#### **1.7.13. Parámetros de diseño**

Normas vigentes en Perú y aprobadas y autorizadas por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, como reglamento nacional edificaciones (MTC 2013).

#### **1.7.14. Método de diseño**

El método de diseño AASHTO, originalmente conocido como AASHO, fue desarrollado en los Estados Unidos en la década de los 60, basándose en un ensayo a escala real realizado durante 2 años en el estado de Illinois, con el fin de desarrollar tablas, gráficos y fórmulas que representen las relaciones deterioro-solicitación de las distintas secciones ensayadas (Gomez, 2017).

Se ha elegido el método AASHTO, porque a diferencia de otros métodos, este método introduce el concepto de serviciabilidad en el diseño de pavimentos como una medida de su capacidad para brindar una superficie lisa y suave al usuario (Gomez, 2017).

### 1.7.15. Variables de entrada

El método AASHTO 93 considera en el diseño las siguientes variables: periodo de diseño, ESAL de diseño, nivel de confiabilidad, entre otros. En la tabla 7 se muestra periodo de análisis y diseño (MTC 2013).

**Tabla 7**

*Periodo de análisis y diseño*

Tipo de carretera	Periodos (años)	
	Análisis	Diseño
Urbana con altos volúmenes de tránsito	30-50	15-20
Interurbana con altos volúmenes de tránsito	20-50	15-20
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito	15-25	5-12
Afirmada con bajos volúmenes de tránsito	10-20	5-8

*Nota.* Tomado de AASHTO (1993)

### 1.7.16. Nivel de confiabilidad (R)

Confiabilidad es la probabilidad de que el sistema estructural que forma el pavimento cumpla su función prevista dentro de su vida útil bajo las condiciones ambientales a las que están sujetas (MTC 2013).

En la tabla 8 se muestra los Niveles recomendados de Confiabilidad.

**Tabla 8**

*Niveles recomendados de Confiabilidad*

Clasificación funcional de la vía	Nivel recomendado de confiabilidad (%)	
	Urbana	Rural
Autopistas	85-99,8	80-99,8
Arterias principales	80-99,8	74,9-95
Colectoras	80-95,9	74,9-95
Locales	50-80,9	49,9-80

*Nota.* Tomado de AASHTO (1993)

Debemos considerar al momento de realizar el diseño de pavimento que, con un mayor valor de confiabilidad, los espesores de pavimento de sus capas serán mayores.

### 1.7.17. Desviación Normal Estándar (ZR)

Este valor se relaciona al nivel seleccionado previamente de confiabilidad, tal cual al nivel se muestra en la tabla 9:

**Tabla 9**

*Valores de desviación normal estándar*

Confiabilidad(R)	Valor de ZR
51	- 0,000
61	- 0,252
71	- 0,523
76	- 0,673
81	- 0,842
86	- 1,036
90	- 1,283
91	- 1,341
92	- 1,406
93	- 1,477
94	- 1,556
95	- 1,646
96	- 1,752
97	- 1,882
98	- 2,055
99	- 2,328
99,9	- 3,091
99,99	- 3,751

*Nota.* Tomado de AASHTO (1993)

### 1.7.18. Desviación estándar del sistema (So)

Representa las condiciones locales de la zona del estudio, en cuanto a los índices obtenidos por la AASHTO respecto a los diferentes materiales y etapas constructivas del pavimento.

Es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y otros factores que afectan el comportamiento del pavimento.

En la tabla 10 se muestra los *valores recomendados para a desviación estándar (So)*.

**Tabla 10***Valores para desviación estándar recomendados (So)*

Condición	Pavimento rígido	Pavimento flexible
En construcción nueva	0,35	0,45
En sobre capas	0,39	0,49

*Nota.* Tomado de AASHTO (1993)**1.7.19. Nivel de serviciabilidad ( $\Delta$ PSI)**

La serviciabilidad de un pavimento se define como la capacidad de servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado.

Los índices de serviciabilidad inicial ( $p_o$ ) y final ( $p_t$ ), deben ser determinados para el cálculo de la pérdida de serviciabilidad ( $\Delta$ PSI), y califican en un rango de 0 a 5, de la fórmula 7 podemos usar para obtener el cálculo de serviciabilidad.

$$\Delta\text{PSI} = p_o - p_t \quad (7)$$

La AASHTO establece el valor para pavimentos flexibles en 4.2.

**1.7.20. Materiales para el diseño**

Las capas del pavimento flexible serán determinadas para la AASHTO por su módulo de resiliencia y a través del módulo elástico para la carpeta asfáltica.

**1.7.21. Módulo Resiliente de la Subrasante ( $M_r$ )**

Una vez que se conocen las propiedades de la subrasante, así como el CBR, se podrá determinar el módulo resiliente utilizando las siguientes formulas.

Para CBR < 10%	$M_r = 1500 \times \text{CBR} \text{ (psi)}$
Para 10% < CBR < 20%	$M_r = 3000 \times \text{CBR}^{0.65} \text{ (psi)}$
Para CBR > 20%	$M_r = 4326 \times \ln(\text{CBR}) + 241 \text{ (psi)}$



### 1.7.22. Coeficientes estructurales de los materiales

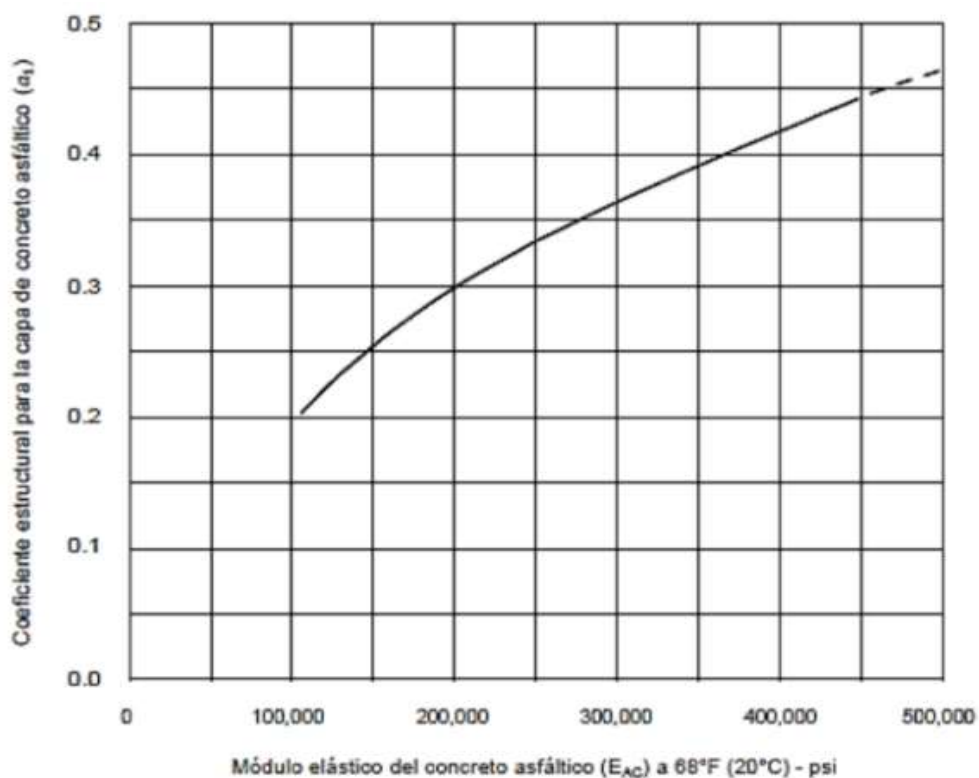
Los coeficientes de capa ( $a_i$ ) se obtienen a través de nomogramas que proporciona la guía AASHTO 93, para eso hace uso del CBR que se obtiene de laboratorio, estudio de suelos, siempre cumpliendo manual MTC.

### 1.7.23. Concreto asfáltico

Se determina usando el módulo elástico dinámico ( $E_{ca}$ ) = 450,000 psi. En la figura 3 se muestra la determinación del coeficiente estructural  $a_1$ .

**Figura 3**

*Determinación del coeficiente estructural  $a_1$*



Nota . tomado de (AASHTO, 1993)

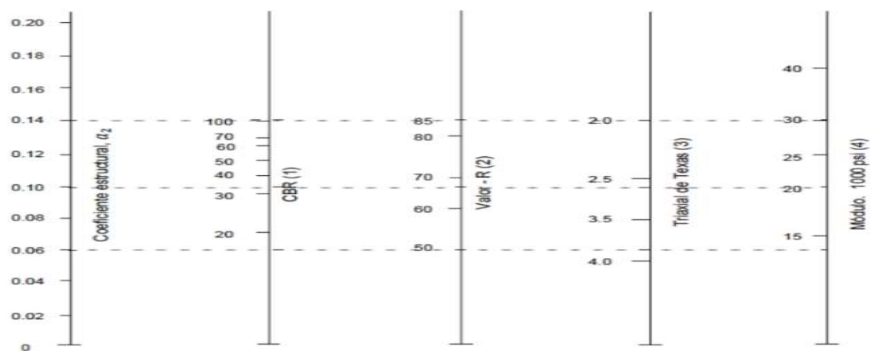
**1.7.24. Base granulares**

Una vez obtenido el valor de BR, se podrá hallar el valor ( $a_2$ ) para la base granular requerida.

En la figura 4 se muestra el Abaco para calcular el coeficiente estructural  $a_2$ .

**Figura 4**

*Abaco para calcular el coeficiente estructural  $a_2$*



*Nota.* Tomado de (AASHTO, 1993)

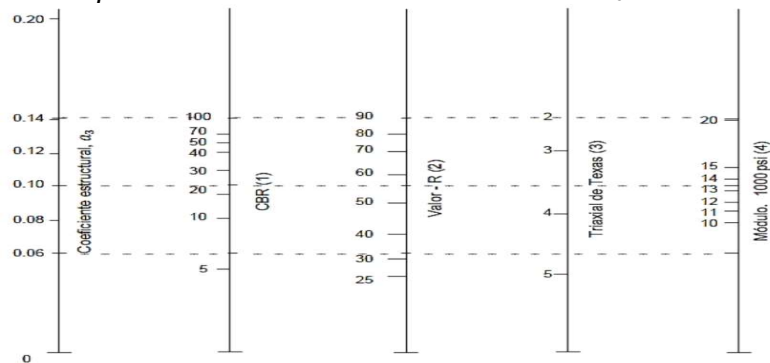
**1.7.25. Subbase granular**

Una vez obtenido el valor de CBR, se empleará el ábaco para calcular  $a_3$ .

En la figura 5 se muestra el Abaco para calcular el coeficiente estructural  $a_3$

**Figura 5**

*Abaco para calcular el coeficiente estructural  $a_3$*



*Nota.* Tomado de manual (AASHTO, 1993)

### 1.7.26. Coeficiente de drenaje ( $m_i$ )

La AASHTO proporciona coeficientes de drenaje, en la base de la calidad de la misma en el pavimento.

El valor de este coeficiente depende de dos parámetros, la capacidad del drenaje, que se calcula de acuerdo al tiempo que tarda el agua en drenar del pavimento y el % de tiempo durante se encuentra expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación. (Lozano, 2015).

En la tabla 11 se muestra la tabla de capacidad de drenaje.

**Tabla 11**

*Tabla de capacidad de drenaje*

Calidad del drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no drena

*Nota.* Tomado de AASHTO (1993).

En la tabla 12 se muestra los valores sugeridos para el drenaje  $m_i$ .

**Tabla 12**

*Valores sugeridos para el drenaje  $m_i$*

Calidad de drenaje	Porcentaje de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad, próximos a la saturación			
	Menos del 1%	1% al 5%	5% al 25%	Más del 25%
Excelente	1,40-1,35	1,35-1,30	1,30-1,20	1,20
Bueno	1,35-1,25	1,25-1,15	1,15-1,00	1,00
Regular	1,25-1,15	1,15-1,05	1,00-0,80	0,80
Malo	1,15-1,05	1,05-0,80	0,80-0,60	0,60
Muy Malo	1,05-0,95	0,95-0,75	0,75-0,40	0,40

*Nota.* Tomado de AASHTO (1993)

### 1.7.27. Determinación de espesores

Numero estructural SN, Se considera un valor esencial para determinar los espesores finales de las diferentes capas que forman la estructura del pavimento. (García, 2015)

AASHTO 93, obtiene a través de esta fórmula 8 el SN.

$$\log(W_{18}) = Z_R(S_o) + 9.36 \log(SN+1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \log Mr - 8.07 \quad (8)$$

Donde:

$W_{18}$ : ESAL para diseño.

$Z_R$ : Desviación estándar normal.

$S_o$ : Desviación estándar total.

APSI: Diferencia entre la serviciabilidad inicial y final

$M_r$ : Módulo resiliente de la subrasante

$SN$ : Indicador de resistencia de cargas vehiculares y espesores de pavimento total.

Donde:

$a_1$  = Coeficiente estructural la capa asfáltica

$a_2$  = Coeficiente estructural de la capa base

$a_3$  = Coeficiente estructural de la capa sub-base

$m_2, m_3$  = Coeficiente de drenaje de la base y sub-base

$D_1$  = Espesor de la capa asfáltica en pulgadas

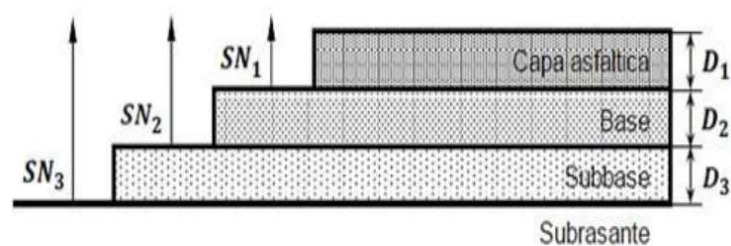
$D_2$  = Espesor de la capa base en pulgadas

$D_3$  = Espesor de la capa sub-base en pulgadas

En la figura 6 se muestra el corte de pavimento flexible.

**Figura 6**

Corte de pavimento flexible



Nota. Tomado de (Lozano, 2015)

### 1.7.28. Transitabilidad

Nivel de servicio de la infraestructura vial que asegura un estado tal de la misma que permite un flujo vehicular regular durante un determinado periodo. (MTC ,2018)

### 1.7.29. Serviciabilidad

Es la condición primordial que requiere un pavimento para considerarse segura para los usuarios que manejan y a su vez la confortabilidad que brinda a todo usuario que transita en todo momento por la vía. En un comienzo se realizaba una encuesta entre los choferes que transitaban y se les daba una calificación de entre 1 a 5 puntos, tales puntuaciones fueron tabuladas.

En la tabla 13 se muestra la clasificación de serviciabilidad.

**Tabla 13**

*Clasificación de serviciabilidad*

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

*Nota.* Tomado de AASHTO (1993)

### 1.7.30. Datos necesarios para el diseño

Los factores imprescindibles para todo diseño de pavimento son:

- Estudios de tráfico
- Estudios de mecánica de suelos

- Estudios hidrológicos-pluviométricos
- Estudios de canteras y fuentes de agua. MTC (2018)

### **1.7.31. Estudios de Mecánica de Suelos**

Estos ensayos son necesarios para caracterizar el material granular que servirá como base o subbase. Asimismo, para hallar uno de los parámetros de diseño más importantes, el módulo de resiliencia de la sub-rasante, se puede realizar una correlación en base al CBR del terreno natural. (MTC ,2013)

Los ensayos de Mecánicas de Suelos a efectuarse a las muestras de cada estrato en cada prospección, se desarrollaron de acuerdo al Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras del MTC (EM-1999) y serán:

- Análisis Granulométrico por Tamizado.
- Límites de Atterberg
  - Limite Líquido
  - Limite Plástico
  - Índice de Plasticidad
- Clasificación de Suelos por los Métodos SUCS y AASHTO.
- Proctor Modificado.
- California Bearing Ratio (CBR).

### **1.7.32. Caracterización De La Sub Rasante**

Con el objeto de determinar las características físico-mecánicas de los materiales de la sub rasante se llevarán a cabo investigaciones mediante la ejecución de pozos exploratorios o calicatas de 1.50 m de profundidad mínima; el número mínimo de calicatas por kilómetro, se mostró el número de calicatas para exploraciones de suelos.

### 1.7.33. Ensayo de Granulometría

Se realizaron ensayos de granulometría en el material del terreno natural o sub-rasante, y del mismo modo con en el material de las canteras (mismo material que será utilizado como base o sub-base) Se debe cumplir a cabalidad con una granulometría específica para que se considere aceptable el agregado. (MTC ,2013)

### 1.7.34. Límites Atterberg

Es la propiedad de estabilidad que representa los suelos hasta cierto límite de humedad sin degradarse, por tanto, la plasticidad de un suelo depende, no de los elementos gruesos que contiene, sino únicamente de sus elementos finos. El análisis granulométrico no permite apreciar esta característica, por lo que es necesario determinar los límites de Atterberg.

Los límites de Atterberg establecen cual sostenible es el comportamiento de suelo en relación a su contenido de humedad (agua), defendiéndose los límites correspondientes a los tres estados de consistencia según su humedad y de acuerdo a ello puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido. Estos límites de Atterberg que miden la cohesión del suelo son: el límite líquido (LL, según el ensayo MTC E 110), el Límite Plástico (LP, según el ensayo MTC E 111), Límite de Contracción (LC, según el ensayo MTC E 112). En la tabla 14 se muestra la clasificación del suelo según su índice de plasticidad.

**Tabla 14**

*Clasificación del suelo según su índice de plasticidad*

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	Suelos muy arcillosos
IP ≤ 20	Media	Suelos arcillosos
IP > 7		
IP < 7	Baja	Suelos poco arcillosos
IP = 0	No Plástico	Suelos exentos de arcilla

*Nota.* Tomado de MTC (2014)

### 1.7.35. Índice De Grupo

Es un Índice normado por AASHTO de uso corriente para clasificar suelos, está basado en gran parte en los Límites Atterberg. El índice de Grupo de un suelo se define mediante la siguiente fórmula

$$IG = 0,2(a) + 0,005(ac) + 0,01(bd) \quad (9)$$

Dónde:

a= F-35 (F = Fracción del porcentaje que pasa en el Tamiz N°200 – 74 micras). Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40).

b =F-15 (F = Fracción del porcentaje que pasa en el Tamiz N°200 –74 micras). Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40).

c = LL – 40 (LL= Límite Líquido). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20.

d =IP-10(IP= Índice Plástico). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20.

El índice de Grupo es un valor entero positivo, comprendido entre 0 y 20 o más. Cuando el IG calculado es negativo, se reporta como cero. Un índice cero significa un suelo muy bueno y un índice  $\geq$  a 20, un suelo no utilizable para caminos. (MTC ,2014)

En la tabla 15 se muestra la clasificación del suelo según su índice de grupo.

**Tabla 15**

*Clasificación del suelo según su índice de grupo*

<b>Índice de Grupo</b>	<b>Suelo de Sub rasante</b>
IG > 9	Inadecuado
IG está entre 4 a 9	Insuficiente
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 - 2	Bueno
IG está entre 0 - 1	Muy Bueno

*Nota.* Tomado de MTC (2014)



### 1.7.36. Clasificación de suelos por los métodos Sucs Y AASHTO

El departamento de caminos públicos de USA (Bureau of Public Roads) introdujo uno de los primeros sistemas de clasificación, para evaluar los suelos sobre los cuales se construirán las carreteras, luego en el año 1945 se modificó y desde entonces se le denomina AASHTO.

El sistema describe un procedimiento para clasificar los suelos en grupos, basado en las determinaciones de laboratorio de granulometría, límite líquido e índice de plasticidad. La evaluación en cada grupo se hace mediante “Índice de Grupo”.

Se informa en números enteros y si es negativo se informa igual a 0.

El grupo de clasificación se utiliza para determinar la calidad relativa de suelos de terraplenes, material de subrasante, subbase y bases.

El valor del índice de grupo debe ir siempre en paréntesis después del símbolo de Grupo, como A-2-6(3); A-7-5(17), etc.

Cuando el suelo es NP el índice de Grupo debe considerarse (0). Si un suelo es altamente orgánico puede ser clasificado A-8 solo con una verificación visual. Consamollo (S.f.).

En la tabla 16 se muestra la correlación de tipos de suelos AASHTO – SUCS.

**Tabla 16**

*Correlación de tipos de suelos AASHTO – SUCS*

<b>Clasificación de Suelos AASTHO AASHTO M-145</b>	<b>Clasificación de Suelos SUCS ASTM -D-2487</b>
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

*Nota.* Tomado de MTC (2013).

### 1.7.37. Ensayo De Compactación Proctor Modificado

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. (Chirinos, 2016)

### 1.7.38. Ensayo De Valor De Soporte De California (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. (MTC, 2014). En la tabla 17 se muestra la categoría de sub rasante.

**Tabla 17**

*Categorías de sub rasante*

<b>Categorías de sub rasante</b>	<b>CBR (%)</b>
S0: Sub rasante inadecuado	CBR < 3
S1: Sub rasante insuficiente	CBR ≥ 3 a CBR < 6
S2: Sub rasante Regular	CBR ≥ 6 a CBR < 10
S3: Sub rasante Buena	CBR ≥ 10 a CBR < 20
S4: Sub rasante Muy Buena	CBR ≥ 20 a CBR < 30
S5: Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30

*Nota.* Tomado de MTC (2014)

### **1.7.39. 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  $m_1$  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. (Rengifo, 2015)

### **1.7.40. 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. (MTC ,2013)

## **1.8. Definición De Términos**

### **2.3.1. Evaluación**

Acción de estimar, señalar o calcular el valor de algo. “Es un proceso que tiene por objetivo determinar en qué medida se han logrado los objetivos previamente

establecidos, que supone un juicio de valor sobre una programación, y que se emite al contrastar esa información con dichos objetivos (MTC ,2018).

### **2.3.2. Infraestructura vial pública**

Todo camino, calle, arteria o vía férrea, que incluye sus obras de complemento, de carácter urbano o rural, privada o estatal (MTC ,2018).

### **2.3.3. Tránsito**

Actividad de personas y vehículos que circulan por una vía (MTC ,2018).

### **2.3.4. Transitabilidad**

Nivel de servicio de la infraestructura vial que asegura un estado tal de la misma que permite un flujo vehicular regular durante un determinado periodo". (MTC ,2018).

### **2.3.5. Trocha carrozable**

Vía transitable que no alcanza las características geométricas de una carretera (MTC ,2018).

### **2.3.6. Vehículo**

Cualquier componente del tránsito cuyas ruedas no están confinadas dentro de rieles (MTC ,2018).

### **2.3.7. Velocidad de operación**

Máxima velocidad autorizada para la circulación vehicular en un tramo o sector de la carretera (MTC ,2018).

### **2.3.8. Vida útil:**

Lapso de tiempo previsto en la etapa de diseño de una obra vial, en el cual debe operar o prestar servicios en condiciones adecuadas bajo un programa de mantenimiento establecido". (MTC ,2018).

## CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

### 2.1. Tipo y diseño de la investigación

Por el tipo de investigación, el presente trabajo se considera una investigación básica con enfoque cuantitativo, que realizaremos trabajo de campo, las cuales se realizaran con visitas inopinadas a los sectores de Rio Seco y Pago Sobraya del Distrito de Pocollay.

Por el tipo de investigación, en la tabla 18 se muestra el cuadro de diseño de la investigación.

**Tabla 18**

*Cuadro de diseño de la investigación*

<b>Criterio</b>	<b>Tipo de investigación</b>
Finalidad	Aplicada
Estrategia o enfoque teórico	Cuantitativa
Objetivos	Descriptiva
Fuentes de Datos	Primaria
Temporalidad	No Experimental
Contexto donde sucede	Gabinete y campo

*Nota.* Tomado de Vara (2017)

Se encuentra fundamentada ya que tiene como finalidad acopiar información de la realidad para aportar nuevo conocimiento tanto científico como teórico, viéndose orientado a descubrir principios y a su vez enriquecer el conocimiento teórico-científico. La investigación se orienta a lograr nuevo conocimiento de forma metódica y sistemática, con la finalidad de ampliar el conocimiento.

En el anexo 1 se muestra la matriz de consistencia la cual nos proporciona el método por el cual dimos veracidad a nuestra tesis.

## 2.2. Población y/o muestra de estudio

### 2.2.1. Población

- *Área de Objeto de Diagnóstico:* Es la superficie del distrito de Pocollay es de 18,76 Km<sup>2</sup>.
- *Área afectada por el problema:* Es el área de influencia directa del estudio se considera de 12,000 m<sup>2</sup>.
- *Área atendida por el estudio:* La superficie del área de intervención de la calle es de 2,000.00 m.

### 2.2.2. Muestra

Se tomarán como muestras del índice medio diario para el flujo vehicular y peatonal en la zona de investigación, para tener un contraste real para poder realizar el diseño de pavimento flexible con las normas vigentes y aprobadas en nuestro estado.

## 2.3. Operacionalización de Variables

En la tabla 19 se muestra el cuadro de variables de la presente investigación.

**Tabla19**

*Cuadro de variables*

Variables		Indicadores
Variable independiente	Diseño de pavimento flexible	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aforo vehicular.</li> <li>• Esal de Diseño.</li> <li>• CBR.</li> <li>• Pavimento Flexible.</li> <li>• Parámetros de Diseño.</li> <li>• Métodos de Diseño.</li> <li>• Procedimiento de Diseño</li> </ul>
Variable dependiente	Mejorar la transitabilidad Vial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transitabilidad</li> <li>• Serviciabilidad</li> </ul>

*Nota.* Tomado de Vara (2017)

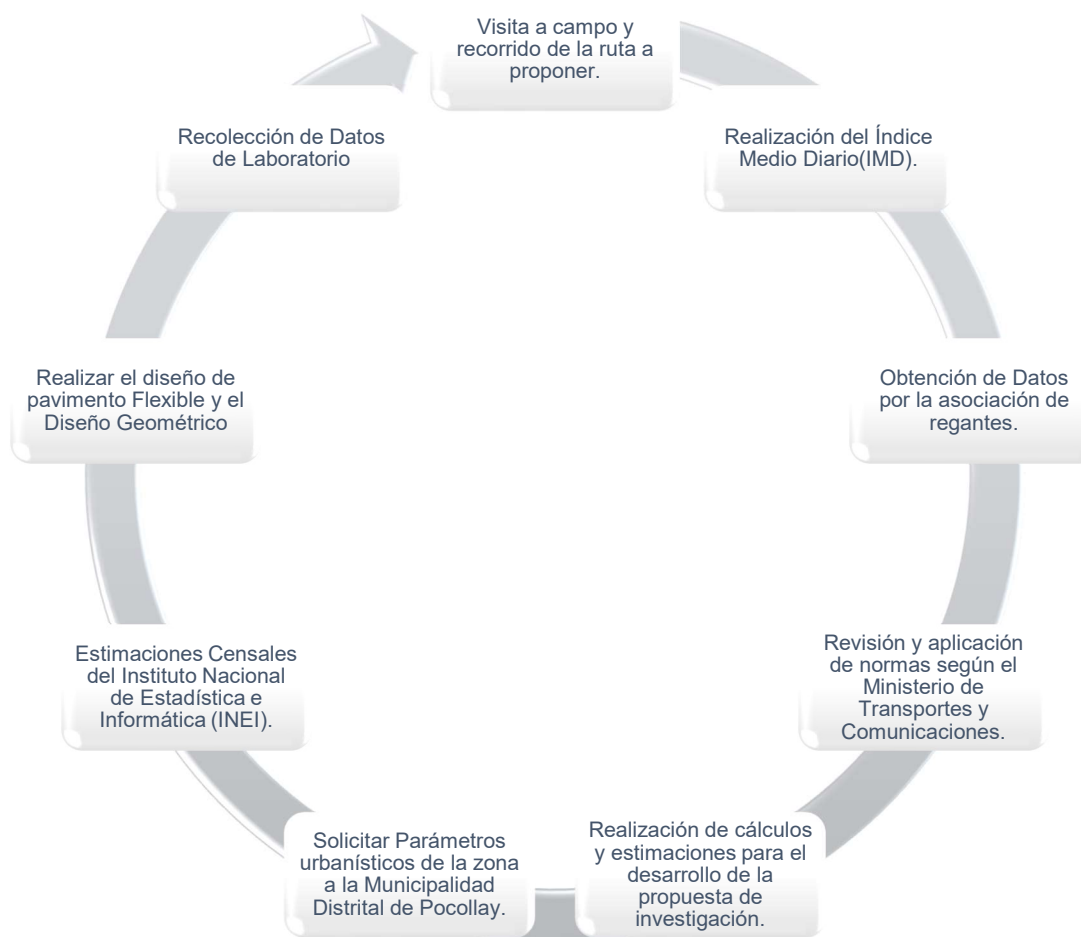
## 2.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

### 2.4.1. Plan de recolección de datos

En la figura 10 se muestra la realización de las siguientes acciones y/o actividades:

**Figura 10**

*Realización de las siguientes acciones y/o actividades (Elaboración propia)*



*Nota.* Realización de las siguientes acciones y/o actividades (Elaboración propia)

### **2.4.2. Materiales e Instrumentos**

Los materiales e instrumentos a usar son:

- Estación total (Leica TS07)
- Prismas, trípode y niveles topográficos.
- Medidor de longitud para carreteras.
- GPS Topografico
- Cinta Metrica y demás instrumentos de Medición
- Corrector
- Libreta de campo
- Laptop y Pc de Escritorio.

### **2.4.3. Validez y confiabilidad del instrumento**

Los instrumentos usados en el desarrollo de este trabajo fueron aprobados y calibrados por especialistas según su especialidad, y a su vez se presentan documentos sustentatorios y aprobados por la Municipalidad Distrital de Pocollay.

Los resultados obtenidos fueron revisados por profesionales especialistas para dar así una mayor confiabilidad.

## **2.5. Procesamiento y Análisis de Datos**

Una vez recolectados los datos, se organizaron y procesaron de forma computarizada, con el fin de obtener resultados en menor tiempo y a su vez presentar la información de manera más ordenada, clara y sencilla.

Para el procesamiento de datos del presente estudio se usaron los programas Microsoft Office Excel 2010, AutoCAD 2018, Civil 3D 2016 y Microsoft Office Word 2010.



## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 3.1. Desarrollo de aforo vehicular: Índice Medio Diario (IMD)

Para la obtención del aforo vehicular en el tramo del camino vecinal, se fue a campo y se realizó el conteo vehicular durante 7 días en los cuales obtuvimos los datos necesarios para calcular el índice medio diario, y a partir de esos resultados pudimos desarrollar el IMDa para el diseño de pavimento flexible por el método aashto 93. Tal como se muestra en la tabla 20.

**Tabla 20**

*Conteo Vehicular de 7 días.*

Tipo de vehículo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Automóvil	27	28	28	30	31	56	54
St. Wagon	29	30	30	29	21	40	41
Camioneta	3	3	4	5	7	23	24
Pick up							
Camioneta rural	3	4	4	8	7	20	22
L5	20	30	24	25	23	30	35
Camión 2 E	0	0	0	0	0	0	0
Camión 3 E	0	0	0	0	0	0	0
<i>Total</i>	82	95	90	97	89	169	176

Interpretación: Se procedió a sumar el total de vehículos por semana, obteniendo un total de 798 vehículos.

### 3.2. Índice Medio Diario anual

$$IMD_a = IMD_s * FC \quad (01)$$

$$IMD_s = \sum \frac{Vi}{7} \quad (02)$$

IMDs = Índice Medio Diario Semanal de la Muestra vehicular Tomada

IMDa = Índice Medio Anual

Vi = Volumen Vehicular diario de cada uno de los días de conteo

FC = Factores de Corrección Estacional

Luego de obtener resultados del conteo vehicular (798), se aplicó la fórmula n°01, para hallar el índice medio semanal, y seguidamente se utilizó la fórmula n°02 para obtener el índice medio anual tal como se muestra en la Tabla 19, podemos observar que el valor final para el IMDa es de 153, el cual nos servirá para realizar la proyección de tránsito a 20 años. Como se ve en la tabla 21.

**Tabla 21**

*Índice Medio Diario anual*

Tipo de vehículo	Total, semana	IMD8	FC	IMD a
Automóvil	254	36	1,333265	48
St. Wagon	220	31	1,333265	42
Camioneta	69	10	1,373260	14
Camioneta	68	10	1,333265	13
L5	187	27	1,333265	36
Camión 2 E	0	0	1,378336	0
Camión 3 E	0	0	1,378336	0
<i>Total</i>	798	114		153

Según los datos obtenidos se observa que la mayor cantidad de vehículos que transitan por la zona son automóviles, seguidos por los St. wagon y luego por vehículos livianos (L5). No se tuvo registro que camiones 2 E y camiones 3 E transiten por esta carretera.

### 3.3. Estimación del tránsito a futuro

Para la estimación de tránsito a futuro, tomamos los datos obtenidos del estudio de tráfico realizado para esta carretera y los resultados para la tasa de crecimiento anual, utilizando la siguiente fórmula.

$$T_n = T_0(1+r)^{(n-1)} \quad (11)$$

Donde:

Tn = Tránsito proyectado al año en vehículo por día

T0 = Tránsito actual (año base) en vehículo por día

n = año futuro de proyección

R = tasa anual de crecimiento de tránsito

Tasa de Crecimiento x Región en %(R)

Rvp = 2,10 Tasa de Crecimiento Anual de la Población

El IMDa = 153, el cual nos servirá para realizar la proyección de tránsito a 20 años, tal como se muestra en la tabla 22.

**Tabla 22**

*Proyección para 20 años*

Tipo de vehículo	Año 0	Año 20
Tráfico normal	153	226
Automóvil	48	71
St. Wagon	42	62
Camioneta Pick up	14	21
Camioneta rural	13	19
L5	36	53
Camión 2 E	0	0
Camión 3 E	0	0
Tráfico generado	0	22
Automóvil	0	7
St. Wagon	0	6
Camioneta Pick up	0	2
Camioneta rural	0	2
L5	0	5
Camión 2 E	0	0
Camión 3 E	0	0
<b>IMD Total</b>	<b>153</b>	<b>248</b>

INTERPRETACIÓN: Utilizando los resultados del IMDa, junto a los datos de la tasa de crecimiento anual de la población para vehículos y la fórmula N. 3, se pudo obtener finalmente la proyección de tránsito a 20 años.

### 3.4. Esal de diseño (N REP. EE ESAL)

Las cargas de tráfico vehicular impuestas al pavimento, están expresadas en “ESALs, Equivalent Single Axle Loads 18-kip o 80-kN o 8,2 t, que en el Manual de pavimento se denominan Ejes Equivalentes (EE). La sumatorias de ESALs durante el periodo de diseño es referida como (W18) o ESALD, en el Manual de pavimentos se denominan Número de Repeticiones de EE de 8,2 t.” estos manuales están aprobados para ser usado en nuestro territorio nacional. Arenas, A. (2017)

### 3.5. Tránsito de diseño

$$N_{rep \text{ de EE } 8,2 \text{ tn}} = \sum [EE_{\text{día-carril}} \times F_{ca} \times 365] \quad (12)$$

Donde:

$N_{rep \text{ de EE } 8,2 \text{ tn}}$  = Número de repeticiones por ejes, equivalentes a 8,2 tn.

$EE_{\text{día-carril}}$  = Ejes Equivalentes para cada tipo específico de vehículo pesado, por día para el carril de diseño. “Resulta del IMD por cada tipo de vehículo pesado, por el Factor Direccional, por el Factor Carril de diseño, por el Factor Vehículo Pesado del tipo seleccionado y por el Factor de Presión de neumáticos”. Por cada tipo de vehículo pesado, será aplicada la siguiente relación:

$$EE_{\text{día-carril}} = IMD_{pi} \times F_d \times F_c \times F_{vpi} \times F_{pi} \quad (13)$$

$IMD_{pi}$ : correspondiente al Índice Medio Diario según tipo de vehículo pesado seleccionado (i)

$F_d$ : Factor Direccional.

Fc: Factor Carril de diseño.

Fp: Factor de Presión de neumáticos.

Fca= Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo pesado.

Fvpi: Factor vehículo pesado del tipo seleccionado (i) y se calcula según su composición de número de ejes. "Representa el número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo pesado (bus o camión), y el promedio se obtiene dividiendo el total de ejes equivalentes (EE) de un determinado tipo de vehículo pesado entre el número total del tipo de vehículo pesado seleccionado".

Fca= Factor de crecimiento por tipo de vehículo pesado acumulado.

365= Días al año.

□ = La suma de los ejes equivalentes de todos los tipos de vehículos pesados, por día para el carril de diseño, multiplicados por el factor de crecimiento acumulado en un año calendario.

En la figura 11 se muestra los números de repeticiones por eje.

**Figura 11**

*Numero de repeticiones por eje*

MEDIO DE TRANSPORTE	IMDA	PESO TOTAL (Tn)	PESO POR EJES (Tn)			EJE EQUIVALENTE	ΣEE	F. PRESION	F. DIRECCIONAL	F. CARRIL DE DISEÑO	F. VEHÍCULO PESADO(I)	FCA	T	Nrep de EE 8.2Tn
			EJE	%	Lx									
<b>VEHICULOS MENORES</b>														
<b>CATEGORIA " L"</b>														
	58													
MOTOKAR / MOTO LINEAL	58	0.30	Del. Post. 01	30.0% 70.0%	0.09 0.21	0.000186 0.001012	0.001198	1.00	0.50	1.00	0.034752	24.30	365	308.23
<b>VEHIC. MAYOR</b>														
<b>CATEGORIA " M"</b>														
	190													
AUTOMOVILES	78	3.00	Del. Post. 01	50.0% 50.0%	1.50 1.50	0.051653 0.051653	0.103306	1.00	0.50	1.00	4.028926	24.30	365	35734.56
STATION WAGON	68	3.50	Del. Post. 01	50.0% 50.0%	1.75 1.75	0.070305 0.070305	0.140611	1.00	0.50	1.00	4.780762	24.30	365	42402.97
CAMIONETA PICK UP	23	5.00	Del. Post. 01	50.0% 50.0%	2.50 2.50	0.143480 0.143480	0.286961	1.00	0.50	1.00	3.300046	24.30	365	29269.76
PANEL	21	5.00	Del. Post. 01	50.0% 50.0%	2.50 2.50	0.143480 0.143480	0.286961	1.00	0.50	1.00	3.013085	24.30	365	26724.56
													Σ	<b>134440.08</b>

*Nota.* Numero de repeticiones por eje

*Interpretación:* Se muestra el ESAL de diseño que es de 134440.08. Este resultado se utilizará posteriormente para calcular el número estructural de pavimento.

### **3.6. Estudio De Mecánica De Suelos**

El pavimento se encuentra apoyado sobre la sub-rasante, por lo tanto, sus características son de relevancia, y los datos de entrada nos ayudaran a realizar un correcto diseño.

Los resultados entregados a continuación incluyen: Características del suelo, Ensayo Proctor Modificado Método "A", y el Ensayo de CBR.

Según los resultados obtenidos un 29,29% de material que se encuentran en el anexo 3, el material pasó por la malla N°200, y utilizando la clasificación SUCS se puede determinar que la característica del suelo corresponde al de Arena limosa con finos no plásticos, se llega a este resultado con el ensayo de granulometría.

Cuando el límite líquido del suelo es menor a 50, se considerará al suelo de baja plasticidad y se deberá añadir la letra L o M. El presente estudio determinó que el límite líquido del suelo es menor a 50, por ende, el suelo de la subrasante es un limo de baja plasticidad SM según la clasificación SUCS. Según la clasificación AASHTO, este suelo es A-2-4(0).

#### Resultados de características de los suelos

- Límite líquido: 19,9
- Límite plástico: N.P.
- Índice de plasticidad: N.P.
- Porcentaje que pasa por la malla N°200: 29,29% (Arena limosa)

En la tabla 23 se muestran los resultados de Ensayo Proctor Modificado.

**Tabla 23***Resultados del ensayo de Proctor Modificado*

Descripción	Peso	Unidad
Densidad seca:	1,836	g/cm <sup>3</sup>
Humedad óptima:	11,0	%

Interpretación: Se realizó el ensayo de Proctor modificado por el método A, en el cual se aplica 25 golpes por capa de suelo (5 capas) a una muestra dentro de un molde de tamaño standard. A través de este ensayo se logra determinar la máxima densidad seca que puede alcanzar el material y su contenido de humedad óptimo, que pueda permitir aquella condición.

La muestra estudiada, arrojó como resultado final una densidad máxima seca de 1,836 g/cm<sup>3</sup> y un contenido óptimo de humedad de 11,0%.

En la tabla 24 se muestran los resultados del ensayo CBR

**Tabla 24***Resultados del ensayo CBR*

Descripción	Porcentaje	Rango
CBR A 0,1"	9%	AI 95% MDS
CBR A 0,1"	14%	AI 100% MDS
CBR A 0,2"	12%	AI 95% MDS
CBR A 0,2"	15%	AI 100% MDS

Interpretación: El CBR se encuentra por medio el ensayo MTC E 132, El cual tiene como objetivo la medición de la resistencia que opone el suelo a la penetración de un pistón de 3 plg<sup>2</sup> de área en una muestra de suelo de 6" de diámetro y 5" de altura, a una velocidad de 1,27 mm/min. El requerimiento de fuerza fue medido a intervalos determinados de penetración. Estas fuerzas se compararon con las fuerzas que se necesitan para producir penetraciones iguales en una muestra de suelo patrón.

Los resultados obtenidos en el Ensayo de la calicata N°03 arrojan un resultado de 12 %, correspondiente al CBR A 0,2" al 95 %.

### 3.7. Diseño de Pavimento flexible

Para este estudio se ha optado por el Método AASHTO, ya que es uno de los procedimientos normados de uso actual en el país, con el cual desarrollaremos el dimensionamiento correcto de las secciones del pavimento, y así obtendremos una buena calidad de pavimento para el tramo Río Seco en beneficio de la Población de Pago Peschay en el distrito de Pocollay. En la tabla 25 se muestra el resumen de los parámetros de diseño.

**Tabla 25**

Resumen de parámetros de diseño.

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Numero de ejes Equivalentes	13440,08	ESAL
Periodo de diseño	20	Años
Confiabilidad	65%	
CBR de la sub-rasante	12%	
Módulo de resiliencia de la sub-rasante (Mr)	12533,34	psi
Desviación estándar normal (Zr)	-0.385	
Desviación estándar combinada (So)	0,45	
Índice de serviciabilidad inicial (pi)	3,8	

### 3.8. Datos de entrada

Número de ejes equivalentes

Este valor fue determinado en la parte de estudio de tráfico, la cual resulto 134440,08 EE.



### *Periodo de diseño*

Se determinó un periodo de diseño de 20 años, con lo cual se realizó la proyección vehicular.

### *Confiabilidad*

Tiene por finalidad determinar la probabilidad de que la estructura del pavimento responda de manera satisfactoria en el período de diseño y resista cargas variadas de tráfico y diversas condiciones climatológicas propias de la región. También la propiedad de mantener su capacidad funcional y estructural esta directamente relacionada con ser considerada satisfactoria, ya que estará cumpliendo con el requerimiento de brindar confort y sobre todo seguridad al usuario. El método AASHTO incorpora el criterio de confiabilidad (%R) que se representa por la probabilidad de que una estructura determinada se comporte de acuerdo a lo previsto durante su periodo de diseño, y obtener una confiabilidad aceptable de 65%.

### *Módulo De Resiliencia*

Se denomina así a la medida de rigidez del suelo de sub-rasante, el que se determina a través de un ensayo de resiliencia, siempre bajo las recomendaciones de la AASHTO.

Para un CBR del 12% corresponde un Módulo de resiliencia de 12533,34 PSI o 86,41 Mpa.

### *Desviación Estándar Normal (Zr)*

Para un nivel de confiabilidad de 65% y una clasificación de tráfico  $Tp_0$ , la desviación estándar normal que le corresponde es de -0,385.

### *Desviación Estándar Combinada (So)*

La guía AASHTO recomienda optar valores entre 0,40 y 0,50, en el reglamento de suelos y pavimentos recomienda el valor de 0.45, con lo cual nos ceñimos al reglamento y se tomara el valor de 0,45.

### Indice De Serviabilidad Presente (Psi)

#### Serviabilidad Inicial (Pi)

Según el manual de carreteras corresponde un 3,80 de índice de serviabilidad inicial.

#### Serviabilidad Final (Pf)

Según el manual de carreteras y la guía AASHTO corresponde un 2,00 de índice de serviabilidad final.

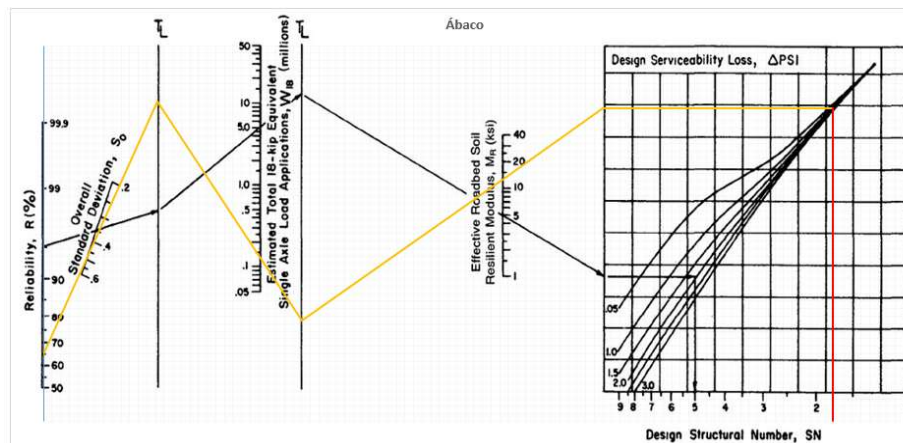
### 3.9. Diseño de la estructura del pavimento

Los datos que se obtuvieron y fueron procesados finalmente son aplicados a la ecuación AASHTO y se obtiene el Numero Estructural, que representa el espesor del pavimento ideal. Están constituidas por Capa de rodadura, Base y Sub base.

Esta conversión se obtiene aplicando la Formula 8 utilizando el Programa Ecuación AASHTO 93. Obteniendo un resultado de **SN = 1,736**

#### Figura 7

Ecuación AASHTO 93 – cálculo de número estructural (sn)



Nota. Tomado de (MTC, 2014)

Selección de espesores: se seleccionó el valor de coeficiente estructural, para poder obtener los espesores de la carpeta asfáltica y para los coeficientes, con lo cual se obtiene la tabla 26.

**Tabla 26**

*Espesores de capas*

<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>D3</b>
5.0 cm	20,0 cm	0,0 cm
SNR (Requerido)	1,736	<i>Debe cumplir SNR (Resultado) &gt; SNR (Requerido)</i>
SNR (Resultado)	1,89	<i>Si Cumple</i>

Interpretacion: Se observa que los valores son adecuados y recomendados por el MTC del Perú para el diseño de pavimento flexible. Por lo tanto, el valor de coeficiente estructural 1,736 es viable para el diseño de Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 86,41 MPa (12533.34 PSI) según la Tabla 26 de espesores de capa.

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

De la investigación realizada, se puede evidenciar que:

Se afirma que el diseño de pavimento flexible por el método AASHTO, mejora la transitabilidad vial en el camino vecinal

Que mediante el AASHTO el diseño de un pavimento flexible es el más adecuado para esta carretera, en el cual se recomienda una capa asfáltica con espesor de 5 centímetros y una base granular de 20 centímetros.

Se afirma que el nivel de transitabilidad vial en el camino vecinal es deficiente y que con el estudio de tráfico queda demostrado un incremento significativo de tráfico.

El bajo tránsito en el sector tramo río seco se debe principalmente a que la carretera es una trocha, llegando a ser un tránsito con un índice medio diario anual de 153 vehículos.

Se afirma que el tramo I (Puente Sobraya ingreso) a evaluar su transitabilidad presenta mayor deficiencia.

Del tramo seleccionado a estudio en la evaluación de campo de evidencia la necesidad de realizar un diseño de pavimento flexible debido a que muestra una mayor deficiencia del tránsito solo se aprecia gráficamente también en el anexo 2.

Se afirma que el diseño de pavimento flexible mejora significativamente la transitabilidad vial.

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, nos da las normas por las cuales se puede diseñar un pavimento flexible haciendo eso una necesidad para el desarrollo del presente estudio

## CONCLUSIONES

Se determina el diseño de pavimento flexible, al hallar los resultados del estudio de tráfico y del estudio de suelos, se consiguió el número estructural de SN = 1,736, con el cual obtuvimos los factores para luego determinar que la estructura de la carpeta asfáltica recomendada por el MTC fuese de 0,170. Siguiendo el manual de carreteras del MTC en el catálogo de estructuras de pavimentos flexibles, observamos que siendo del tipo TP0 y teniendo un ensayo del CBR del 12%, se recomienda el uso de una carpeta asfáltica de espesor de 5cm y una base granular de 20cm. Por lo tanto, después de haber realizado los estudios correspondientes, y verificar que cumple con todas las condiciones y requerimientos, se muestra que la transitabilidad vial en el camino vecinal se mejora por el incremento de vehículos a circular.

Con respecto al nivel de transitabilidad del sector, la distribución de vehículos en el IMD, muestra que semanalmente 798 vehículos transitan por el camino vecinal, tramo Río seco y que la mayor cantidad de vehículos que transitan por la zona son automóviles, seguidos por los ST. Wagon y luego por vehículos livianos, concluyendo que los mototaxis (L5) representan un porcentaje importante (23,43%) de los todos los vehículos que transitan por el sector. Por medio del IMD se pudo determinar que el IMD semanal es de 114, y el IMD anual de 153, concluyendo así que la proyección del tráfico para el año 2039 se incrementará en un 62.09%, respecto al año base.

Del estudio de tráfico realizado, se demuestra que en el tramo I, ubicado en el puente Sobraya, km 0+000, del tramo de estudio cuenta con mayor índice de vehículos y peatones de los cuales de anexo los conteos vehiculares del tramo I. mostrando que hay mayor deficiencia de transitabilidad vial.

Al analizar el diseño de pavimento flexible mediante el método AASHTO 93, se demuestran la necesidad y viabilidad para realizar el diseño de pavimento flexible, según los reglamentos establecidos por el Ministerios de Transportes y Comunicaciones, dado que es un sector de la población que se beneficiara con la vía.

## RECOMENDACIONES

Se sugiere a las autoridades locales de los distritos de Pocollay y Calana revisar sus planes de desarrollo vial, así como también un mayor control en la ejecución de obras en carreteras del sector.

Específicamente en el camino vecinal, tramo Río seco, se recomienda realizar el pavimento flexible, ya que los resultados obtenidos del presente estudio confirman que es el más adecuado para la trocha, y así obtener una carretera que beneficie el desarrollo de la comunidad, logrando reducir costos de transporte, tiempo y accidentes a futuro.

Por los resultados obtenidos, se recomienda y demuestra que no se requiere de una subbase granular para la carpeta asfáltica en esta carretera, ya que con los dos espesores de 5 centímetros de capa asfáltica y 20cm de base granular se alcanza el número estructural requerido dentro del catálogo de transportes de MTC del Perú.

Se recomienda a las autoridades locales, regionales, en enfatizar la ejecución de obras civiles para la intercomunicación de la población, mejorando la calidad de vida de la población en el área de estudio, ya que cumplen con los requisitos del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO (1993). *Guide for design of pavement structures*. Estados Unidos.

ACI (2005). *High-strength concrete (ACI-363R)*, Estados Unidos.

Arenas, A. (2017). *Análisis comparativo de los métodos (aashto 93, boussinesq, abacos de colorado), para el cálculo del espesor de mejoramiento de subrasante en la carretera dv. Las Vegas-Tarma, provincia de Tarma – región Junin*

Asphalt Institute (1981). *Thickness Design: Asphalt Pavements For Highways and Streets, Manual Series No. I (MS-1)*, Estados Unidos.

Bernilla, E., y Cubas, N. (2015). *Diseño de pavimentos y veredas para mejorar la transitibilidad en el sector III de la localidad de Pucará, Distrito de Pucará, Provincia de Jaén—2015*. Universidad César Vallejo.

Briceño, L., & Narcizo, W. (2019). *Análisis comparativo del diseño estructural del pavimento flexible entre las metodologías de la AASHTO-93 y la del instituto del asfalto para el camino vecinal de jalcán al caserío de chuan parte baja, distrito de jalcán, la libertad*. Universidad Privada Antenor Orrego.

Chirinos, C. (2016). *Efecto de la energía de compactación en la densidad seca máxima y contenido óptimo de la humedad del suelo granular de la cantera el Gavilán, 2015*.

Coronado, J. (2002) *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos. Guatemala: Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA)*.

Consamollo, V. (s. f.). *La Clasificación AASHTO*.

Del Águila Ramírez, I. M., y Macedo Trinidad, J. A. (2019). *Estudio definitivo del mejoramiento del camino vecinal Achual Limón – 4 de Octubre – La Unión, provincia de Alto Amazonas – Loreto – I Etapa*. Universidad Nacional de San Martín de Porres

Gomez, J. (2017). *Análisis del Creep y su afectación al factor de mejoramiento de módulos, en Geoceldas poliolefinas utilizando el método Isotérmico escalonado, norma ASTM D6992. 62*.

Lozano, D. (2015). *Diseño óptimo de la estructura del pavimento flexible en la H.U.P. Villa Victoria del distrito de Nuevo Chimbote, mediante el método del instituto del asfalto y AASHTO*. Universidad Nacional del Santa.

Machado, J. L. G. (2017). *UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN*.

Manayay Rivas, L. A., y Mudarra Vilca, R. I. (2018). *Estudio de transitabilidad vial en la avenida aeropuerto distrito de huanchaco, trujillo—La libertad, aplicando la metodología AASHTO 93*. Universidad Privada Antenor Orrego - UPAO.

Medina, C. (2019). *Evaluación del diseño y proceso constructivo del mejoramiento del camino vecinal Shamboyacu- Chambira – Vista Alegre, en el distrito de Shamboyacu- Picota-San Martin*.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018). *"Glosario de Términos" de uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial*, Lima, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico*, Lima, Perú

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). *Manual de Carreteras: Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras*, Lima, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*, Lima, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*, Lima, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). *Manual de Carreteras: Ensayo de Materiales*, Lima, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). *Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción*, Lima, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2011). *Manual de Carreteras: Hidrología, Hidráulica y Drenaje*, Lima, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2015). *Manual de Carreteras: Manual de Inventarios Viales*, Lima, Perú.



Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG- 2018*, Lima, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG- 2014.*, Lima, Perú

Montejo, A. (2006) Ingeniería de Pavimentos: *Fundamentos, estudios básicos y diseño*. (Tercera ed.) Colombia: Universidad Católica de Colombia.

Ramos, L. (2019). *Mecánica de suelos aplicada al diseño de estructura de pavimento para el mejoramiento de la transitabilidad en vías urbanas*. Universidad Nacional Federico Villarreal.

Rengifo, K. (2015). *Diseño de los pavimentos de la nueva carretera Panamericana Norte en el tramo de Huacho a Pativilca (KM 188 a 189)*. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Rico, A, Del Castillo, H. (1999). *La ingeniería de suelos en las vías terrestres*. (Volumen 2). México: Limusa

Sosa, A. (2018). *Propuesta de renovación del pavimento para la mejora de la transitabilidad vial en la avenida Cuzco, distrito Mi Perú—Callao*. Universidad de San Martín de Porres - USMP.

Vara, A.A. (2017). *Desde la idea a la sustentación: 7 pasos para una tesis exitosa*. Universidad de San Martín de Porres.

**ANEXO 1 :MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

<b>INTERROGANTE GENERAL</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS.</b>	<b>VARIABLES E INDICADORES</b>	<b>METODOLOGÍA Y DISEÑO</b>
<p><b>Principal</b></p> <p>¿De qué manera el diseño de pavimento flexible mejorará la transitabilidad vial en el Camino Vecinal, tramo: Rio Seco – Limite Calana, Distrito de Pocollay – Tacna – 2019?</p> <p><b>Secundarios</b></p> <p>a. ¿Cuál es el nivel de transitabilidad vial en el camino vecinal?</p> <p>b. ¿En cuál de los tramos del camino vecinal se evalúa mejor la transitabilidad vial?</p> <p>c. ¿de qué manera el diseño de pavimento flexible mejora la transitabilidad?</p>	<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Determinar el Diseño de Pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vial en el camino vecinal, tramo: Rio Seco – limite Calana, distrito de Pocollay – Tacna – 2019.</p> <p><b>Objetivos Específicos</b></p> <p>a. Identificar el nivel de transitabilidad vial en el camino vecinal.</p> <p>b. Determinar en cuál de los tramos se evalúa mejor la transitabilidad en el camino vecinal.</p> <p>c. Analizar Cómo podrá el diseño de pavimento flexible mejorar la transitabilidad .</p>	<p><b>Hipótesis General</b></p> <p>El diseño de pavimento flexible mejora significativamente la transitabilidad vial en el Camino Vecinal, tramo: Río seco – Límite Calana, Distrito de Pocollay – Tacna – 2019.</p> <p><b>Hipótesis Especificas</b></p> <p>a. El nivel de transitabilidad vial en el camino vecinal es deficiente.</p> <p>b. El tramo I (Puente Sobraya ingreso) a evaluar su transitabilidad presenta mayor deficiencia.</p> <p>c. El diseño de pavimento flexible mejora significativamente la transitabilidad vial.</p>	<p>Para demostrar y comprobar la hipótesis anteriormente formulada, la operacionalizamos, determinando las variables e indicadores que a continuación se mencionan:</p> <p><b>Variable Independiente:</b> Diseño de pavimento flexible</p> <p><b>Indicadores:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aforo vehicular.</li> <li>• Esal de Diseño.</li> <li>• CBR.</li> <li>• Pavimento Flexible.</li> <li>• Parámetros de Diseño.</li> <li>• Métodos de Diseño.</li> <li>• Procedimiento de Diseño (DG-2018).</li> </ul> <p><b>Variable Dependiente:</b> Mejorar la transitabilidad Vial”.</p> <p><b>Indicadores:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Transitabilidad</li> <li>• Serviciabilidad.</li> </ul>	<p><b>Tipo de Investigación</b></p> <p>Por el tipo de investigación, el presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación básica con enfoque cuantitativo.</p> <p><b>Diseño de la Investigación</b> Descriptiva, exploratoria.</p> <p><b>Ámbito de Estudio</b></p> <p>Camino vecinal:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tramo: Rio Seco – limite calana, distrito de Pocollay – Tacna – 2019.</li> <li>- Población: Muestral-Aleatoria.</li> </ul> <p><b>Técnicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudio de suelos.</li> <li>- Diseño geométrico (DG-2018).</li> <li>- Topografía.</li> <li>- Aforo vehicular (IMD).</li> <li>- Esal de Diseño.</li> <li>- Ensayos de laboratorio.</li> </ul>

**ANEXO 2 :PANEL FOTOGRAFICO**

## PANEL FOTOGRÁFICO



FIGURA N° 01: PARALELO A RIO SECO Y LA AV. COLLPA

## FOTOS DE TRAMO RÍO SECO

BACHES MUY PRONUNCIADOS, FALTA DE TRANSITABILIDAD VIAL Y SEÑALIZACION VIAL



CONTAMINACION POR LA EMISION DE POLVO.



**ANEXO 3 :ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR**

### ESTUDIO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	Sobraya - Peschay <i>TARAPI</i>
SENTIDO	Pochay - Sobraya
UBICACIÓN	Sector Peschay - Sobraya, Distrito Pochay

ESTACIÓN	1
DÍA	Lunes
FECHA	11/09/20

HORA	EQUIPO LIVIANO 	AUTO 	STATION WAGON 	CAMIONETAS				BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
				PICK UP 	PANEL 	RURAL COMBI 	MICRO 	2 E 	>=3 E 	2 E 	3 E 	4 E 	2S1/2S2 	2S3 	3S1/3S2 	>= 3S3 	2T2 	2T3 	3T2 	>=3T3 	
7-8			#																		
8-9																					
9-10																					
10-11																					
11-12																					
12-13																					
13-14																					
14-16																					
15-16																					
16-17																					
17-18																					
18-19																					
TOTALES																					

JEFE DE BRIGADA:

ING RESPONS.: \_\_\_\_\_

SUPERV. MTCC: \_\_\_\_\_

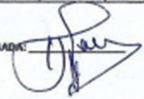


## ESTUDIO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	TRAMO II	ESTACIÓN	2
SENTIDO	Peschay - Soloraya	DÍA	Martes
UBICACIÓN	Sector Peschay - Soloraya, distrito de Poulay	FECHA	12/05/20

HORA	EQUIPO LIVIANO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
				PICK UP	PANEL	RURAL COMBI		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
7-8																						
8-9																						
9-10																						
10-11																						
11-12																						
12-13																						
13-14																						
14-16																						
15-16																						
16-17																						
17-18																						
18-19																						
TOTALES																						

JEFE DE BRIGADA:



ING RESPONS.:

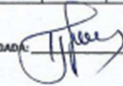
SUPERV. MTCC:

## ESTUDIO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	TADPO III	ESTACIÓN	3
SENTIDO	Peschay - Sobraya	DÍA	Miércoles
UBICACIÓN	Sector Peschay - Sobraya - Distrito de Pacollej	FECHA	13/05/20

HORA	EQUIPO LIVIANO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS				BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
				PICK UP	PANEL	RURAL COMBI	MICRO	2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
7-8																						
8-9																						
9-10																						
10-11																						
11-12																						
12-13																						
13-14																						
14-16																						
15-16																						
16-17																						
17-18																						
18-19																						
TOTALES																						

JEFE DE BRIGADA:



IVO RESPONS.:

SUPERV. MTCC:

### ESTUDIO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	TRAMO IV
SENTIDO	Peschay - Schwager
UBICACIÓN	Sector Peschay - Schwager distrito de Pocollay

ESTACIÓN	4
DÍA	JUEVES
FECHA	14/05/20

HORA	EQUIPO LIVIANO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS				BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
				PICK UP	PANEL	RURAL COMBI	MICRO	2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
7-8	IIII	IIII	IIII	II		III																
8-9	III	IIII	III			I																
9-10		IIII	III	I		I																
10-11																						
11-12																						
12-13	IIII	IIII	IIII																			
13-14	II	IIII	IIII	I																		
14-16																						
15-16																						
16-17																						
17-18	IIII	IIII	IIII			II																
18-19	IIII	IIII	IIII	I		I																
TOTALES																						

JEFE DE BRIGADA:

ING RESPONS.: \_\_\_\_\_

SUPERV. MTCC: \_\_\_\_\_

## ESTUDIO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA <u>TRAMO V</u>													ESTACIÓN <u>5</u>									
SENTIDO <u>Pedernay - Sobroya</u>													DÍA <u>VIERNES</u>									
UBICACIÓN <u>Sobr. Pedernay - Sobroya distrito de Pocollay</u>													FECHA <u>15/05/20</u>									
HORA	EQUIPO LIVIANO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
				PICK UP	PANEL	RURAL COMBI		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
7-8	≠	≠	1	11		11																
8-9	11	11	≠	1		11																
9-10	1	≠		11																		
10-11																						
11-12																						
12-13	11	111	≠																			
13-14	≠	111	1			1																
14-16																						
15-16																						
16-17																						
17-18	11	≠11	≠			1																
18-19	≠	111	≠	1		1																
TOTALES																						

JEFE DE BRIGADA:

ING RESPONS: \_\_\_\_\_

SUPERV. NTCC: \_\_\_\_\_

## ESTUDIO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA <u>TRAMO VI</u>													ESTACIÓN <u>6</u>								
SENTIDO <u>Deschay - Sobraya</u>													DÍA <u>SABADO</u>								
UBICACIÓN <u>Sector Peschay - Sobraya distrito de Pucallay</u>													FECHA <u>16/05/20</u>								
HORA	EQUIPO LIVIANO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS				BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER				TOTAL	
				PICK UP	PANEL	RURAL COMBI	MICRO	2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2		>=3T3
7-8																					
8-9						1															
9-10																					
10-11																					
11-12																					
12-13																					
13-14																					
14-16																					
15-16																					
16-17																					
17-18																					
18-19																					
TOTALES																					

JEFE DE BRIGADA

ING RESPONS: \_\_\_\_\_

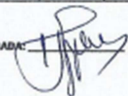
SUPERV. MTCC: \_\_\_\_\_

## ESTUDIO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	VIT	ESTACIÓN	F.
SENTIDO	Pocchay Sobraya	DÍA	DOMINGO
UBICACIÓN	Sector Pocchay-Sobraya distrito de Pocchay	FECHA	17/05/20

HORA	EQUIPO LIVIANO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS				BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
				PICK UP	PANEL	RURAL COMBI	MICRO	2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
7-8	##	##	##	##																	
8-9		##																			
9-10																					
10-11																					
11-12																					
12-13	##	##	##	##																	
13-14	##	##	##	##																	
14-16																					
15-16																					
16-17																					
17-18	##	##	##	##																	
18-19	##	##	##	##																	
TOTALES																					

JEFE DE BRIGADA:



ING RESPONS: \_\_\_\_\_

SUPERV. MTCC: \_\_\_\_\_

**ANEXO 4 :ESTUDIO DE SUELOS**



TECNICOS E INGENIEROS E.I.R.L.  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
**NORMA ASTM D422**

TESIS : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MÉTODO AASHTO 93 PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL CAMINO VECINAL, TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA - 2019.  
UBICACIÓN : TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, PROVINCIA DE TACNA, REGION TACNA.  
TESISTAS : BACIL SPENCER DAVID PARI JIMENEZ  
BACH. LUIS MARLON CHIPANA JIMENEZ  
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALICATA 01  
FECHA : TACNA DEL 2020

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						<b>CALICATA N° 01</b>  Profundidad = 1.50 mts. Limites de Consistencia : LL = 18.8 LP = N.P. IP = N.P.  Clasificación S.U.C.S. (SM) Arena limosa con tinos no plasticos.  Peso de la Muestra: 717.00 <b>OBSERVACIONES:</b> La muestra corresponde al estrato N°2 de 0.20 a 1.50 m de profundidad.
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/4"	6.350						
No4	4.750	5.70	0.79	0.79	99.21		
No8	2.380	8.30	1.16	1.95	98.05		
No10	2.000						
No16	1.190	15.20	2.12	4.07	95.93		
No20	0.840						
No30	0.590	75.20	10.49	14.56	85.44		
No40	0.420						
No 50	0.300	89.20	12.44	27.00	73.00		
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	154.70	21.58	48.58	51.42		
No200	0.074	162.40	22.65	71.23	28.77		
BASE		206.30	28.77	100.00	0.00		
TOTAL		717.00	100.00				
% PERDIDA							







TECNICOS E INGENIEROS E.I.R.L.  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
**NORMA ASTM D422**

TESIS : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MÉTODO AASHTO 93 PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL CAMINO VECINAL, TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA - 2019.  
UBICACIÓN : TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, PROVINCIA DE TACNA, REGION TACNA.  
TESISTAS : BACH. SPENCER DAVID PAHI JIMENEZ  
BACH. LUIS MARLON CHIPANA JIMENEZ  
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALICATA 02  
FECHA : TACNA DEL 2020

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						<b>CALICATA Nº 02</b>  Profundidad = 1.50 mts. Límites de Consistencia : LL = 19,6 LP = N.P. IP = N.P.  Clasificación S.U.C.S. (SM) Arena limosa con finos no plasticos.  Peso de la Muestra: 680.70 <b>OBSERVACIONES:</b> La muestra corresponde al estrato Nº2 de- 0.20 a 1.50 m de profundidad.
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/4"	6.350						
No4	4.760	3.60	0.53	0.53	99.47		
No8	2.380	11.30	1.66	2.19	97.81		
No10	2.000						
No16	1.190	12.70	1.87	4.05	95.95		
No20	0.840						
No30	0.590	65.40	9.61	13.66	86.34		
No40	0.420						
No 50	0.300	73.70	10.83	24.49	75.51		
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	145.20	21.33	45.82	54.18		
No200	0.074	175.50	25.49	71.31	28.69		
BASE		195.30	28.69	100.00	0.00		
TOTAL		680.70	100.00				
% PERDIDA							



Claros J Flores Castro  
Técnico-Laboratorista  
Suelos Concretos y Pavimentos


**TECNICOS E INGENIEROS E.I.R.L.**

 LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**
**NORMA ASTM D422**

**TESIS** : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MÉTODO AASHTO 93 PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL CAMINO VECINAL, TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA - 2019.  
**UBICACIÓN** : TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, PROVINCIA DE TACNA, REGION TACNA.  
**TESISTAS** : BACH. SPENCER DAVID PARI JIMENEZ  
 BACH. LUIS MARLON CHIPANA JIMENEZ  
**MUESTRA** : SUELO DE FUNDACION CALICATA 03  
**FECHA** : TACNA DEL 2020

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						<b>CALICATA N° 03</b>  Profundidad = 1.50 mts. Límites de Consistencia : LL = 19,6 LP = N.P. IP = N.P.  Clasificación S.U.C.S. (SM) Arena limosa con finos no plasticos.  Peso de la Muestra: 608.60 <b>OBSERVACIONES:</b> La muestra corresponde al estrato N°2 de- 0.20 a 1.50 m de profundidad.
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/4"	6.350						
No4	4.760	1.80	0.30	0.30	99.70		
No8	2.380	4.50	0.74	1.04	98.96		
No10	2.000						
No16	1.190	9.70	1.59	2.63	97.37		
No20	0.840						
No30	0.590	46.10	7.57	10.20	89.80		
No40	0.420						
No 50	0.300	69.30	11.39	21.59	78.41		
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	141.80	23.30	44.89	55.11		
No200	0.074	159.20	26.16	71.05	28.95		
BASE		176.20	28.95	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		<b>608.60</b>	<b>100.00</b>				
<b>% PERDIDA</b>							



  
**Carlos Flores Castro**  
 Técnico Laboratorio  
 Suelos Concretos y Pavimentos





TECNICOS E INGENIEROS E.I.R.L.  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NORMA ASTM D422

TESIS : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MÉTODO AASHTO 93 PARA MEJORAR LA TRANSTABILIDAD VIAL EN EL CAMINO VECINAL, TRAMO RIO SECO – LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA - 2019.

UBICACIÓN : TRAMO RIO SECO – LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, PROVINCIA DE TACNA, REGION TACNA.

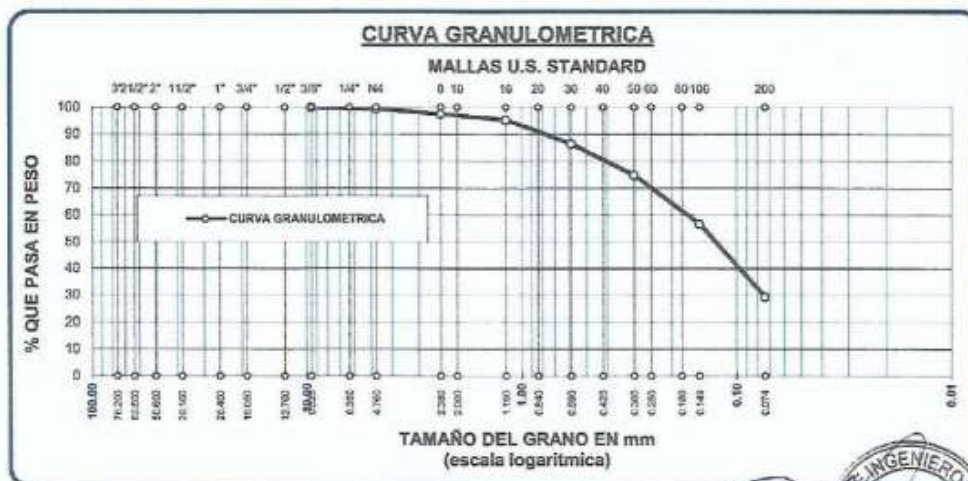
TESISTAS : BACH. SPENCER DAVID PARI JIMENEZ

BACH. LUIS MARLON CHIPANA JIMENEZ

MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALCATA 01

FECHA : TACNA DEL 2020

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						<b>CALICATA N° 04</b>  Profundidad = 1.50 mts. Límites de Consistencia : LL = 19,9 LP = N.P. IP = N.P.  Clasificación S.U.C.S. (SM) Arena limosa con finos no plasticos.  Peso de la Muestra: 631.70 <b>OBSERVACIONES:</b> La muestra corresponde al estrato N°2 de 0.0 a 1.50 m de profundidad.
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00		
1/4"	6.350						
No4	4.760	3.50	0.55	0.55	99.45		
No8	2.380	12.30	1.95	2.50	97.50		
No10	2.000						
No16	1.190	13.90	2.20	4.70	95.30		
No20	0.840						
No30	0.590	56.20	8.90	13.60	86.40		
No40	0.420						
No 50	0.300	73.00	11.56	25.15	74.85		
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	115.20	18.24	43.39	56.61		
No200	0.074	172.60	27.32	70.71	29.29		
BASE		185.00	29.29	100.00	0.00		
TOTAL		631.70	100.00				
% PERDIDA							



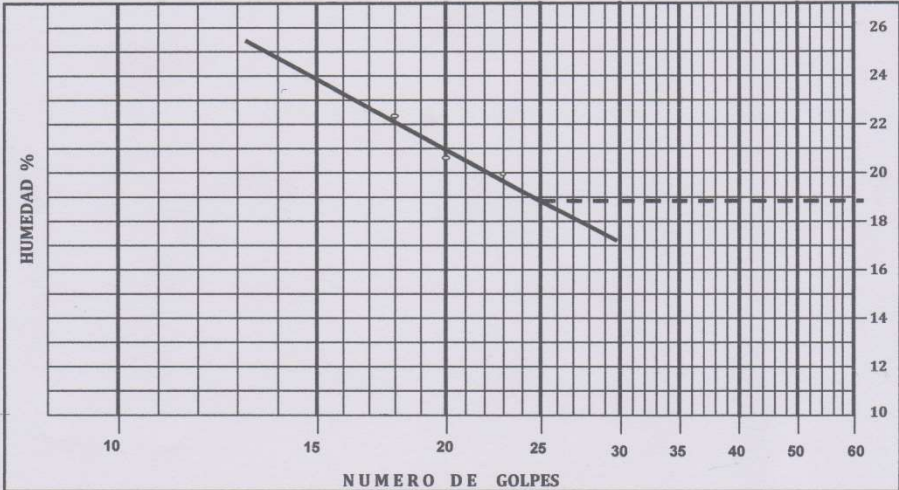


TECNICOS E INGENIEROS E.I.R.L.  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**LIMITES DE ATTERBERG**  
NORMA NTP 339.129 / ASTM D-4318

TESIS : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MÉTODO AASHTO 93 PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL CAMINO VECINAL, TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA - 2019.  
UBICACIÓN : TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, PROVINCIA DE TACNA, REGION TACNA.  
TESISTAS : BACH. SPENCER DAVID PARI JIMENEZ  
BACH. LUIS MARLON CHIPANA JIMENEZ  
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALICATA 01  
FECHA : TACNA DEL 2020

DESCRIPCION	UNID.	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			
		18	20	23				
Nº DE GOLPES		18	20	23				
TARRO Nº		1	2	3				
PESO SUELO HUMEDO + TARA	gr.	50.28	48.35	46.79				
PESO SUELO SECO + TARA	gr.	45.04	43.02	42.22				
PESO DEL AGUA	gr.	5.24	5.33	4.57				
PESO DE LA TARA	gr.	21.52	19.44	18.91				
PESO DEL SUELO SECO	gr.	23.52	23.58	23.31				
HUMEDAD	%	22.28	22.60	19.61				
<b>L L:</b>	<b>18.80</b>	<b>%</b>	<b>LP:</b>	<b>N.P.</b>	<b>%</b>	<b>IP:</b>	<b>N.P.</b>	<b>%</b>



Observaciones :

*Claros J. Flores Castro*  
Técnico Laboratorista  
Suelos Concretos y Pavimentos



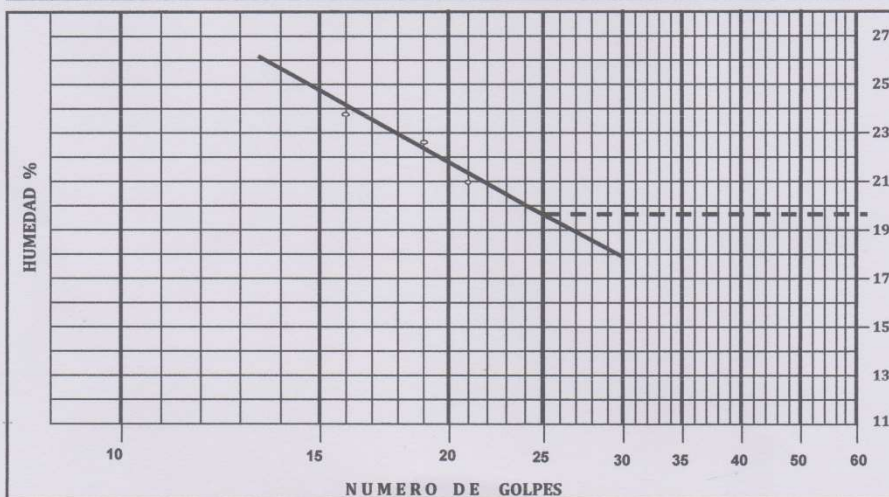
TECNICOS E INGENIEROS E.I.R.L.  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

### LIMITES DE ATTERBERG

NORMA NTP 339.129 / ASTM D-4318

TESIS : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MÉTODO AASHTO 93 PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL CAMINO VECINAL, TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA - 2019.  
UBICACIÓN : TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, PROVINCIA DE TACNA, REGION TACNA.  
TESISTAS : BACH. SPENCER DAVID PARI JIMENEZ  
BACH. LUIS MARLON CHIPANA JIMENEZ  
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALICATA 02  
FECHA : TACNA DEL 2020

DESCRIPCION	UNID.	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
		16	19	21			
N° DE GOLPES		16	19	21			
TARRO N°		1	2	3			
PESO SUELO HUMEDO + TARA	gr.	45.96	47.22	43.84			
PESO SUELO SECO + TARA	gr.	41.09	42.83	39.56			
PESO DEL AGUA	gr.	4.87	4.39	4.28			
PESO DE LA TARA	gr.	20.54	22.50	19.16			
PESO DEL SUELO SECO	gr.	20.55	20.33	20.40			
HUMEDAD	%	23.70	21.59	20.98			
<b>L L:</b>	<b>19.60</b> %	<b>L P:</b> N.P. %			<b>I P:</b> N.P. %		



Observaciones :

*Claras J. Flores Castro*  
Técnico Laboratorista  
Suelos Concretos y Pavimentos



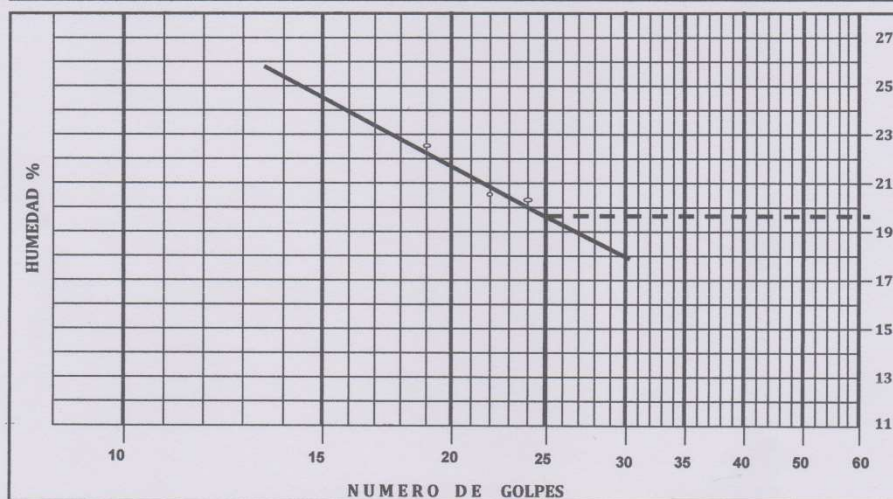
**TÉCNICOS E INGENIEROS E.I.R.L.**  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

### LIMITES DE ATTERBERG

NORMA NTP 339.129 / ASTM D-4318

**TESIS** : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MÉTODO AASHTO 93 PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL CAMINO VECINAL, TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA - 2019.  
**UBICACIÓN** : TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, PROVINCIA DE TACNA, REGION TACNA.  
**TESISTAS** : BACH. SPENCER DAVID PARI JIMENEZ  
BACH. LUIS MARLON CHIPANA JIMENEZ  
**MUESTRA** : SUELO DE FUNDACION CALICATA 03  
**FECHA** : TACNA DEL 2020

DESCRIPCION	UNID.	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		19	22	24		
N° DE GOLPES		19	22	24		
TARRO N°		1	2	3		
PESO SUELO HUMEDO + TARA	gr.	49.33	43.75	45.12		
PESO SUELO SECO + TARA	gr.	44.86	39.94	40.86		
PESO DEL AGUA	gr.	4.47	3.81	4.26		
PESO DE LA TARA	gr.	25.09	21.35	21.73		
PESO DEL SUELO SECO	gr.	19.77	18.59	19.13		
HUMEDAD	%	22.61	20.49	22.27		
<b>L.L:</b>	<b>19.60</b> %	<b>LP:</b> N.P. %			<b>IP:</b> N.P. %	



Observaciones :

*Claros J. Flores Castro*  
Técnico Laboratorista  
Suelos Concretos y Pavimentos



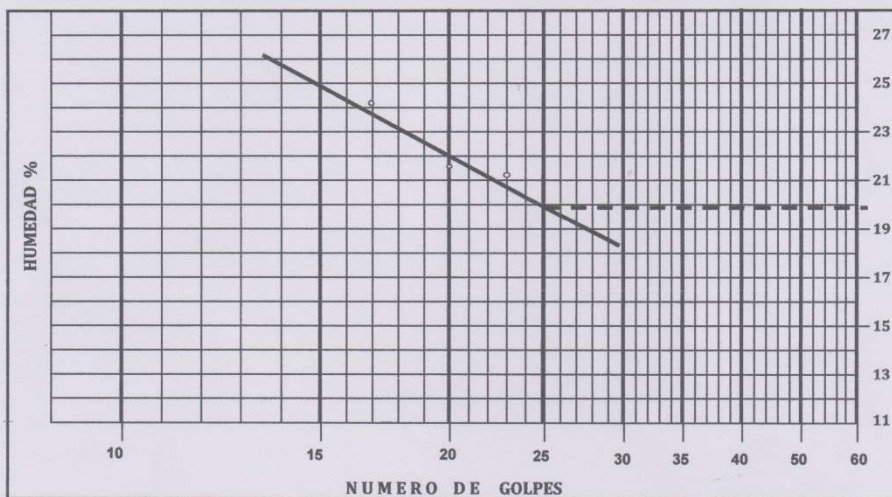
TECNICOS E INGENIEROS E.I.R.L.  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

### LIMITES DE ATTERBERG

NORMA NTP 339.129 / ASTM D-4318

TESIS : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MÉTODO AASHTO 93 PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL CAMINO VECINAL, TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA - 2019.  
UBICACIÓN : TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, PROVINCIA DE TACNA, REGION TACNA.  
TESISTAS : BACH. SPENCER DAVID PARI JIMENEZ  
BACH. LUIS MARLON CHIPANA JIMENEZ  
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALICATA 04  
FECHA : TACNA DEL 2020

DESCRIPCION	UNID.	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			
		17	20	23				
Nº DE GOLPES		17	20	23				
TARRO Nº		1	2	3				
PESO SUELO HUMEDO + TARA	gr.	45.68	40.71	42.93				
PESO SUELO SECO + TARA	gr.	40.99	36.85	38.83				
PESO DEL AGUA	gr.	4.69	3.86	4.10				
PESO DE LA TARA	gr.	21.52	18.91	19.44				
PESO DEL SUELO SECO	gr.	19.47	17.94	19.39				
HUMEDAD	%	24.09	21.52	21.14				
<b>L L:</b>	<b>19.90</b>	<b>%</b>	<b>L P:</b>	<b>N.P.</b>	<b>%</b>	<b>I P:</b>	<b>N.P.</b>	<b>%</b>



Observaciones :

*Claros J. Flores Castro*  
Técnico Laboratorista  
Suelos Concretos y Pavimentos





TECNICOS E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**ENSAYO DE COMPACTACION**  
**PROCTOR MODIFICADO NORMA ASTM D 1557 - A**

**TESIS** : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MÉTODO AASHTO 93 PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VIAL  
EN EL CAMINO VECINAL, TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA - 2019.

**UBICACIÓN** : TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, PROVINCIA DE TACNA, REGION TACNA.

**TESISTAS** : BACH. SPENCER DAVID PARI JIMENEZ  
BACH. LUIS MARLON CHIPANA JIMENEZ

**MUESTRA** : SUELO DE FUNDACION CALICATA 01

**FECHA** : TACNA DEL 2020

MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	995 cc
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	25

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	6108	6203	6274	6271
Peso del Molde	gr.	4130	4130	4130	4130
Peso del Suelo Humedo	gr/cc.	1978	2073	2144	2141
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	1.988	2.083	2.155	2.152

Capsula No	No	1	2	3	4
Suelo Humedo + Tara	gr.	758.20	835.20	752.30	766.30
Peso del Suelo Seco + Tara	gr.	712.40	769.30	678.50	684.50
Peso del Agua	gr.	45.80	65.90	73.80	81.80
Peso de la Tara	gr.	78.30	100.40	83.60	93.50
Peso del Suelo Seco	gr.	634.10	668.90	594.90	591.00
% de Humedad	%	7.22%	9.85%	12.41%	13.84%
Promedio de Humedad	%	7.22%	9.85%	12.41%	13.84%
Densidad del Suelo Seco	%	1.854	1.897	1.917	1.890

DENSIDAD SECA MAXIMA: 1,918 gr/cc - HUMEDAD OPTIMA 12,0%



  
 Carlos Flores Castro  
 Técnico Laboratorista  






TECNICOS E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS**ENSAYO DE CBR.**

METODO ASTM D - 1883

**TESIS** : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MÉTODO AASHTO 93 PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL CAMINO VECINAL, TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA - 2019.

**UBICACIÓN** : TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, PROVINCIA DE TACNA, REGION TACNA.

**TESISTAS** : BACH. SPENCER DAVID PARI JIMENEZ  
BACH. LUIS MARLON CHIPANA JIMENEZ

**MUESTRA** : SUELO DE FUNDACION CALICATA 01

**FECHA** : TACNA DEL 2020

MOLDE Nro.	1	2	3
Nro. GOLPES POR CAPA	10	25	56
COND. DE LA MUESTRA	SATURADA	SATURADA	SATURADA
Peso molde + suelo humedo	11672	11898	12099
Peso del Molde	7147	7193	7163
Peso del Suelo humedo	4525	4705	4936
Volumen del Suelo	2307	2307	2307
Densidad humeda	1.96	2.04	2.14
% de humedad	12.02	11.88	12.04
Densidad seca	1.751	1.823	1.910
Tara Nro.	T-1	T-2	T-3
Tara + suelo humedo	324.4	376.8	404.7
Tara + suelo seco	289.6	336.8	361.2
Peso del agua	34.8	40.0	43.5
Peso de tara	0.0	0.0	0.0
Peso del suelo seco	289.6	336.8	361.2
% de humedad	12.02	11.88	12.04
Promedio de humedad	12.02	11.88	12.04

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO HRS.	EXPANSION		EXPANSION			EXPANSION	
			LECTURA DIAL	EXPANSION mm. %	LECTURA DIAL	EXPANSION mm. %	LECTURA DIAL	EXPANSION mm. %	

**PENETRACION**

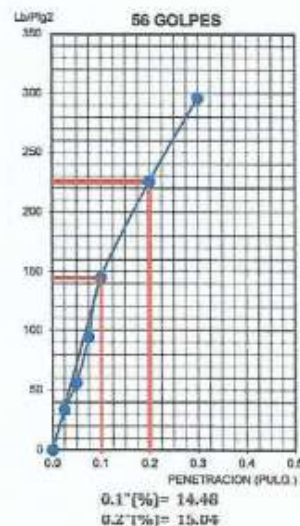
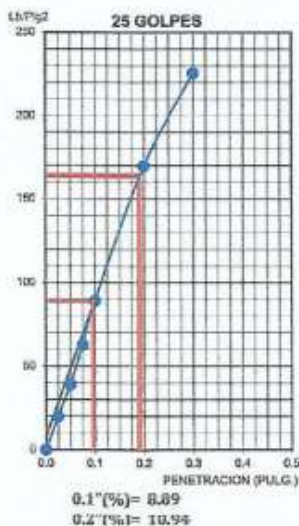
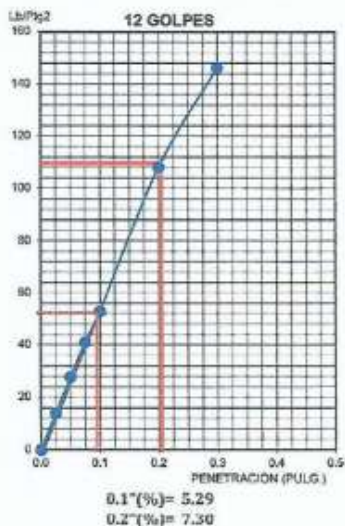
PENETRACION mm.	pulg.	MOLDE Nro:			MOLDE Nro:			MOLDE Nro:		
		LECTURA DIAL	CORRECCION Libras lbs/Pg2		LECTURA DIAL	CORRECCION Libras lbs/Pg2		LECTURA DIAL	CORRECCION Libras lbs/Pg2	
0.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.025		19	42	14	27	60	20	46	101	34
0.050		38	84	28	53	117	39	77	170	57
0.075		56	123	41	85	187	62	129	284	95
0.100		72	159	53	121	267	89	197	434	145
0.200		147	324	108	231	509	170	307	677	226
0.300		199	439	146	307	677	226	403	888	296
0.400										
0.500										

*Clara Flores Castro*  
Técnico Laboratorista

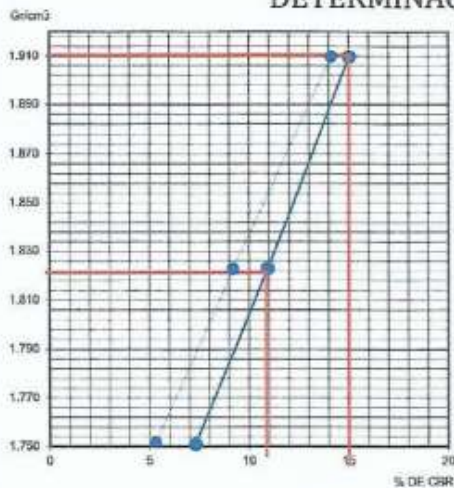


**GRAFICO PENETRACION DE CBR**

**TESIS** : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MÉTODO AASHTO 93 PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL CAMINO VECINAL, TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA - 2019.  
**UBICACIÓN** : TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, PROVINCIA DE TACNA, REGION TACNA.  
**TESISTAS** : BACH. SPENCER DAVID PARI JIMENEZ  
 BACH. LUIS MARLON CHIPANA JIMENEZ  
**MUESTRA** : SUELO DE FUNDACION CALCATA 01  
**FECHA** : TACNA DEL 2020



**DETERMINACION DE CBR**



Datos de Proctor:

Densidad seca :	1.918	gr/cc.
Optimo humedad:	12.0	%

CBR A 0.1"	9%	AL 95% MDS
CBR A 0.1"	14%	AL 100% MDS

CBR A 0.2"	12%	AL 95% MDS
CBR A 0.2"	15%	AL 100% MDS

*Carlos J. Flores Castro*



TECNICOS E INGENIEROS E.I.R.L.  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**ENSAYO DE COMPACTACION**  
**PROCTOR MODIFICADO NORMA ASTM D 1557 - A**

**TESIS** : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MÉTODO AASHTO 93 PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL CAMINO VECINAL, TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA - 2019.  
**UBICACIÓN** : TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, PROVINCIA DE TACNA, REGION TACNA.  
**TESTISTAS** : BACH. SPENCER DAVID PARI JIMENEZ  
BACH. LUIS MARLON CHIPANA JIMENEZ  
**MUESTRA** : SUELO DE FUNDACION CALIGATA 02  
**FECHA** : TACNA DEL 2020

MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	995 cc
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	25

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	6145	6239	6279	6258
Peso del Molde	gr.	4130	4130	4130	4130
Peso del Suelo Humedo	gr/cc	2015	2109	2149	2128
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	2.025	2.120	2.160	2.139

Capsula No	No	1	2	3	4
Suelo Humedo + Tara	gr.	637.40	724.50	651.40	699.60
Peso del Suelo Seco + Tara	gr.	595.50	662.50	588.40	622.50
Peso del Agua	gr.	41.90	62.00	63.00	77.10
Peso de la Tara	gr.	91.50	92.90	85.40	100.10
Peso del Suelo Seco	gr.	504.00	569.60	503.00	522.40
% de Humedad	%	8.31%	10.88%	12.52%	14.76%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	8.31%	10.88%	12.52%	14.76%
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.870	1.912	1.919	1.864

DENSIDAD SECA MAXIMA: 1,920 gr/cc - HUMEDAD OPTIMA 12.2%



*Claras J Flores Castro*  
Técnico Laboratorista  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS  
TACNA


**TECNICOS E INGENIEROS E.I.R.L.**

 LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**ENSAYO DE CBR.**

METODO ASTM D - 1883

**TESIS** : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MÉTODO AASHTO 93 PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VIAL  
 EN EL CAMINO VECINAL, TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA - 2019.  
**UBICACIÓN** : TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, PROVINCIA DE TACNA, REGION TACNA.  
**TESISTAS** : BACH. SPENCER DAVID PARI JIMENEZ  
 BACH. LUIS MARLON CHIPANA JIMENEZ  
**MUESTRA** : SUELO DE FUNDACION CALICATA 02  
**FECHA** : TACNA DEL 2020

MOLDE Nro.	1		2		3	
Nro. GOLPES POR CAPA	10		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	SATURADA		SATURADA		SATURADA	
Peso molde + suelo humedo	11650		11873		12116	
Peso del Molde	7147		7193		7163	
Peso del Suelo humedo	4503		4680		4953	
Volumen del Suelo	2307		2307		2307	
Densidad humeda	1.95		2.03		2.15	
% de humedad	12.08		12.06		12.14	
Densidad seca	1.741		1.810		1.915	
Tara Nro.	T-1		T-2		T-3	
Tara + suelo humedo	465.7		520.5		492.4	
Tara + suelo seco	415.5		464.5		439.1	
Peso del agua	50.2		56.0		53.3	
Peso de tara	0.0		0.0		0.0	
Peso del suelo seco	415.5		464.5		439.1	
% de humedad	12.08		12.06		12.14	
Promedio de humedad	12.08		12.06		12.14	

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO HRS.	LECTURA		EXPANSION		LECTURA		EXPANSION		LECTURA		EXPANSION	
			DIAL		mm.	%	DIAL		mm.	%	DIAL		mm.	%

**PENETRACION**

PENETRACION	MOLDE Nro:					MOLDE Nro:					MOLDE Nro:				
	LECTURA		CORRECCION			LECTURA		CORRECCION			LECTURA		CORRECCION		
	mm.	puig.	DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2	DIAL	Libras	lbs/Pg2	
0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.025	15	33	11	25	55	18	42	93	31						
0.050	34	75	25	61	134	45	72	159	53						
0.075	61	134	45	93	205	68	127	280	93						
0.100	73	161	54	128	282	94	204	450	150						
0.200	139	306	102	242	534	178	334	736	245						
0.300	204	450	150	327	721	240	421	928	309						
0.400															
0.500															

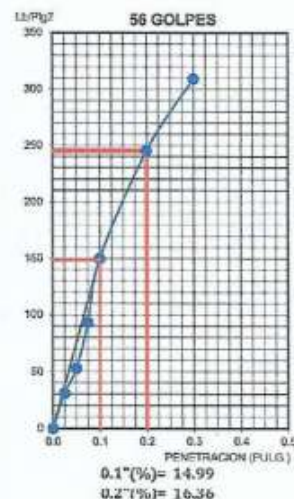
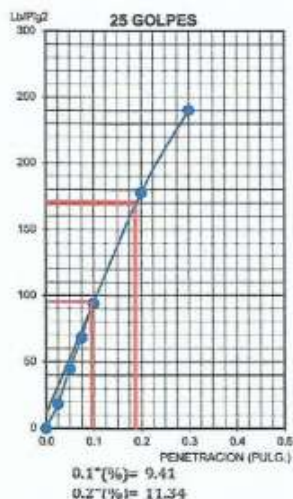
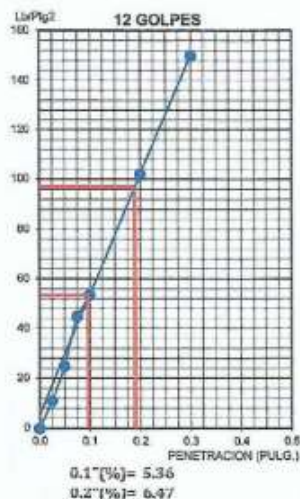
Claros Flores  
 Técnico Laboratorio  
 Suelos Concretos y Pavimentos TACNA



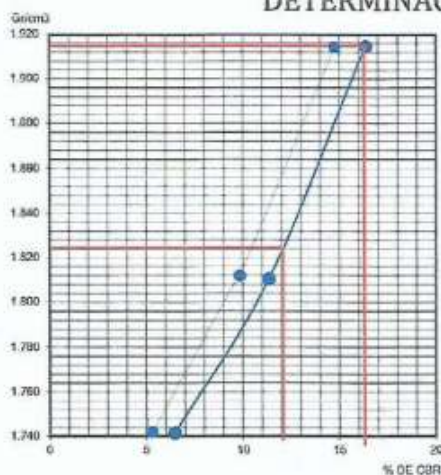
TECNICOS E INGENIEROS E.I.R.L.  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**GRAFICO PENETRACION DE CBR**

**TESIS** : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MÉTODO AASHTO 93 PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL CAMINO VECINAL, TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA - 2019.  
**UBICACIÓN** : TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, PROVINCIA DE TACNA, REGION TACNA.  
**TESISTAS** : BACH. SPENCER DAVID PARI JIMENEZ  
BACH. LUIS MARLON CHIPANA JIMENEZ  
**MUESTRA** : SUELO DE FUNDACION CALICATA 02  
**FECHA** : TACNA DEL 2020



**DETERMINACION DE CBR**



Datos de Proctor:

Densidad seca :	1.920	gr/cc.
Optimo humedad:	12.1	%

CBR A 0.1"	11%	AL 95% MDS
CBR A 0.1"	15%	AL 100% MDS
CBR A 0.2"	12%	AL 95% MDS
CBR A 0.2"	16%	AL 100% MDS

*Ciara Flores Castro*  
Técnico Laboratorista  
Suelos, Concretos y Pavimentos



TECNICOS E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**ENSAYO DE COMPACTACION**  
**PROCTOR MODIFICADO NORMA ASTM D 1557 - A**

**TESIS** : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MÉTODO AASHTO 93 PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VIAL  
EN EL CAMINO VECINAL, TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA - 2019.

**UBICACIÓN** : TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, PROVINCIA DE TACNA, REGION TACNA.

**TESTISTAS** : BACH. SPENCER DAVID PARI JIMENEZ  
BACH. LUIS MARLON CHIPANA JIMENEZ

**MUESTRA** : SUELO DE FUNDACION CALICATA 03

**FECHA** : TACNA DEL 2020

MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	995 cc
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	25

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	6078	6155	6189	6185
Peso del Molde	gr.	4130	4130	4130	4130
Peso del Suelo Humedo	gr/cc.	1948	2025	2059	2055
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	1.958	2.035	2.069	2.065

Capsula No	No	1	2	3	4
Suelo Humedo + Tara	gr.	538.70	635.50	493.60	527.40
Peso del Suelo Seco + Tara	gr.	506.40	584.70	452.60	478.10
Peso del Agua	gr.	32.30	50.80	41.00	49.30
Peso de la Tara	gr.	85.70	74.60	96.20	105.60
Peso del Suelo Seco	gr.	420.70	510.10	356.40	372.50
% de Humedad	%	7.68%	9.96%	11.50%	13.23%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	<b>7.68%</b>	<b>9.96%</b>	<b>11.50%</b>	<b>13.23%</b>
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	<b>1.818</b>	<b>1.851</b>	<b>1.856</b>	<b>1.824</b>

DENSIDAD SECA MAXIMA: 1,857 gr/cc - HUMEDAD OPTIMA 11.2%



  
 Carlos Flores Castro  
 Técnico Laboratorista  
 Suelos Concretos y Pavimentos





TECNICOS E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS**ENSAYO DE CBR.**

METODO ASTM D-1863

**TESIS** : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MÉTODO AASHTO 93 PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL CAMINO VECINAL, TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA - 2019.

**UBICACIÓN** : TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, PROVINCIA DE TACNA, REGION TACNA.

**TESISTAS** : BACH. SPENCER DAVID PARI JIMENEZ  
BACH. LUIS MARLON CHIPANA JIMENEZ

**MUESTRA** : SUELO DE FUNDACION CALICATA 03

**FECHA** : TACNA DEL 2020

MOLDE Nro.	1		2		3	
Nro. GOLPES POR CAPA	10		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	SATURADA		SATURADA		SATURADA	
Peso molde + suelo humedo	11426		11674		11921	
Peso del Molde	7147		7193		7163	
Peso del Suelo humedo	4279		4481		4758	
Volumen del Suelo	2307		2307		2307	
Densidad humeda	1.85		1.94		2.06	
% de humedad	11.27		11.30		11.28	
Densidad seca	1.667		1.745		1.853	
Tara Nro.	T-1		T-2		T-3	
Tara + suelo humedo	503.5		516.3		507.9	
Tara + suelo seco	452.5		463.9		456.4	
Peso del agua	51.0		52.4		51.5	
Peso de tara	0.0		0.0		0.0	
Peso del suelo seco	452.5		463.9		456.4	
% de humedad	11.27		11.30		11.28	
Promedio de humedad	11.27		11.30		11.28	

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO HRS.	EXPANSION		EXPANSION		EXPANSION	
			LECTURA DIAL	mm. %	LECTURA DIAL	mm. %	LECTURA DIAL	mm. %

**PENETRACION**

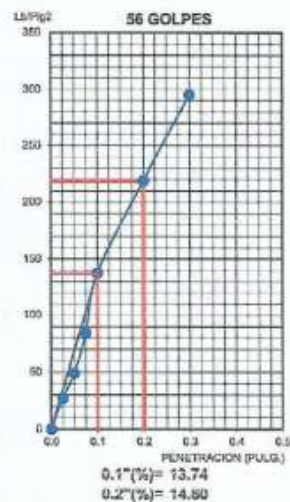
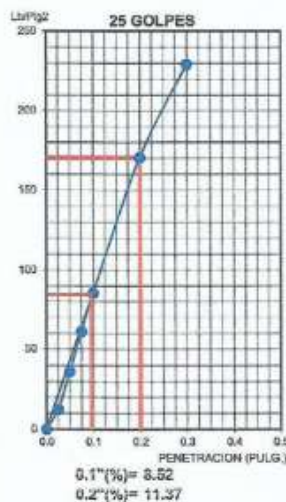
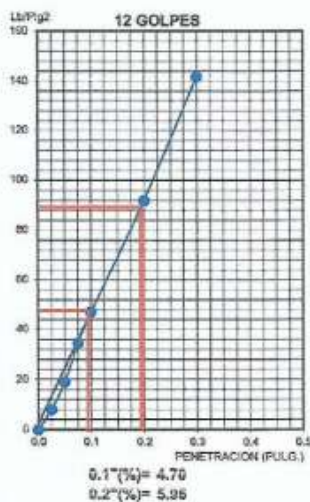
PENETRACION		MOLDE Nro:			MOLDE Nro:			MOLDE Nro:		
mm.	pulg.	LECTURA DIAL	CORRECCION Libras lbs/Pg2		LECTURA DIAL	CORRECCION Libras lbs/Pg2		LECTURA DIAL	CORRECCION Libras lbs/Pg2	
0.000		0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.025		11	24	8	17	37	12	37	82	27
0.050		26	57	19	49	108	36	67	148	49
0.075		47	104	35	83	183	61	115	254	85
0.100		64	141	47	116	256	85	187	412	137
0.200		125	276	92	232	511	170	298	657	219
0.300		193	425	142	312	698	229	402	886	295
0.400										
0.500										

*Clara J. Flores C.*  
Técnico Laboratorio  
Suelos Concretos y Pavimentos

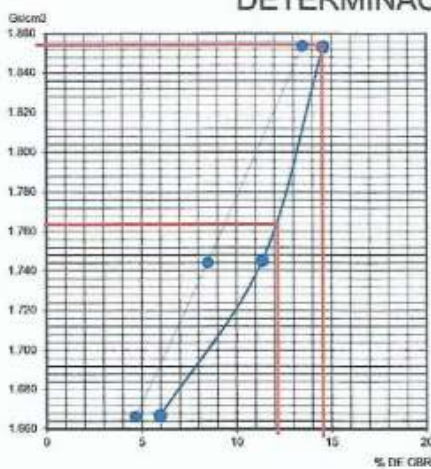


**GRAFICO PENETRACION DE CBR**

**TESIS** : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MÉTODO AASHTO 93 PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL CAMINO VECINAL, TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA - 2019.  
**UBICACIÓN** : TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, PROVINCIA DE TACNA, REGION TACNA.  
**TESISTAS** : BACH. SPENCER DAVID PARI JIMENEZ  
BACH. LUIS MARLON CHIPANA JIMENEZ  
**MUESTRA** : SUELO DE FUNDACION CALICATA 03  
**FECHA** : TACNA DEL 2020



**DETERMINACION DE CBR**



**Datos de Proctor:**

Densidad seca :	1.857	gr/cc.
Óptimo humedad:	11.2	%

CBR A 0.1"	9%	AL 95% MDS
CBR A 0.1"	14%	AL 100% MDS

CBR A 0.2"	12%	AL 95% MDS
CBR A 0.2"	15%	AL 100% MDS

*Claros J. Flores Castro*  
Técnico Laboratorial  
Suelos, Concretos y Pavimentos





TECNICOS E INGENIEROS E I. R. L.  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**ENSAYO DE COMPACTACION**  
**PROCTOR MODIFICADO NORMA ASTM D 1557 - A**

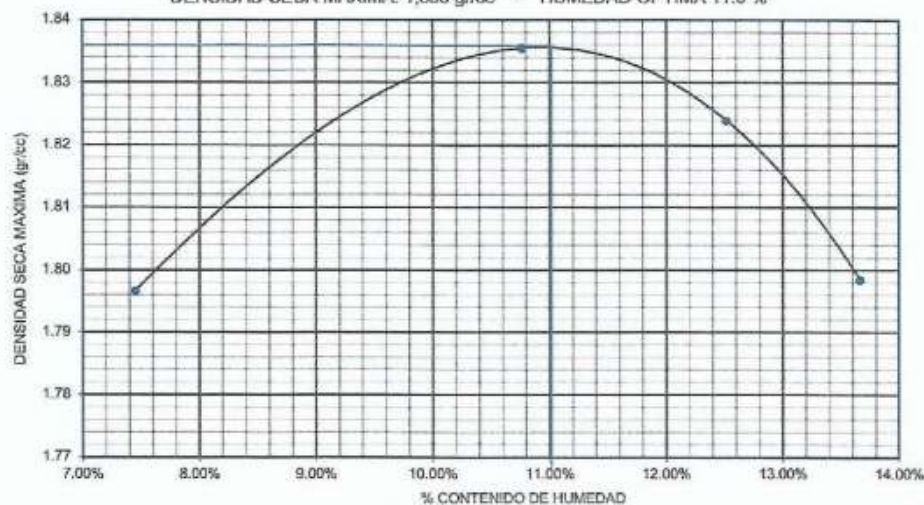
**TESIS** : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MÉTODO AASHTO 93 PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VIAL  
EN EL CAMINO VECINAL, TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA - 2019.  
**UBICACIÓN** : TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, PROVINCIA DE TACNA, REGION TACNA.  
**TESISTAS** : BACH. SPENCER DAVID PARI JIMENEZ  
BACH. LUIS MARLON CHIPANA JIMENEZ  
**MUESTRA** : SUELO DE FUNDACION CALICATA 04  
**FECHA** : TACNA DEL 2020

<b>MOLDE No</b>	1	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	995 cc
<b>No DE CAPAS</b>	5	<b>GOLPES POR CAPA</b>	25

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	6051	6153	6172	6164
Peso del Molde	gr.	4130	4130	4130	4130
Peso del Suelo Humedo	gr/cc.	1921	2023	2042	2034
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	1.931	2.033	2.052	2.044

Capsula No	No	1	2	3	4
Suelo Humedo + Tara	gr.	562.70	528.50	609.70	569.90
Peso del Suelo Seco + Tara	gr.	530.30	485.90	551.00	510.10
Peso del Agua	gr.	32.40	42.60	57.90	59.80
Peso de la Tara	gr.	95.60	90.30	89.30	72.50
Peso del Suelo Seco	gr.	434.70	395.60	462.50	437.60
% de Humedad	%	7.45%	10.77%	12.52%	13.67%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	7.45%	10.77%	12.52%	13.67%
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.797	1.836	1.824	1.798

DENSIDAD SECA MAXIMA: 1,836 gr/cc - HUMEDAD OPTIMA 11.0 %



*Claudio Flores Castro*  
Técnico Laboratorista  
Suelos, Concretos y Pavimentos



TECNICOS E INGENIEROS E.I.R.L.

LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS**ENSAYO DE CBR.**

METODO ASTM D-1883

**TESIS** : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MÉTODO AASHTO 93 PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL CAMINO VECINAL, TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA - 2019.

**UBICACIÓN** : TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, PROVINCIA DE TACNA, REGION TACNA.

**TESISTAS** : BACH. SPENCER DAVID PARI JIMENEZ  
BACH. LUIS MARLON CHIPANA JIMENEZ

**MUESTRA** : SUELO DE FUNDACION CALICATA 04

**FECHA** : TACNA DEL 2020

MOLDE Nro.	1	2	3
Nro. GOLPES POR CAPA	10	25	56
COND. DE LA MUESTRA	SATURADA	SATURADA	SATURADA
Peso molde + suelo humedo	11402	11642	11845
Peso del Molde	7147	7193	7163
Peso del Suelo humedo	4255	4449	4682
Volumen del Suelo	2307	2307	2307
Densidad humeda	1.84	1.93	2.03
% de humedad	10.98	11.04	10.97
Densidad seca	1.662	1.737	1.829
Tara Nro.	T-1	T-2	T-3
Tara + suelo humedo	536.6	562.4	577.6
Tara + suelo seco	483.5	506.5	520.5
Peso del agua	53.1	55.9	57.1
Peso de tara	0.0	0.0	0.0
Peso del suelo seco	483.5	506.5	520.5
% de humedad	10.98	11.04	10.97
Promedio de humedad	10.98	11.04	10.97

**EXPANSION**

FECHA	HORA	TIEMPO HRS.	EXPANSION			EXPANSION			EXPANSION		
			LECTURA DIAL	EXPANSION mm.	%	LECTURA DIAL	EXPANSION mm.	%	LECTURA DIAL	EXPANSION mm.	%

**PENETRACION**

PENETRACION	MOLDE Nro:					MOLDE Nro:					MOLDE Nro:				
	LECTURA mm.	CORRECCION pulg.	LECTURA DIAL	CORRECCION Libras	CORRECCION lbs/Pg2	LECTURA DIAL	CORRECCION Libras	CORRECCION lbs/Pg2	LECTURA DIAL	CORRECCION Libras	CORRECCION lbs/Pg2	LECTURA DIAL	CORRECCION Libras	CORRECCION lbs/Pg2	
0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0.025	10	22	7	15	33	11	31	66	23						
0.050	23	51	17	45	99	33	60	132	44						
0.075	41	90	30	79	174	58	112	247	82						
0.100	56	123	41	113	249	83	194	428	143						
0.200	127	280	93	245	540	180	303	668	223						
0.300	199	439	146	328	723	241	409	902	301						
0.400															
0.500															

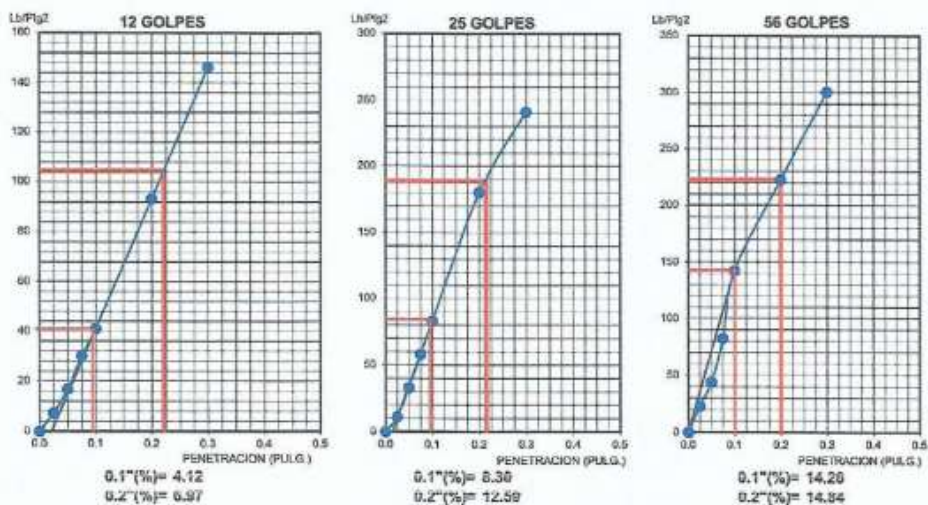




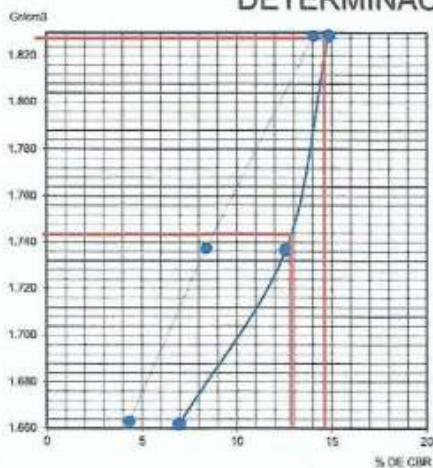
TECNICOS E INGENIEROS E.I.R.L.  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

**GRAFICO PENETRACION DE CBR**

**TESIS** : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MÉTODO AASHTO 93 PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VIAL EN EL CAMINO VECINAL, TRAMO RIO SECO – LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA - 2019.  
**UBICACIÓN** : TRAMO RIO SECO – LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, PROVINCIA DE TACNA, REGION TACNA.  
**TESISTAS** : BACH. SPENCER DAVID PARI JIMENEZ  
BACH. LUIS MARLON CHIPANA JIMENEZ  
**MUESTRA** : SUELO DE FUNDACION CALICATA 04  
**FECHA** : TACNA DEL 2020



**DETERMINACION DE CBR**



**Datos de Proctor:**

Densidad seca :	1.836	gr/cc.
Optimo humedad:	11.0	%

CBR A 0.1"	8%	AL 95% MDS
CBR A 0.1"	14%	AL 100% MDS

CBR A 0.2"	13%	AL 95% MDS
CBR A 0.2"	15%	AL 100% MDS





TECNICOS E INGENIEROS E.I.R.L.  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETOS Y PAVIMENTOS

### ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL

ASTM D2216

TESIS : DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE POR MÉTODO AASHTO 93 PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VIAL  
EN EL CAMINO VECINAL, TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, TACNA - 2019.  
UBICACIÓN : TRAMO RIO SECO - LIMITE CALANA, DISTRITO DE POCOLLAY, PROVINCIA DE TACNA, REGION TACNA.  
TESISTAS : BACH. SPENCER DAVID PARI JIMENEZ  
BACH. LUIS MARLON CHIPANA JIMENEZ  
MUESTRA : SUELO DE FUNDACION  
FECHA : TACNA DEL 2020

Calicata No 01 Estrato N° 02			
MUESTRA N°		1	2
Recipiente N°		1	2
Peso del recipiente	gr.	0.0	0.0
Peso del recipiente + la muestra humeda	gr.	730.5	625.3
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	717.3	614.2
Peso del Agua	gr.	13.2	11.1
Peso de la muestra seca neta	gr.	717.3	614.2
Porcentaje de humedad	%	1.84	1.81
Promedio	%	1.82	

Calicata No 02 Estrato N° 02			
MUESTRA N°		1	2
Recipiente N°		1	2
Peso del recipiente	gr.	0.0	0.0
Peso del recipiente + la muestra humeda	gr.	831.5	728.3
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	815.3	714.2
Peso del Agua	gr.	16.2	14.1
Peso de la muestra seca neta	gr.	815.3	714.2
Porcentaje de humedad	%	1.99	1.97
Promedio	%	1.98	

Calicata No 03 Estrato N° 02			
MUESTRA N°		1	2
Recipiente N°		1	2
Peso del recipiente	gr.	0.0	0.0
Peso del recipiente + la muestra humeda	gr.	747.0	628.3
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	732.6	616.2
Peso del Agua	gr.	14.4	12.1
Peso de la muestra seca neta	gr.	732.6	616.2
Porcentaje de humedad	%	1.97	1.96
Promedio	%	1.96	

Calicata No 04 Estrato N° 02			
MUESTRA N°		1	2
Recipiente N°		1	2
Peso del recipiente	gr.	0.0	0.0
Peso del recipiente + la muestra humeda	gr.	744.7	715.1
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	728.6	699.5
Peso del Agua	gr.	16.1	15.6
Peso de la muestra seca neta	gr.	728.6	699.5
Porcentaje de humedad	%	2.21	2.23
Promedio	%	2.22	

