

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL
MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD EN LA
PROLONGACIÓN AV. UNO Y LA PROLONGACIÓN SINCHI ROCA,
EN EL CENTRO POBLADO ALTO TRUJILLO,
TRUJILLO - LA LIBERTAD”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: TRANSPORTES

AUTORES: BR. BERMUDEZ TUEROS, CARLOS MANUEL
BR. RAMOS CERNA, YUVICKZA GISELLE

ASESOR: MS. HENRIQUEZ ULLOA, JUAN PAUL EDWARD

TRUJILLO - PERÚ

JULIO - 2019

RESOLUCIÓN N°: 0919 – 2019-FI-UPAO

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL
MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD EN LA
PROLONGACIÓN AV. UNO Y LA PROLONGACIÓN SINCHI ROCA,
EN EL CENTRO POBLADO ALTO TRUJILLO,
TRUJILLO - LA LIBERTAD”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: TRANSPORTES

AUTORES: BR. BERMUDEZ TUEROS, CARLOS MANUEL
BR. RAMOS CERNA, YUVICKZA GISELLE

ASESOR: MS. HENRIQUEZ ULLOA, JUAN PAUL EDWARD

TRUJILLO - PERÚ

JULIO – 2019

RESOLUCIÓN N°: 0919 – 2019-FI-UPAO

**“DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL
MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD EN LA PROLONGACIÓN AV.
UNO Y LA PROLONGACIÓN SINCHI ROCA, EN EL CENTRO POBLADO ALTO
TRUJILLO, TRUJILLO, LA LIBERTAD”**

JURADO CALIFICADOR

.....
ING. ROLANDO OCHOA ZEVALLOS
CIP: 9133
PRESIDENTE

.....
ING. TITO ALFREDO BURGOS SARMIENTO
CIP: 82596
SECRETARIO

.....
ING. JUAN MANUEL URTEAGA GARCÍA
CIP: 75985
VOCAL

.....
MS. JUAN PAUL HENRIQUEZ ULLOA
CIP: 118101
ASESOR

DEDICATORIA

A mis padres Luis y Raquel, quienes son mi motor y mi mayor inspiración; por paciencia, esfuerzo, sus oraciones y consejos me han permitido cumplir hoy un sueño más. A mis tíos Aquiles y Elsa, a quienes quiero como padres, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuestos a escucharme y ayudarme en cualquier momento. A mi hermano Joel, por estar siempre apoyándome en las diferentes etapas de todo mi proceso de formación profesional y mi vida. A mis primos Michael, Mónica y Vanessa, por sus consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas. A mi novia Nicole por su comprensión, paciencia y amor, dándome ánimos de fuerza y valor para seguir adelante.

Bach. Bermúdez Tueros, Carlos Manuel

DEDICATORIA

A Dios quien ha sido mi guía y por darme el inspirador y fuerza, para continuar este proceso de obtener uno de mis anhelos más deseados.

A mis padres, por su paciencia, amor, trabajo y sacrificio durante estos años, que gracias a ustedes eh podido lograr mi objetivo.

A mis abuelitos, por el gran amor y compañía que siempre estuvieron a mi lado en cada momento brindándome su apoyo y consejos para ser mejor persona en la vida.

A mis tíos, que me brindaron su entera confianza en cada paso que daba y por querer lo mejor siempre para mí.

Bach. Ramos Cerna, Yuvickza Giselle

AGRADECIMIENTO

A:

DIOS:

Por darme la vida y estar siempre conmigo, guiándome en mí camino.

MIS PADRES:

Por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente. No tengo palabras para agradecerles las incontables veces que me brindaron su apoyo en todas las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida, unas buenas, otras malas, otras locas.

MS. JUAN PAUL EDWARD HENRIQUEZ ULLOA

Por su valiosa asesoría, colaboración, tiempo y aporte brindado al presente trabajo.

Bach. Bermúdez Tueros, Carlos Manuel

AGRADECIMIENTO

A mis adorables padres Kelly y Carlos, quienes me ayudaron a cumplir este anhelo y por darme la fortaleza de seguir luchando por cada meta de mis proyectos.

A mis abuelitos Antero y Delicia, por haber sido mi motivo a seguir a cumplir cada objetivo y darme la fortaleza de cada paso que doy en unos de mis proyectos anhelados.

A mi tía Gladys, por estar siempre a mi lado, dándome consejos y fortalezas eh impulsarme a buscar nuevos retos.

A mi tío Tulio, por sus palabras de aliento y consejos de cada paso que doy en mi vida profesional.

Finalmente, al Ms. Juan Paul Edward Henríquez Ulloa un agradecimiento especial, por su asesoramiento en el desarrollo de esta tesis, por estar siempre brindándonos su tiempo, asesoría y consejos.

Bach. Ramos Cerna, Yuvickza Giselle

RESUMEN

Este presente trabajo de investigación se desarrolló en la Prolongación de la Av. Uno y la Prolongación Sinchi Roca, en el Centro Poblado Alto Trujillo, mediante una investigación de tipo Aplicada. Con el objetivo principal de realizar el Diseño Estructural del Pavimento Flexible para mejorar la transitabilidad en el Centro Poblado de Alto Trujillo.

Se tomó en cuenta los volúmenes y proyecciones del tránsito, modo que se pueda solucionar los movimientos vehiculares y así mismo se permitió hacer el uso de procedimientos y metodologías para realizar el diseño estructural del Pavimento Flexible.

Dando a desarrollar la metodología donde será utilizada para la recolección de información de datos, los cuales son provenientes de la realidad, así mismo se realizó el estudio de tráfico y un protocolo de recolección de datos. Complementando el estudio de mecánica de suelos y determinación de sus características con ensayos de laboratorio.

La presente tesis pretende hallar los resultados obtenidos, así mismo establecer el Diseño Estructural del Pavimento Flexible para mejorar la transitabilidad, por el cual se obtendrán mediante ensayos en laboratorio y control de vehículos, dando así un mejor alcance de datos, mejorando las condiciones de vida de la población.

Palabras claves: Pavimento Flexible, Transitabilidad, Diseño estructural.

ABSTRACT

This research work was developed in the Extension of Av. Uno and Sinchi Roca Prolongation, in the Alto Trujillo Town Center, through an Applied type of research. With the main objective of carrying out the Flexible Pavement Structural Design to improve the transitability in the Alto Trujillo Town Center.

The volumes and projections of the traffic were taken into account, so that the vehicular movements can be solved and likewise it was allowed to make use of procedures and methodologies to carry out the structural design of the Flexible Pavement.

Giving to develop the methodology where it will be used for the collection of data information, which are coming from reality, likewise the traffic study and a data collection protocol will be carried out. Complementing the study of soil mechanics and determination of its characteristics with laboratory tests.

In this thesis seeks to find the results obtained, likewise establish the Flexible Pavement Structural Design to improve the passability, which will be obtained through laboratory tests and vehicle control, thus giving a better data reach, improving the conditions of life of the population.

Keywords: Flexible Pavement, Transitability, Structural Design.

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el reglamento de Grados y títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el reglamento interno de la Escuela profesional de Ing. Civil, ponemos a nuestra disposición el presente trabajo de suficiencia profesional titulado: **“Diseño Estructural del Pavimento Flexible para el Mejoramiento de la Transitabilidad en la Prolongación de la Av. Uno y la Prolongación Sinchi Roca, en el Centro Poblado Alto Trujillo, Trujillo, La Libertad”**

Para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, así como algunas expectativas para el desarrollo de la ingeniería.

Consideramos señores miembros del jurado que con nuestras sugerencias y recomendaciones, este trabajo puede contribuir a la difusión de la investigación de nuestra Universidad.

.....
Br. Bermúdez Tueros, Carlos Manuel.

.....
Br. Ramos Cerna, Yuvickza Giselle.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT.....	vi
PRESENTACIÓN	vii
I. INTRODUCCIÓN	8
1.1. Problema de Investigación	8
a. Descripción de la Realidad Problemática.....	8
b. Descripción del problema	9
c. Formulación del problema	10
1.2. Objetivos de la investigación.....	10
1.2.1. Objetivo General.....	10
1.2.2. Objetivo Especifico.....	10
1.3. Justificación del Estudio	11
II. MARCO DE REFERENCIA.....	12
2.1. Antecedentes del estudio.....	12
2.1.1. Antecedente Internacionales	12
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	13
2.1.3. Antecedentes Locales	14
2.2. Marco Teórico	15
2.2.1. Ingeniería de Tráfico	15
2.2.2. Ingeniería de Transito	15
2.2.2.1. Peatón.....	15
2.2.2.2. Ciclista.....	16
2.2.2.3. Conductor.....	16
2.2.2.4. Visión	17
2.2.2.5. Vehículo	17
2.2.3. Pavimento	20
2.2.3.1. Tipos de Pavimentos	20
2.2.3.2. Comportamiento de los Pavimentos	23
2.2.3.3. Funciones de las capas y materiales que componen los pavimentos ..	24
2.2.3.4. Clasificación de Capas y sus Funciones.....	26
2.2.3.5. Factores a considerar el Diseño de Pavimentos	35
2.2.3.6. Métodos para Diseño de Pavimento Flexible	37
2.2.3.7. Parámetros de Diseño	40
2.2.3.8. Marcas en el Pavimento y Bordes del Pavimento	42
2.2.4. Propiedades Físico – Mecánicas de Suelo	51
2.2.4.1. Clasificación de SUCS (ASTM D – 2487)	51

2.2.4.2. Plasticidad	54
2.2.4.3. CBR.....	57
2.2.4.4. Contenido de Humedad.....	59
2.2.4.5. Ensayo de Carga de Penetración	60
2.2.5. Clasificación de Suelos	60
2.2.6. Tránsito	61
2.2.6.1. Módulo de Resiliencia Efectivo	63
2.2.6.2. Volumen de Tránsito.....	64
2.2.6.3. Volúmenes de Tránsito absolutos o totales	64
2.2.6.4. Volúmenes de Tránsito Promedios Diarios	64
2.2.6.5. Flujo Vehicular.....	65
2.2.10.6. Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes	66
2.3. Marco Conceptual	67
2.4. Hipótesis	71
2.5. Variables e Indicadores	71
2.5.1. Variables Independientes.....	71
2.5.2. Variables Dependientes	71
2.5.3. Operacionalización de las Variables.....	71
III. METODOLOGÍA EMPLEADA	73
3.1. Tipo y Nivel de Investigación	73
3.1.1. Tipo de Investigación	73
3.1.2. Nivel de Investigación	73
3.2. Población y Muestra de Estudio	73
3.2.1. Población.....	73
3.2.2. Muestra	73
3.3. Diseño de Investigación.....	73
3.4. Técnicas e Instrumentos de Investigación	74
3.5. Procesamiento y Análisis de Datos.....	74
3.5.1. Recopilación de Datos Meteorológicos.....	74
IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	75
4.1. Propuesta de Investigación	75
4.2. Análisis e Interpretación de Resultados	75
4.2.1. Estudio de Tráfico	75
4.2.2. Situación Actual	75
4.2.3. Metodología del Trabajo de Campo	76
4.2.4. Metodología del Trabajo de Gabinete.....	76
4.2.4.1. Cuento de Vehículos	76
4.2.5. Exploración de Campo	88
4.2.2.1. Ensayos de Laboratorio	88
4.2.6. Número Estructural de Ejes Equivalentes (W18)	94
4.2.7. Módulo de Resiliencia (Mr).....	94

4.2.8. Desviación Estándar Normal (Z_R).....	94
4.2.9. Desviación Estándar Combinada (S_o)	95
4.2.10. Variación de Serviciabilidad (ΔPSI)	96
4.2.11. Coeficiente de Drenaje (C_d)	97
4.2.12. Coeficientes estructurales de capas	97
4.2.13. Número Estructural y Espesores del Pavimento	97
4.4. Prueba de Hipótesis	99
V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	100
CONCLUSIONES	101
RECOMENDACIONES	103
BIBLIOGRAFÍA.....	104
ANEXOS.....	106
Tabla N° 33: CONTEO DE VOLUMENES VEHICULARES HOJA DE RESUMEN	122
Tabla N° 34: Factores de Crecimiento Acumulado (F_{ca}), para el Cálculo de Número de Repeticiones de EE.....	124
Tabla N° 35: Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño	125
Tabla N° 36: Configuración de Ejes	126
Tabla N° 37: Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) Para Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos.....	127
Tabla N° 38: Pavimento Flexible o Pavimento Semirrígido C2	127
Tabla N° 39: Pavimento Flexible o Pavimento Semirrígido C3	128
Tabla N° 40: Factor de Ajuste por Presión de Neumático (F_p), para Ejes Equivalentes (ee)	128
Tabla N° 39: Factor Camión más representativos	129
Tabla N° 41: VISTA EN PLANTA.....	155

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: CARACTERES DE VEHÍCULO	19
TABLA N° 2. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.....	54
TABLA N° 3: CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN SU PLASTICIDAD	55
TABLA N° 4: ÍNDICE DE PLASTICIDAD.....	57
TABLA N° 5: CATEGORÍAS DE SUBRASANTE	59
TABLA N° 6: PESOS Y MEDIDAS.....	62
TABLA N° 7: VARIABLES INDEPENDIENTES	71
TABLA N° 8: VARIABLE DEPENDIENTE	72
TABLA N° 9: CONTEO DE VEHÍCULOS (PROLONGACIÓN AV. SINCHI ROCA).....	77
TABLA N° 10: CONTEO DE VEHÍCULOS (PROLONGACIÓN AV. UNO).....	78
TABLA N° 11: IMD (PROLONGACIÓN AV. SINCHI ROCA)	82
TABLA N° 12: IMD (PROLONGACIÓN AV. UNO)	83
TABLA N° 13: PROLONGACIÓN AV. SINCHI ROCA.....	88
TABLA N° 14: PROLONGACIÓN AV. UNO.....	88
TABLA N° 15: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (PROLONGACIÓN AV. SINCHI ROCA)	89
TABLA N° 16: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (PROLONGACIÓN AV. UNO)	89
TABLA N° 17: LÍMITE LÍQUIDO (PROLONGACIÓN AV. SINCHI ROCA).....	89
TABLA N° 18: LÍMITE LÍQUIDO (PROLONGACIÓN AV. UNO).....	90
TABLA N° 19: LÍMITE PLÁSTICO (PROLONGACIÓN AV. SINCHI ROCA)	90
TABLA N° 20: LÍMITE PLÁSTICO (PROLONGACIÓN AV. UNO).....	90
TABLA N° 21: CONTENIDO DE HUMEDAD (PROLONGACIÓN AV. SINCHI ROCA).....	91
TABLA N° 22: CONTENIDO DE HUMEDAD (PROLONGACIÓN AV. UNO).....	91
TABLA N° 23: GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS (PROLONGACIÓN AV. SINCHI ROCA)..	92
TABLA N° 24: GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS (PROLONGACIÓN AV. UNO).....	92
TABLA N° 25: ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROLONGACIÓN AV. SINCHI ROCA).....	93
TABLA N° 26: (PROLONGACIÓN AV. UNO)	93
TABLA N° 27: CBR (PROLONGACIÓN AV. SINCHI ROCA)	93
TABLA N° 28: CBR (PROLONGACIÓN AV. UNO)	94
TABLA N° 29: COEFICIENTE ESTADÍSTICO DE LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Z _R) PARA UNA SOLA ETAPA DE DISEÑO (10 Ó 20 AÑOS), SEGÚN EL NIVEL DE CONFIABILIDAD SELECCIONADO Y EL RANGO DE TRÁFICO	95
TABLA N° 30: DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (PSI), SEGÚN RANGO DE TRÁFICO	96
TABLA N° 31: CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL.....	98

TABLA N° 32: ESTRUCTURA Y ESPESOR DEL PAVIMENTO.....	99
TABLA N° 33: CONTEO DE VOLUMENES VEHICULARES HOJA DE RESUMEN.....	122
TABLA N° 34: FACTORES DE CRECIMIENTO ACUMULADO (FCA), PARA EL CÁLCULO DE NÚMERO DE REPETICIONES DE EE	124
TABLA N° 35: FACTORES DE DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL Y DE CARRIL PARA DETERMINAR EL TRÁNSITO EN EL CARRIL DE DISEÑO	125
TABLA N° 36: CONFIGURACIÓN DE EJES.....	126
TABLA N° 37: RELACIÓN DE CARGAS POR EJE PARA DETERMINAR EJES EQUIVALENTES (EE) PARA AFIRMADOS, PAVIMENTOS FLEXIBLES Y SEMIRRÍGIDOS	127
TABLA N° 38: PAVIMENTO FLEXIBLE O PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO C2.....	127
TABLA N° 39: PAVIMENTO FLEXIBLE O PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO C3.....	128
TABLA N° 40: FACTOR DE AJUSTE POR PRESIÓN DE NEUMÁTICO (Fp), PARA EJES EQUIVALENTES (EE)	128
TABLA N° 41: VISTA EN PLANTA.....	155

ÍNDICE DE IMÁGENES

IMAGEN N° 1: UBICACIÓN GRÁFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO Y PUNTOS DE CONTROL	76
IMAGEN N° 2: UBICACIÓN GRÁFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO Y PUNTOS DE CONTROL	77
IMAGEN N° 3: PROLONGACIÓN AV. SINCHI ROCA.....	106
IMAGEN N° 4: PROLONGACIÓN AV. UNO.....	106
IMAGEN N° 5: PROLONGACIÓN AV. SINCHI ROCA (1 EXPLORACIÓN)	132
IMAGEN N° 6: PROLONGACIÓN AV. SINCHI ROCA (2 EXPLORACIÓN)	132
IMAGEN N° 7: PROLONGACIÓN AV. UNO (3 EXPLORACIÓN)	133
IMAGEN N° 8: PROLONGACIÓN AV. UNO (4 EXPLORACIÓN)	133
IMAGEN N° 9: MUESTRA N° 1 - DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA A USAR.....	134
IMAGEN N° 10: MUESTRA N° 2 - DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA A USAR	134
IMAGEN N° 11: MUESTRA N° 3 - DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA A USAR	135
IMAGEN N° 12: MUESTRA N° 4 - DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA A USAR	135
IMAGEN N° 13: COLOCACIÓN DE LA MUESTRA AL HORNO.....	136
IMAGEN N° 14: RETIRO DE LA MUESTRA SECA DEL HORNO.....	136
IMAGEN N° 15: COLOCACIÓN DE LA MUESTRA Y PROCESO DE TAMIZADO	137
IMAGEN N° 16: COLOCACIÓN DE LA MUESTRA Y PROCESO DE TAMIZADO	137

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN N° 1: PAVIMENTO.....	20
ILUSTRACIÓN N° 2: PAVIMENTO FLEXIBLE.....	21
ILUSTRACIÓN N° 3: PAVIMENTO RÍGIDO.....	22
ILUSTRACIÓN N° 4: COMPORTAMIENTO DE LOS PAVIMENTOS.....	24
ILUSTRACIÓN N° 5: TIPOS DE SUPERFICIES DE RODADURA EN PAVIMENTOS FLEXIBLES.....	30
ILUSTRACIÓN N° 6: MÉTODO DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE.....	40
ILUSTRACIÓN N° 7: LÍNEA DE CARRIL.....	47
ILUSTRACIÓN N° 8: LÍNEA DE BORDE EN EL CASO DE RAMPA DE SALIDA.....	48
ILUSTRACIÓN N° 9: DEMARCACIÓN DEL PAVIMENTO EN CASO DE OBSTÁCULOS DENTRO DE LA Vía.....	49
ILUSTRACIÓN N° 10: MARCADO DE LÍNEA DE PARE.....	50
ILUSTRACIÓN N° 11: MARCADO DE PASO PEATONAL EN INTERSECCIÓN CONTROLADA POR SEMÁFORO.....	50
ILUSTRACIÓN N° 12: CLASIFICACIÓN DE SUCS (SEPARACIÓN EN COMPONENTE FINA Y GRUESA).....	52
ILUSTRACIÓN N° 13: SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS.....	53
ILUSTRACIÓN N° 14: PLATO DE BRONCE.....	56
ILUSTRACIÓN N° 17: FLUJO VEHICULAR.....	66
ILUSTRACIÓN N° 18: CONFIGURACIÓN DE EJES.....	67

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de Investigación

a. Descripción de la Realidad Problemática

La Ingeniería de Transporte se ocupa de plantear soluciones haciendo uso de la economía, incluso de la psicología para poder estudiar y anticipar el comportamiento de las personas en los sistemas de transporte. Además, se puede estimar los niveles de servicio y la demanda que tendrán tanto las soluciones actuales y como las soluciones proyectadas en el futuro, con la finalidad de analizar y proporcionar la sustentabilidad de las políticas y sistemas de transporte. (Universidad de Chile). Entonces, el ingeniero de transporte se ocupa de la planificación, el diseño, la construcción y la administración de un sistema de transporte, mediante el uso de técnicas de Ingeniería Civil, Economía, Investigación de Operaciones.

En América Latina es la región urbanizada más grande del mundo, como el crecimiento que se llevó sin ningún planeamiento, esto generó problemas de infraestructura, saneamiento y en el transporte público. Debido al crecimiento las ciudades se vuelven menos compactas y se están expandiendo físicamente lo que proporciona una dificultad adicional en la oferta de transporte público. Actualmente el transporte público es el sector que requiere más inversión en la creación de infraestructura ya que la vía terrestre es el principal medio de transporte, esto también significa un crecimiento sostenible de las ciudades, sostiene la Unión Internacional de Transporte Público de Latino América (UITP LATIN AMERICA).

El sistema de transporte público observa la gran magnitud que influye en las zonas urbanas y rurales, de manera que aporta al desarrollo socio económico de una población del cual se tiene la necesidad de realizar un diseño para los proyectos viales y así facilitar la mejora de la calidad de vida de los habitantes. Así mismo ver el objetivo de planeación y operación del tránsito por calles,

carreteras y la relación de modos de transporte, que permita conectarse entre las zonas urbanas y rurales.

El Perú tiene una red vial compuesta de más de 78 mil km de carreteras, de los cuales un poco más de 300 km corresponde a autopistas, por lo tanto, se puede decir que nuestro país tiene un problema de transitabilidad vial. Además de que la antigüedad del parque automotor avanza en la ruta equivocada. Hoy es de 15 años a más años. Ya que al año solo se renuevan 6% cuando debería ser un 10%, además la falta de renovación de vehículos particulares no responde al congestionamiento, sino a la falta de infraestructura vial, (Derteano, 2019).

La ciudad de Trujillo cuenta con uno de los parques automotores más grandes e importantes del Perú, con aproximadamente 360,000 vehículos con una tasa de crecimiento de 6% al año, (Salvatierra, 2018); pero crecimiento de infraestructura vial no crece al mismo ritmo, a esto le añadimos que el Porvenir es el Distrito con más población en la provincia, de acuerdo al último censo realizado en 2017.

El Centro Poblado Alto Trujillo no cuenta con estudios de transitabilidad e infraestructura vial, ni una cultura vial específica, además, se observa gran riesgo tanto vehicular, como peatonal. Por la razón antes mencionada, enfocamos la investigación en la elaboración de una alternativa de solución que pretende determinar las variables que involucran un estudio de tránsito vial, para lo cual vamos a realizar un diseño estructural del pavimento flexible para la prolongación de la Av. Uno y la prolongación Sinchi Roca del centro poblado Alto Trujillo. (Ver anexo N° 01 y Anexo N°02).

b. Descripción del problema

El Centro Poblado Alto Trujillo no cuenta con estudios de transitabilidad e infraestructura vial, ni una cultura vial específica, además, se observa gran riesgo tanto vehicular, como peatonal. Por

la razón antes mencionada, enfocamos la investigación en la elaboración de una alternativa de solución que pretende determinar las variables que involucran un estudio de tránsito vial, para lo cual vamos a realizar un diseño estructural del pavimento flexible para la prolongación de la Av. Uno y la prolongación Sinchi Roca del centro poblado Alto Trujillo.

c. Formulación del problema

¿Cómo un diseño estructural del Pavimento Flexible mejora el servicio de transitabilidad en la prolongación de la Av. Uno y la Prolongación Sinchi Roca en el centro poblado Alto Trujillo?

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo General

Realizar el diseño estructural del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad en la prolongación de la Av. Uno y la prolongación Sinchi Roca, en el centro poblado Alto Trujillo.

1.2.2. Objetivo Especifico

- Determinar la carga vehicular mediante la metodología de los aforos.
- Realizar el estudio de mecánica de suelos con fines de pavimentación.
- Determinar los parámetros y variables de diseño con la metodología AASHTO 93.
- Determinar los espesores del pavimento flexible mediante la metodología AASHTO 93.

1.3. Justificación del Estudio

El proyecto se justifica académicamente porque permitirá hacer el uso de procedimientos y metodologías para realizar el diseño estructural del pavimento de la prolongación de la Avenida Uno y la prolongación Sinchi Roca; asimismo para los estudiantes de ingeniería civil como guía y base de alguna futura investigación.

El proyecto se justifica económicamente porque este permitirá a la población y a la Municipalidad de Alto Trujillo intercomunicarse con sus áreas minimizando costos y así poder establecerse una mejoría para la población.

Socialmente se justifica porque brindará una alternativa adecuada para hacer frente a la falta del servicio de transitabilidad, teniendo como principales favorecidos a los pobladores del Centro Poblado Alto Trujillo.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. Antecedente Internacionales

- ◆ **Salamanca Niño, María Angélica; Zuluaga Bautista, Santiago Arturo (2014)** realizó el: “Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos INVIAS, AASHTO 93 e INSTITUTO DEL ASFALTO para la vía la Ye - santa lucia barranca Lebrija entre las abscisas k19+250 a k25+750 ubicada en el departamento del cesar”.

Su investigación tuvo como objetivo diseñar las estructuras de pavimento flexible por medio de los métodos INVIAS para medios y altos volúmenes de tránsito, AASHTO 93 e INSTITUTO DEL ASFALTO para la vía La Ye - Santa Lucia – Barranca Lebrija entre las abscisas K19+250 A K25+750 ubicada en el Departamento del Cesar.

El trabajo llegó a las siguientes conclusiones, la estructura de pavimento definido por cada uno de los métodos evaluados se basó en un periodo de diseño de diez años para pavimentos flexibles o su equivalencia en tiempo hasta acumular el número de ejes equivalentes de 8.2 ton adoptado en el diseño.

- ◆ **Fontalba Gallardo, Erwin Walter (2015)** en su estudio “Diseño de un pavimento alternativo para la Avenida Circunvalación Sector Guacamayo 1°etapa” que tuvo como objetivo proyectar la construcción de un pavimento flexible en la Avenida Circunvalación Sector Guacamayo 1° Etapa en función de las solicitudes del tráfico

El trabajo realizado concluyó en que no se observaron grandes diferencias entre las dimensiones de las distintas capas del pavimento para ambos métodos de diseño. Solo a nivel de la base granular se obtuvieron distintos resultados, entregando el método AASHTO 93 un espesor menor para esta capa granular que el método Dispav – 5. Para las capas

de asfalto del pavimento se obtuvo los mismos espesores de capa con ambos métodos de diseño.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

◆ **Rojas Mendoza, Faustino (2018)** se realizó el “Mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal de la av. César Vallejo, tramo cruce con la Av. Separadora industrial hasta el cruce con el cementerio, en el distrito de Villa el Salvador, provincia de Lima, departamento de Lima”

Su investigación tuvo como objetivo resolver las inadecuadas condiciones de transitabilidad existentes en la zona de influencia.

El trabajo llegó a las siguientes conclusiones, la longitud de estudio fue de 5,25 km, realizaron una propuesta de diseño geométrico urbano, se estimó un plazo de ejecución de 300 días calendario y para en el diseño se consideró 21 cm para el pavimento de concreto y 15 cm para la sub base.

Esta investigación nos aporta el método de diseño del pavimento.

◆ **Chávez Obregón, Rocío Susana (2018)** realizó el “Diseño del pavimento flexible para la av. Morales Suárez, de la Vía Expresa línea amarilla en la ciudad de Lima”.

Su investigación tuvo como objetivo diseñar la estructura del pavimento flexible para la Av. Morales Suárez de la Vía Expresa - Línea Amarilla.

El trabajo llegó a las siguientes conclusiones, el espesor del pavimento asfáltico Mac 2 = 5cm, el pavimento asfáltico Mac 1 = 7,5 cm, base = 20cm y la sub base = 20cm.

Esta investigación nos aporta el método de diseño del pavimento.

2.1.3. Antecedentes Locales

- ◆ **Gómez Vallejos, Susan Jackelin (2014)** se realizó “Diseño Estructural del pavimento flexible para el anillo vial del ovalo Grau – Trujillo - La Libertad”.

La investigación tuvo como objetivo determinar la estructura del pavimento flexible para el anillo vial del ovalo Grau – Trujillo – La Libertad

El trabajo realizado llegó a los siguientes resultados, el espesor de la sub base, base hidráulica y carpeta asfáltica fueron 30cm, 35cm y 10cm respectivamente.

El aporte principal al trabajo de investigación es el procedimiento que se utilizó en la tesis para el diseño de espesores de pavimentos y la estructura del pavimento flexible según la metodología AASHTO 93.

- ◆ **Manayay Rivas, Lennin; Mudara Vilca, Robert I. (2018)** en su investigación “Estudio de Transitabilidad vial en la avenida Aeropuerto Distrito de Huanchaco, Trujillo – La Libertad, aplicando la metodología AASHTO 93”, tuvo como objetivo elaborar el estudio de transitabilidad vial en la Avenida Aeropuerto, distrito de Huanchaco, provincia de Trujillo - La Libertad, aplicando la metodología AASHTO 93.

El trabajo realizado llegó a los siguientes resultados, el espesor del pavimento para la Capa de Rodadura fue de 5.08 cm. Cuya mezcla asfáltica debe ser asfalto en caliente con un Marshall de 8,000, la capa Base de 15 cm y con material de afirmado con un CBR del 80% y finalmente la Sub Base de 10 cm. con material granular de un CBR mínimo del 30%, fue diseñado para un periodo de vida de 20 años.

El aporte a nuestro trabajo es la metodología de diseño del pavimento flexible, y el estudio de transitabilidad realizado.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Ingeniería de Tráfico

Consiste en estructurar planes adecuados, prácticos y bien meditados para mejorar la seguridad y fluidez del tránsito, sobre todo en áreas críticas. Especialmente es necesaria la aplicación de la ingeniería de Tráfico en los grandes proyectos de vialidad, cuando se trata de construir sistemas arteriales de altas especificaciones, como autopistas urbanas. Pero también es indispensable lograr abatir la incidencia de accidentes en un cruce conflictivo o en una arteria peligrosa. (Gómez Johnson, 2004).

La canalización mediante isletas, la supresión de obstáculos, u obras mayores como pasos a desnivel, requieren de la más avanzada ingeniería de Tráfico. La instalación de semáforos y señales y la programación de aquellos, respondiendo a las necesidades y a las características específicas del lugar, requieren de la técnica especializada. (Gómez Johnson, 2004).

2.2.2. Ingeniería de Transito

Es la fase que vincula a la planeación, diseño geométrico y operación del tránsito así como las relaciones de entre los modos de transporte y los usuarios. Esta establece relaciones entre los usuarios, la vía, los vehículos dispositivos de control y el medio ambiente.

Está integrado por vehículos de todo tipo, con sus respectivas cargas, considerando aisladamente o en conjunto, mientras utilizan cualquier vía, esto es la variable más importante en el diseño de los pavimentos. (James & Reyes, 2007, pág. 40).

2.2.2.1. Peatón

Se puede considerar como peatón potencial a la población en general, desde personas de un año hasta de cien años de edad. Prácticamente todos somos peatones, por lo tanto, a todos nos interesa este aspecto. También, puede decirse

que el número de peatones en un país casi equivale al censo de la población. (James & Reyes, 2007, pág. 43).

2.2.2.2. Ciclista

Los criterios de diseño de las ciclo vías son algo similares a los de las calles y carreteras, pero gobernados por las características de operación de las bicicletas, que son muy diferentes a las de los vehículos motorizados. En este sentido, las consideraciones de diseño importantes para que una ciclo vía sea segura incluyen el ancho de la pista o calzada, la velocidad de proyecto, el alineamiento horizontal y el alineamiento vertical. Por el contrario, un carril para bicicleta es aquella parte de la calle o carretera específicamente reservada también para uso exclusivo o preferencial de los ciclistas.

Los carriles para bicicletas pueden delinearse con franjas, señalamientos, o marcas en el pavimento. Estos carriles siempre deben seguir el mismo sentido del tránsito. (James & Reyes, 2007, pág. 48).

2.2.2.3. Conductor

El individuo que maneja un automóvil, la mayor parte de las veces no se da cuenta de que con un leve movimiento del pedal puede acabar con la vida de varias personas en pocos instantes. A través del tiempo, sin embargo, el hombre ha demostrado una gran adaptabilidad a los cambios de la vida moderna. (James & Reyes, 2007, pág. 50).

Se ha visto como el individuo es capaz de conducir carretas y rápidamente cambiar a la conducción de diligencias, de mayor velocidad, para posteriormente adaptarse a las condiciones del vehículo de motor. Según ha ido cambiando y evolucionando el vehículo, el hombre se ha ido adaptando con facilidad, y así como conducía antes vehículos con una

velocidad máxima de 30 km/h, en pocos años ha conducido vehículos que pasan de 1,000 km/h. (James & Reyes, 2007, pág. 50).

2.2.2.4. Visión

El órgano visual se asemeja mucho a una cámara fotográfica, según se aprecia en la que Está compuesto de una cavidad que, al igual que la cámara fotográfica, en su parte frontal posee una lente formada por el iris, la pupila, la córnea, el cristalino y el párpado, que actúan como el diafragma y el obturador, con la propiedad de ampliarse o reducirse de acuerdo con la cantidad de luz que quiera admitir esa cavidad interior. (James & Reyes, 2007, pág. 51).

En su parte posterior está la retina, que es una serie de celdas que perciben el estímulo exterior y mandan el mensaje al cerebro. Los músculos pueden variar la distancia focal, mediante ciertos movimientos del ojo, permitiéndole a la persona enfocar a diferentes distancias. (James & Reyes, 2007, pág. 51).

2.2.2.5. Vehículo

Un vehículo puede seguir su camino con las que lleva la presencia de llantas lisas, o bien, aberturas laterales o en el piso de la misma, indicará peligro. Tratándose de vehículos de servicio público, debe obligarse al operador a corregir el defecto, antes de seguir adelante. Por lo que respecta a los frenos, hay una sencilla regla para saber si el vehículo puede seguir con seguridad o no. Si al oprimir el pedal del freno, se llega a una distancia menor de 3 centímetros del tablero del piso, ese freno necesita revisión urgente. (James & Reyes, 2007, pág. 81).

Las fallas de la suspensión delantera casi siempre pueden observarse en las ruedas "abiertas", o en el desgaste

anormal de las llantas delanteras. Los casos críticos pueden significar desgaste peligroso. En lo que tiene que ver con la dirección, una simple operación con la mano puede probar su sensibilidad para determinar si es correcta o no. Si el volante del vehículo gira más de 1/4 de círculo sin que las ruedas se muevan, debe ir al taller. (James & Reyes, 2007, pág. 81).

2.2.2.5.1. Características de los Vehículos

- ✿ Los vehículos ligeros son vehículos de pasajeros y 1 o carga, que tienen dos ejes y cuatro ruedas. Se incluyen en esta denominación los automóviles, camperos, camionetas y las unidades ligeras de pasajeros y carga.

- ✿ Los vehículos pesados son unidades destinadas al transporte masivo de pasajeros o carga, de dos o más ejes y de seis o más ruedas. En esta denominación se incluyen los autobuses y los camiones. (James & Reyes, 2007).

- ✿ Los vehículos especiales son aquellos que eventualmente transitan y 1 o cruzan las carreteras y calles, tales como: camiones y remolques especiales para el transporte de troncos, minerales, maquinaria pesada, maquinaria agrícola, bicicletas y motocicletas, y en general, todos los demás vehículos no clasificados anteriormente, tales como vehículos deportivos y vehículos de tracción animal. (James & Reyes, 2007).

- ✿ El vehículo de proyecto, es aquel tipo de vehículo hipotético, cuyo peso, dimensiones y características de operación son utilizados para establecer los

lineamientos que guiarán el proyecto geométrico de las carreteras, calles e intersecciones, tal que éstas puedan acomodar vehículos de este tipo. (James & Reyes, 2007).

- ✿ En general, para efectos de proyecto, se consideran dos tipos de vehículos de proyecto: los vehículos ligeros o livianos y los vehículos pesados, clasificados éstos en camiones y autobuses. Las principales características para su clasificación están referidas al radio mínimo de giro y aquellas que determinan las ampliaciones o sobre anchos necesarios en las curvas horizontales, tales como distancia entre ejes extremos, ancho total de la huella y vuelos delantero y trasero. (James & Reyes, 2007, pág. 83).

Tabla N° 1: Caracteres de Vehículo

Tipo de vehículo		Número de ejes	Características	Símbolo
VEHÍCULOS LIGEROS	Automóviles	2	2 ejes y 4 ruedas	Ap
	Camperos		2 ejes y 4 ruedas	Ap
	Camionetas		2 ejes y 4 ruedas	Ac
VEHÍCULOS PESADOS	Camiones	2	Autobuses de 2 ejes y 6 ruedas	B
		2	Camiones grandes y pequeños de 2 ejes	C2
		3	Camiones en unidad rígida de 3 ejes	C3
			Camiones con 2 ejes en el tractor y 1 eje en el semi-remolque	T2-S1
		4	Camiones con 2 ejes en el tractor y 2 ejes en el semi-remolque	T2-S2
		5	Camiones con 3 ejes en el tractor y 2 ejes en el semi-remolque	T3-S2
			Camiones con 2 ejes en el tractor, 1 eje en el semi-remolque y 2 ejes en el remolque	T2-S1-R2
	Otras combinaciones			
VEHÍCULOS ESPECIALES	Camiones y/o remolques especiales	Variable		
	Maquinaria agrícola			
	Bicicletas y motocicletas			
	Otros			

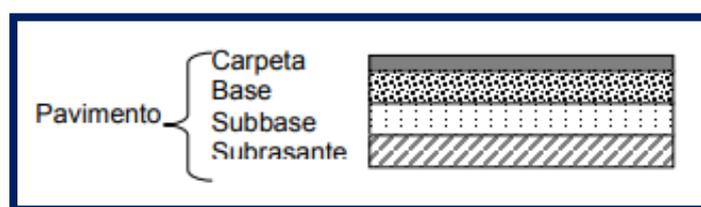
Fuente: SCT. *Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras*. México, 1991.

2.2.3. Pavimento

Está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de exploración y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmite durante el período para el cual fue diseñada la estructura del pavimento (Montejo Fonseca, 2002, pág. 1).

La infraestructura carretera, resulta de modificar el terreno natural, construyendo las obras necesarias para procurar una superficie adecuada donde apoyar el pavimento. Comprende, por lo tanto, el movimiento de tierras, cortes y terraplenes y las obras de drenaje, necesarias para dar continuidad a los escurrimientos naturales y las que se requieren para asegurar la estabilidad general de la obra básica. (TAPIA GARCÍA, MIGUEL ANGEL, 2015, pág. 5).

Ilustración N° 1: Pavimento



Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones de Edificaciones la Norma C.E.0.10.

2.2.3.1. Tipos de Pavimentos

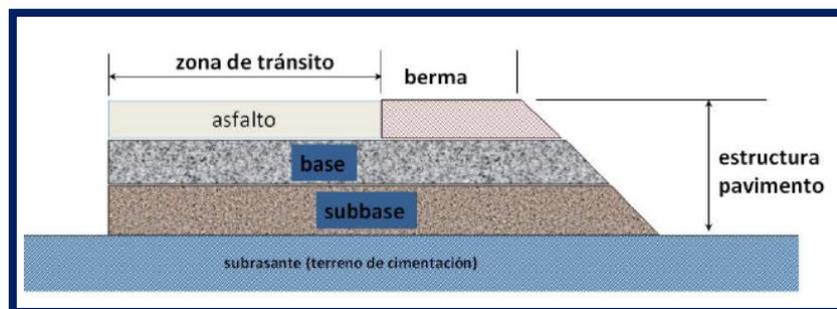
Actualmente se cuenta con una gran variedad de pavimentos que, atendiendo los criterios tradicionales, básicamente pueden clasificarse en: rígidos, semirrígidos, articulado, flexibles, mixtos o compuestos. A continuación

veremos en qué consiste cada uno de ellos. (TAPIA GARCÍA, MIGUEL ANGEL, 2015, pág. 5).

2.2.3.1.1. Pavimento Flexible

Estos pavimentos cuentan con una capa de rodamiento constituida por mezcla asfáltica, por lo que también se les conocen como pavimentos asfálticos. Resultan más económicos en su construcción inicial, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil. (TAPIA GARCÍA, MIGUEL ANGEL, 2015, pág. 5).

Ilustración N° 2: Pavimento Flexible



Fuente: Tópicos de Pavimentos de Concreto.

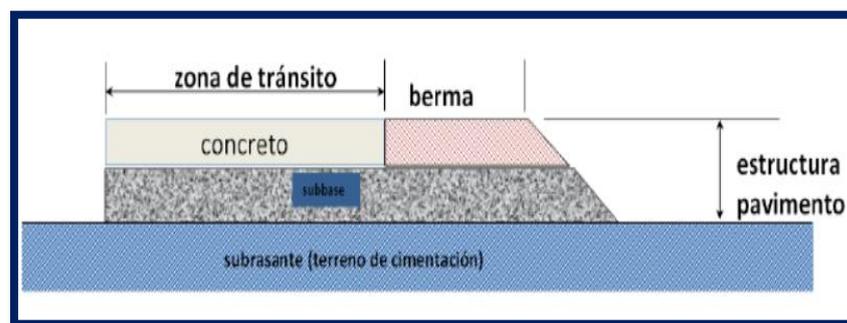
2.2.3.1.2. Pavimento Rígido

Son aquellos que fundamentalmente están constituidos por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa, de material seleccionado, la cual se denomina subbase del pavimento rígido. (Montejo Fonseca, 2002, pág. 5).

Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. Además, como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es

suficientemente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la subrasante. La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y, por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento. (Montejo Fonseca, 2002, pág. 5).

Ilustración N° 3: Pavimento Rígido



Fuente: *Tópicos de Pavimentos de Concreto*

2.2.3.1.3. Pavimento Semirrígido

Este tipo de pavimentos guarda básicamente la misma estructura de un pavimento flexible, una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos. El empleo de estos aditivos tiene la finalidad básica de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no son aptos para la construcción de las capas del pavimento, teniendo en cuenta que los adecuados se encuentran a distancias tales que encarecerían notablemente los costos de construcción. (Montejo Fonseca, 2002, pág. 5).

2.2.3.1.4. Pavimentos Articulados

Los pavimentos articulados están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concretos prefabricados, llamados adoquines, de espesor uniforme e iguales entre sí. Esta puede ir sobre una capa delgada de arena la cual, a su vez, se apoya sobre una capa de base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de la calidad de ésta y de la magnitud y frecuencia de las cargas que circularan por dicho pavimento. (Montejo Fonseca, 2002, pág. 7).

2.2.3.1.5. Pavimentos Mixtos o Compuestos

Los pavimentos mixtos o compuestos, están conformados por una capa de concreto hidráulico, cubierta por una carpeta asfáltica, se emplean en calles y su justificación se basa, en la presencia de redes y servicios bajo la vialidad, que deben protegerse de la acción del tránsito.

Su posición impide efectuar excavaciones a mayor profundidad para alojar una estructura del pavimento flexible convencional. Así mismo, pueden tener una mayor capacidad estructural y por consiguiente un mejor desempeño. (TAPIA GARCÍA, MIGUEL ANGEL, 2015, pág. 6).

2.2.3.2. Comportamiento de los Pavimentos

Los pavimentos deben ser diseñados, construidos y mantenidos con la finalidad de lograr un comportamiento funcional y estructural óptimo durante su ciclo de vida. (Becerra Salas, 2012, pág. 7).

a) Comportamiento Funcional:

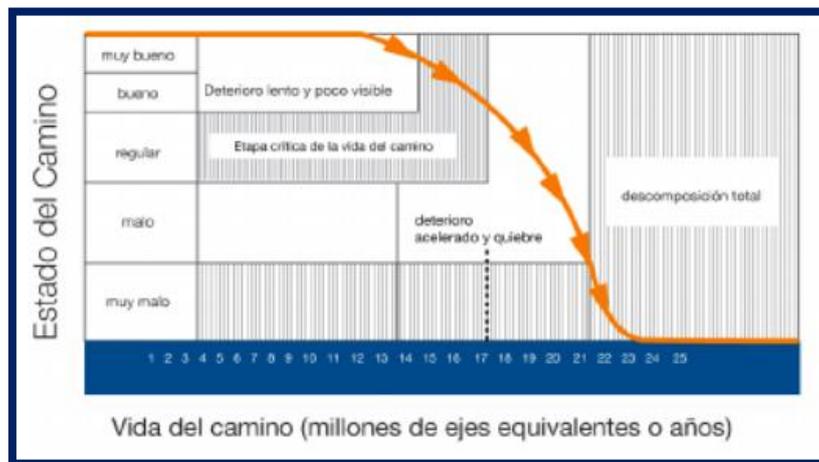
Son los aspectos que afectan la calidad de la carpeta de rodadura y por ello están relacionados con la comodidad y seguridad de los usuarios de la vía. (Becerra Salas, 2012, pág. 7).

b) Comportamiento Estructural:

Aspectos relacionados a la integridad como estructura del pavimento. Es la capacidad del pavimento para soportar la acción combinada del tránsito y el medioambiente. (Becerra Salas, 2012, pág. 7).

El clima es un factor que también interviene en el deterioro de los pavimentos, y que recientemente ha sido incorporado en las metodologías de diseño. (Becerra Salas, 2012, pág. 7).

Ilustración N° 4: Comportamiento de los Pavimentos



Fuente: Tópicos de Pavimentos de Concreto.

2.2.3.3. Funciones de las capas y materiales que componen los pavimentos

El pavimento tiene diversas funciones como son:

- Proporcionar una superficie de rodamiento seguro, cómodo y de características permanentes, bajo las cargas repetidas del tránsito a lo largo del periodo de

diseño considerado. (TAPIA GARCÍA, MIGUEL ANGEL, 2015, pág. 6).

- Resistir el tránsito previsto para el periodo de diseño y distribuir las presiones verticales producidas por las cargas del tránsito, de tal forma que solo llegue una mínima porción de estas cargas a la capa subrasante, para que esta sea capaz de soportarlas. (TAPIA GARCÍA, MIGUEL ANGEL, 2015, pág. 6).
- Constituir una estructura que sea capaz de resistir los factores climatológicos del lugar en el que es construido; en especial factores como el agua y la temperatura, ya que son estos los que producen efectos más adversos en el comportamiento de los materiales que constituyen el pavimento. (TAPIA GARCÍA, MIGUEL ANGEL, 2015, pág. 6).

Respecto a las características funcionales se puede mencionar:

● ***Resistencia al derrapamiento:***

Ésta es obtenida a través de una adecuada textura en la superficie de rodamiento, esta textura debe estar adaptada para las velocidades de circulación previstas en el diseño. (TAPIA GARCÍA, MIGUEL ANGEL, 2015, pág. 6).

● ***Regularidad transversal y longitudinal en la superficie de rodamiento:***

Ésta característica afecta directamente la comodidad del usuario y en la medida de la severidad de las deformaciones presentes en el pavimento, se podrá o no alcanzar la velocidad considerada en el proyecto. (TAPIA GARCÍA, MIGUEL ANGEL, 2015, pág. 6).

● ***Propiedades de reflexión luminosa:***

Estas propiedades son importantes para la conducción nocturna y para el diseño apropiado de las instalaciones de iluminación. (TAPIA GARCÍA, MIGUEL ANGEL, 2015, pág. 6).

● ***Drenaje superficial rápido:***

Ésta característica evita que el espesor de la película de agua que escurre sobre la superficie de rodamiento sea considerable, y con esto impide el efecto conocido como acuaplaneo. (TAPIA GARCÍA, MIGUEL ANGEL, 2015, pág. 6).

2.2.3.4. Clasificación de Capas y sus Funciones

2.2.3.4.1. Subrasante

Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño. (Coronado Iturbide, 2002, pág. 94).

El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo que ésta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad, por consiguiente, el diseño de un pavimento es esencialmente el ajuste de la carga de diseño por rueda a la capacidad de la subrasante. (Coronado Iturbide, 2002, pág. 94).

Las funciones de la capa subrasante deben ser:

- Transmitir y distribuir de modo adecuado las cargas del tránsito al cuerpo del terraplén. (TAPIA GARCÍA, MIGUEL ANGEL, 2015, pág. 7) .
- Evitar que los materiales finos plásticos que formen el cuerpo del terraplén contaminen el pavimento. (TAPIA GARCÍA, MIGUEL ANGEL, 2015, pág. 7) .
- Evitar que las terracerías, cuando estén formadas principalmente por fragmentos de roca (piedraplen), absorban el pavimento. (TAPIA GARCÍA, MIGUEL ANGEL, 2015, pág. 7) .
- Evitar que las imperfecciones de la cama de los cortes se reflejen en la superficie de rodamiento. (TAPIA GARCÍA, MIGUEL ANGEL, 2015, pág. 7) .
- Uniformizar los espesores de pavimento, sobre todo cuando varían mucho los materiales de terracerías a lo largo del camino. (TAPIA GARCÍA, MIGUEL ANGEL, 2015, pág. 7) .
- Economizar espesores de pavimentos, en especial cuando los materiales de las terracerías requieren un espesor importante. (TAPIA GARCÍA, MIGUEL ANGEL, 2015, pág. 7) .

2.2.3.4.2. Sub-base

Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las

variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la sub-base. La sub-base debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento. (Coronado Iturbide, 2002).

Se utiliza además como capa de drenaje y contralor de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares. Al haber capilaridad en época de heladas, se produce un hinchamiento del agua, causado por el congelamiento, lo que produce fallas en el pavimento, si éste no dispone de una subrasante o subbase adecuada. (Coronado Iturbide, 2002, pág. 95).

2.2.3.4.3. Base

Según (Coronado Iturbide, 2002, pág. 96) “Es la capa de pavimento que tiene como función primordial, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la subbase y a través de ésta a la subrasante, y es la capa sobre la cual se coloca la capa de rodadura”.

Las bases especificadas son las siguientes:

a) Base Granular

Material constituido por piedra de buena calidad, triturada y mezclada con material de relleno o bien por una combinación de piedra o grava, con arena y suelo, en su estado natural. Todos estos materiales deben ser clasificados para formar una base integrante de la estructura de pavimento. Su estabilidad dependerá de la graduación de las partículas, su forma, densidad relativa, fricción interna y cohesión, y todas estas propiedades dependerán de la proporción de finos con respecto

al agregado grueso. (Coronado Iturbide, 2002, pág. 97).

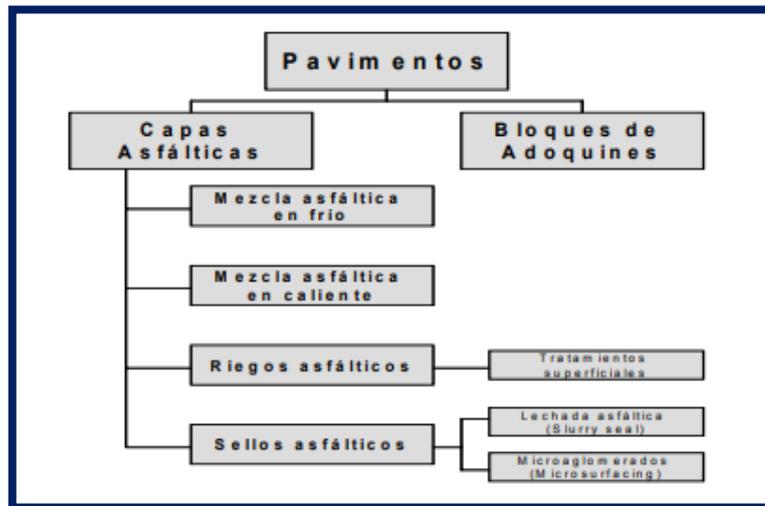
b) Base estabilizada

Es la capa formada por la combinación de piedra o grava trituradas, combinadas con material de relleno, mezclados con materiales o productos estabilizadores, preparada y construida aplicando técnicas de estabilización, para mejorar sus condiciones de estabilidad y resistencia, para constituir una base integrante del pavimento destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a la capa de subbase. (Coronado Iturbide, 2002, pág. 98).

2.2.3.4.4. Superficie de Rodadura

Es la capa que se coloca sobre la base. Su objetivo principal es proteger la estructura de pavimento, impermeabilizando la superficie, para evitar filtraciones de agua de lluvia que podrían saturar las capas inferiores. Evita la desintegración de las capas subyacentes a causa del tránsito de vehículos. Asimismo, la superficie de rodadura contribuye a aumentar la capacidad soporte del pavimento, absorbiendo cargas, si su espesor es apreciable (mayor de 4 centímetros), excepto el caso de riegos superficiales, ya que para estos se considera nula. (Coronado Iturbide, 2002, pág. 104).

Ilustración N° 5: Tipos de Superficies de Rodadura en Pavimentos Flexibles



Fuente: Manual Centroamericano para el Diseño de Pavimentos.

2.2.3.4.5. Factores básicos para definir el Refuerzo del Pavimento

Es la capa que se coloca sobre la base. Su objetivo principal es proteger la estructura de pavimento, impermeabilizando la superficie, para evitar filtraciones de agua de lluvia que podrían saturar las capas inferiores. Evita la desintegración de las capas subyacentes a causa del tránsito de vehículos. Asimismo, la superficie de rodadura contribuye a aumentar la capacidad soporte del pavimento, absorbiendo cargas, si su espesor es apreciable (mayor de 4 centímetros), excepto el caso de riegos superficiales, ya que para estos se considera nula. (Coronado Iturbide, 2002, pág. 104).

El refuerzo del pavimento debe permitir prolongar su vida útil para resistir la acción del tráfico proyectado, en condiciones de serviciabilidad adecuada y con los costos de conservación de acuerdo a lo previsto para el tipo de carretera y pavimento. (Manual de

Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", 2013, pág. 192).

Los factores básicos para definir el refuerzo del pavimento son los siguientes:

- ✓ Estado superficial del pavimento.
- ✓ Capacidad estructural del pavimento existente, determinada mediante mediciones de deflexiones.
- ✓ Necesidad de regularización superficial del pavimento existente, transversal y/o longitudinal.
- ✓ Estructura del pavimento existente.
- ✓ Naturaleza y estado de la plataforma del camino (cortes y rellenos).
- ✓ Estado del sistema de drenaje de la carretera (superficial y subterráneo).
- ✓ Tráfico pesado acumulado previsible para el nuevo periodo de diseño.
- ✓ Ensanche o ampliación del pavimento existente, que obligue reforzar la estructura existente.
- ✓ Desvío de tráfico sobre un pavimento donde no estaba previsto la circulación de tráfico pesado o es mayor al previsto.
- ✓ Tipos de materiales a emplear en el refuerzo. (Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", 2013, pág. 193).

2.2.3.4.6. Tráfico para el Refuerzo del Pavimento

La estructura del pavimento a reforzar o renovar superficialmente dependerá del número y características de los vehículos pesados que se prevea vayan a circular por el carril de diseño durante el periodo del proyecto. Este periodo será como mínimo de 5 años y como máximo de 10 años.

(Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", 2013, pág. 193).

Para la determinación del tráfico de diseño se seguirán los criterios indicados en el capítulo 6 Tráfico Vial del presente Manual. Es decir, efectuando los estudios de tráfico, con conteos volumétricos clasificados por tipo de vehículos, carga por eje, proyección y definición del número de ejes equivalentes de 8.2 t sobre el carril de diseño en el periodo de diseño. (Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", 2013, pág. 194).

2.2.3.4.7. Fallas en el Pavimento

Las causas de defectos o fallas en el pavimento son de distinto origen y naturaleza, de los cuales mencionamos los siguientes: (Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", 2013, pág. 194).

- ❖ Exagerado incremento de las cargas circulantes: ya sea en peso o en frecuencia, con respecto a las previstas en el diseño original, y que se traducen en un infra diseño.

- ❖ Deficiencias en el proceso constructivo: espesores menores que los previstos, elaboración inadecuada de las mezclas y estabilizaciones, deficiencias en el proceso de distribución, compactación o terminación, factores todos que traen como consecuencia una disminución de la calidad de los materiales y un debilitamiento estructural del pavimento. (Manual de Carreteras

"Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", 2013, pág. 194).

- ❖ Proyecto deficiente: que da lugar a espesores menores de lo que realmente requiere la carretera.
- ❖ Factores climáticos regionales: excesivamente desfavorables o que no pudieron preverse en el proyecto y/o construcción, tales como la elevación de la capa freática, inundaciones, lluvias prolongadas, insuficiencias del drenaje superficial o subterráneo proyectado, variaciones térmicas externas, fenómenos de congelamiento, presencia de sales nocivas, etc. (Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", 2013, pág. 194).
- ❖ Deficiente conservación vial: por escasez de equipos, de fondos o de personal capacitado; por empleo de materiales y/o técnicas inadecuadas; o bien, por falta total de conservación. (Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", 2013, pág. 194).

2.2.3.4.8. Refuerzo de Pavimentos Flexibles

En el refuerzo de los pavimentos aparecen algunos problemas constructivos, cuyo detenido estudio debe ser la base para la adopción de la solución más correcta en cada caso; por ejemplo, considerar: (Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", 2013, pág. 204).

- El mantenimiento del tráfico durante la ejecución de los trabajos en condiciones aceptables, puede ser causa determinante de la elección del tipo de refuerzo. (Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", 2013, pág. 204).
- Sí el pavimento está muy deformado, será necesario fresarlo o reperfilarlo antes del refuerzo o mediante la aplicación de una primera capa nivelante (Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", 2013, pág. 204).
- El aumento de espesor de la calzada crea un desnivel con las bermas, que por seguridad vial deben ser también niveladas.
- Como se ha indicado anteriormente, en el acápite de renovación superficial, previo al refuerzo debe repararse la capa superficial del pavimento existente. (Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", 2013, pág. 204).
- Debe analizarse la probable reflexión de fisuras y su atenuación.
- También debe tenerse en cuenta las posibles mejoras de drenaje. (Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", 2013, pág. 204).

- La solución de los eventuales problemas que puedan presentarse en ensanches del pavimento, en pequeñas correcciones de trazado y en la ejecución de bermas. (Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", 2013, pág. 204).

2.2.3.5. Factores a considerar el Diseño de Pavimentos

Si observamos tenemos factores que son necesarios para un buen desarrollo de Tesis en nuestro Proyecto planteado.

2.2.3.5.1. El Tránsito

Interesan para el dimensionamiento de los pavimentos las cargas más pesadas por eje (simple, tándem o tridem) esperadas en el carril de diseño (el más - 9 solicitado, que determinará la estructura del pavimento de la carretera) durante el período de diseño adoptado.

La repetición de las cargas del tránsito y la consecuente acumulación de deformaciones sobre el pavimento (fatiga) son fundamentales para el cálculo. Además, se deben tener en cuenta las máximas presiones de contacto, las sollicitaciones tangenciales en tramos especiales (curvas, zonas de frenado y aceleración, etc), las velocidades de operación de los vehículos (en especial las lentas en zonas de estacionamiento de vehículos pesados), la canalización del tránsito. (Montejo Fonseca, 2002, pág. 8).

2.2.3.5.2. La Subrasante

Esta capa depende, en gran parte, el espesor que debe tener un pavimento, sea éste flexible o rígido. Como parámetro de evaluación de esta capa se

emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas del tránsito. Es necesario tener en cuenta la sensibilidad del suelo a la humedad, tanto en lo que se refiere a la resistencia como a las eventuales variaciones de volumen (hinchamiento - retracción). (Montejo Fonseca, 2002, pág. 9).

Los cambios de volumen de un suelo de subrasante de tipo expansivo pueden ocasionar graves daños en las estructuras que se apoyen sobre éste, por esta razón cuando se construya un pavimento sobre este tipo de suelos deberá tomarse la precaución de impedir las variaciones de humedad del suelo para lo cual habrá que pensar en la impermeabilización de la estructura. Otra forma de enfrentar este problema es mediante la estabilización de este tipo de suelo con algún aditivo, en nuestro medio los mejores resultados se han logrado mediante la estabilización de suelos con cal. (Montejo Fonseca, 2002, pág. 9).

2.2.3.5.3. El Clima

Los factores que en nuestro medio más afectan a un pavimento son las lluvias y los cambios de temperatura. Las lluvias por su acción directa en la elevación del nivel freático influyen en la resistencia, la compresibilidad y los cambios volumétricos de los suelos de subrasante especialmente. (Montejo Fonseca, 2002, pág. 9).

Este parámetro también influye en algunas actividades de construcción tales como el movimiento de tierras y la colocación y compactación de capas granulares y asfálticas. Los cambios de temperatura en las losas de pavimentos rígidos ocasionan en

éstas esfuerzos muy elevados, que en algunos casos pueden ser superiores a los generados por las cargas de los vehículos que circulan sobre ellas. (Montejo Fonseca, 2002, pág. 9).

2.2.3.5.4. Materiales Disponibles

Son determinantes para la selección de la estructura de pavimento más adecuada técnica y económicamente. Por una parte, se consideran los agregados disponibles en canteras y depósitos aluviales del área. Además de la calidad requerida, en la que se incluye la deseada homogeneidad, hay que atender al volumen disponible aprovechable, a las facilidades de explotación y al precio, condicionado en buena medida por la distancia de acarreo. (Montejo Fonseca, 2002, pág. 10).

Por otra parte, se deben considerar los materiales básicos de mayor costo: ligantes y conglomerantes, especialmente. El análisis de los costos de construcción debe complementarse con una prevención del comportamiento del pavimento durante el período de diseño, la conservación necesaria y su costo actualizado y, finalmente, una estimación de futuros refuerzos estructurales, renovaciones superficiales o reconstrucciones. (Montejo Fonseca, 2002, pág. 10).

2.2.3.6. Métodos para Diseño de Pavimento Flexible

Los métodos de diseño de pavimentos flexibles utilizados frecuentemente son: el método AASHTO, el del Instituto del Asfalto y el del Instituto de Ingeniería de la UNAM. (TAPIA GARCÍA, MIGUEL ANGEL, 2015, pág. 17).

2.2.3.6.1. Método de Guía AASHTO 93 de Diseño

Según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología y Pavimentos (2014, pág. 130) Este procedimiento está basado en modelos que fueron desarrollados en función de la performance del pavimento, las cargas vehiculares y resistencia de la subrasante para el cálculo de espesores.

Se incluye más adelante la ecuación de cálculo en la versión de la Guía AASHTO - 93.

El propósito del modelo es el cálculo del Numero Estructural requerido (SNr), en base al cual se identifican y determinan un conjunto de espesores de cada capa de la estructura del pavimento, que deben ser construidas sobre la subrasante para soportar las cargas vehiculares con aceptable serviciabilidad durante el periodo de diseño establecido en el proyecto. (Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014, pág. 130).

2.2.3.6.2. Periodo de Diseño

Según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología y Pavimentos (2014, pág. 132) “El periodo de diseño a ser utilizado según el método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos flexibles será de 10 años para caminos de bajo volumen de tránsito, este valor se puede ajustar según las condiciones específicas del proyecto y lo requerido por la entidad”.

2.2.3.6.3. Variables de la Ecuación Básica para el Diseño

A partir de esta ecuación se desprenden las siguientes definiciones:

- Según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología y Pavimentos (2014, pág. 131) “Wt18: Número de

aplicaciones de cargas equivalentes de 80 Kn (8.200 kg.) acumuladas en el periodo de diseño (n).

- Según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología y Pavimentos (2014, pág. 131)“MR: Modulo resiliencia, es una medida de la rigidez del suelo de la subrasante, el cual para su cálculo se empleará la ecuación, que correlaciona con el CBR.
- Según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología y Pavimentos (2014, pág. 134) “ZR: Coeficiente estadístico de desviación estándar Normal, representa el valor de la confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución normal.
- Según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología y Pavimentos (2014, pág. 136)“So: Desviación estándar combinada, es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento.
- Según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología y Pavimentos (2014, pág. 139) “ Δ PSI: Es la diferencia entre la serviciabilidad inicial y terminal asumida para el desarrollo del proyecto.
- Según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología y Pavimentos (2014, pág. 148)“SN: Número Estructural, representa el espesor total del pavimento a colocar y debe ser transformado al

espesor efectivo de cada una de las capas que lo constituirán, ósea de la capa de rodadura, de base y de sub-base.”

Ilustración N° 6: Método de Diseño de Pavimento Flexible

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

Fuente: (Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014)

Dónde:

W_{18} = Número de ejes equivalentes.

Z_R = Coeficiente estadístico de desviación estándar.

S_o = Desviación estándar combinada.

SN = Número estructural.

ΔPSI = Variación de serviciabilidad.

M_R = Módulo de Resiliencia.

2.2.3.7. Parámetros de Diseño

a) Periodo de Diseño:

En el manual de diseño para pavimentos rígido del MTC 2013, se considera un periodo de 20 años como mínimo. El Ingeniero de diseño puede ajustar el periodo según las condiciones específicas del proyecto y lo requerido por la entidad administradora vial. Sin embargo, no debe perderse el hecho de que AASHTO 93 no incorpora directamente el efecto del periodo en el diseño, tampoco en la fórmula empírica. (Becerra Salas, 2012, pág. 112).

b) El tránsito (ESALs)

El periodo está ligado a la cantidad de tránsito asociada en ese mismo periodo para el carril de diseño. Una

característica propia del método AASHTO 93 es la simplificación del efecto del tránsito introduciendo el concepto de ejes equivalentes. Es decir, el método transforma las cargas de todos los ejes que transitarán por el pavimento para todos los tipos de vehículos existentes en Ejes Simples Equivalentes de 8.2 Ton de peso, comúnmente llamados ESALs. (Becerra Salas, 2012, pág. 113).

c) Serviciabilidad

Este parámetro sintetiza el criterio de diseño AASHTO: Servicio, o serviciabilidad. AASHTO 93 caracteriza el servicio con dos parámetros: índice de servicio inicial (P_i) e índice de servicio final o Terminal (P_t). En la ecuación se ingresa la diferencia entre los valores de serviciabilidad inicial y final, determinándose una variación o diferencial entre ambos índices (ΔPSI) (Becerra Salas, 2012, pág. 116).

d) Índice de servicio

Se obtiene de mediciones de rugosidad y daño (agrietamiento, bacheo, ahuellamiento, etc.) en un momento determinado durante la vida de servicio del pavimento. La rugosidad es el factor dominante en la determinación del "PSI". La escala del "PSI" varía de 0 a 5, siendo 5 el índice más alto. (TAPIA GARCÍA, MIGUEL ANGEL, 2015, pág. 18).

Abarca los siguientes Índices:

➤ **El índice de servicio inicial, "pi"**, es un estimado del que tendrá el pavimento inmediatamente después de la construcción. El valor de "pi" establecido en los pavimentos flexibles del ensayo vial AASHTO es de 4.2,

pero dada la variabilidad de los métodos de construcción del experimento se recomienda que las entidades establezcan valores superiores de acuerdo a sus condiciones locales.

Con las técnicas modernas de construcción, control y supervisión, en pavimentos de alta calidad que alcanzado valores de 4.8, por lo que se recomienda tomar un valor de 4.5 para efectos de diseño. (TAPIA GARCÍA, MIGUEL ANGEL, 2015, pág. 18).

✎ **El índice de servicio final, “*pt*”,** es el nivel aceptable mínimo antes de rehabilitar la estructura. Depende del tipo de carretera, por ejemplo, para las Autopistas se sugiere un valor de 3.0, para las carreteras principales y arterias urbanas de 2.5, para las carreteras de secundarias importantes un valor de 2.25, para las carreteras secundarias un valor de 2.0 y para las de menor importancia, en donde prevalecen consideraciones del tipo económico, puede usarse un valor de 1.5. (TAPIA GARCÍA, MIGUEL ANGEL, 2015, pág. 18).

Para el diseño de pavimento flexible se aplica el criterio de “pérdida de índice de servicio”. Para efectos de diseño se aplica la siguiente ecuación:

$$\Delta PSI = P_0 - P_t$$

2.2.3.8. Marcas en el Pavimento y Bordes del Pavimento

2.2.3.8.1. Uniformidad

Las marcas en el pavimento deberán ser uniformes en su diseño, posición y aplicación; ello es imprescindible a fin de que el conductor pueda reconocerlas e interpretarlas rápidamente. (Pandolfi Arbulú, Alberto ,

2000, pág. 236).

2.2.3.8.2. Clasificación

Teniendo en cuenta el propósito, las marcas en el pavimento se clasifican en:

A) Marcas en el pavimento

- Línea central.
- Línea de carril.
- Marcas de prohibición de alcance y paso a otro vehículo.
- Línea de borde de pavimento.
- Líneas canalizadoras del tránsito.
- Marcas de aproximación de obstáculos.
- Demarcación de entradas y salidas de Autopistas.
- Líneas de parada.
- Marcas de paso peatonal.
- Aproximación de cruce a nivel con línea férrea.
- Estacionamiento de vehículos.
- Letras y símbolos.
- Marcas para el control de uso de los carriles de circulación.
- Marcas en los sardineles de prohibición de estacionamiento en la vía pública. (Pandolfi Arbulú, Alberto , 2000, pág. 236).

B) Marcas en los obstáculos

- Obstáculos en la vía.
- Obstáculos fuera de la vía.

C) Demarcadores reflectores

- Demarcadores de peligro.
- Delineadores (Pandolfi Arbulú, Alberto , 2000, pág. 237).

2.2.3.8.3. Colores

Los colores de pintura de tráfico u otro elemento demarcador a utilizarse en las marcas en el pavimento serán blancos y amarillos, cuyas tonalidades deberán conformarse con aquellas especificadas en el presente manual. (Pandolfi Arbulú, Alberto , 2000, pág. 237).

- **Las Líneas Blancas:**

Indican separación de las corrientes vehiculares en el mismo sentido de circulación.

- **Las Líneas Amarillas:**

Indican separación de las corrientes vehiculares en sentidos opuestos de circulación. (Pandolfi Arbulú, Alberto , 2000, pág. 237).

Por otro lado, los colores que se pueden emplear en los demarcadores reflectivos, además del blanco y el amarillo, son el rojo y el azul, por las siguientes razones:

- **Rojo:**

Indica peligro o contra el sentido del tránsito.

- **Azul:**

Indica la ubicación de hidrantes contra incendios. (Pandolfi Arbulú, Alberto , 2000, pág. 237).

2.2.3.8.4. Tipo y Ancho de las Líneas Longitudinales

Los principios generales que regulan el marcado de las líneas longitudinales en el pavimento son:

- Líneas segmentadas o discontinuas, sirven para demarcar los carriles de circulación del tránsito automotor. (Pandolfi Arbulú, Alberto , 2000, pág. 238).
- Líneas continuas, sirven para demarcar la separación de las corrientes vehiculares, restringiendo la circulación vehicular de tal manera que no deba ser cruzada.
- El ancho normal de las líneas es de 0.10 m. a 0.15 m. para las líneas longitudinales de línea central y línea de carril, así como de las líneas de barrera.
- Las líneas continuas dobles indican máxima restricción.

Para las líneas de borde del pavimento tendrán un ancho de 0.10 m. (Pandolfi Arbulú, Alberto , 2000, pág. 238).

2.2.3.8.5. Línea Central

En el caso de una calzada de dos carriles de circulación que soporta el tránsito en ambos sentidos, se utilizará una línea discontinua cuando es permitido cruzar y cuyos segmentos serán de 4.50 m de longitud espaciados 7.50 m en carreteras; en la ciudad será de 3 m y 5 m respectivamente. (Pandolfi

Arbulú, Alberto , 2000, pág. 241).

En el caso de una calzada de cuatro o más carriles de circulación que soporta el tránsito en ambos sentidos y sin separador central se usará, como línea central, la doble línea continua de 0.10m ó 0.15m de ancho espaciadas en 0.10 m y de color amarillo. (Pandolfi Arbulú, Alberto , 2000, pág. 241).

La doble línea amarilla demarcadora del eje de la calzada, significa el establecer una barrera imaginaria que separa las corrientes de tránsito en ambos sentidos; el eje de la calzada coincidirá con el eje del espaciamiento entre las dos líneas continuas y paralelas. (Pandolfi Arbulú, Alberto , 2000, pág. 241).

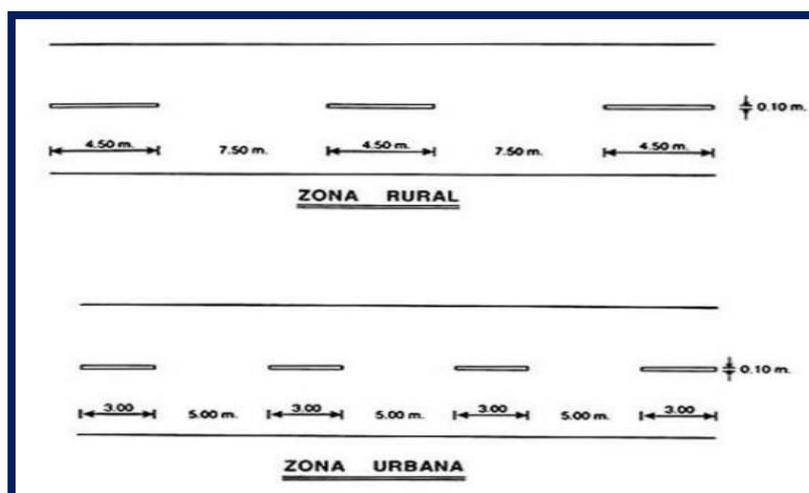
2.2.3.8.6. Línea de Carril

Las líneas de carril son utilizadas para separar los carriles de circulación que transitan en la misma dirección. Las líneas de carril deberán usarse:

- ✓ En todas las Autopistas, carreteras, avenidas de múltiples carriles de circulación.

- ✓ En lugares de congestión del tránsito en que es necesaria una mejor distribución del espacio correspondiente a las trayectorias de los vehículos. (Pandolfi Arbulú, Alberto , 2000, pág. 241)

Ilustración N° 7: Línea de Carril



Fuente: *Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor en Calles y Carreteras.*

2.2.3.8.7. Línea de Borde Pavimento

Se utilizará para demarcar el borde del pavimento a fin de facilitar la conducción del vehículo, especialmente durante la noche y en zonas de condiciones climáticas severas.

Deberá ser línea continua de 0.10m. de ancho de color blanco. (Pandolfi Arbulú, Alberto , 2000, pág. 244).

2.2.3.8.8. Líneas en el Ancho del Pavimento

En los casos en que el ancho del pavimento sufra transiciones deberá demarcarse claramente dicha transición, así como los carriles de circulación del tránsito automotor. En el marcado de transiciones del ancho del pavimento se presentan un sin número de situaciones. (Pandolfi Arbulú, Alberto , 2000, pág. 245).

2.2.3.8.9. Líneas de Canalización del Tránsito

Se utilizan para conformar islas canalizadoras del tránsito automotor que circula en una misma dirección. Para el demarcado se usará líneas de un ancho de

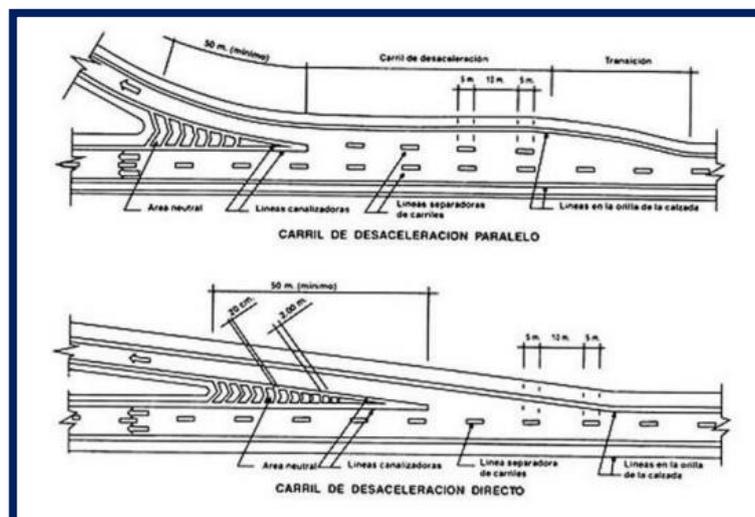
0.20m. de color blanco. (Pandolfi Arbulú, Alberto , 2000, pág. 245).

2.2.3.8.10. Demarcación de Entradas y Salidas en Autopistas

El uso de la demarcación de las entradas y salidas de las Autopistas guía al tránsito automotor en sus maniobras correspondientes, influyendo en el conductor a incorporarse al tránsito rápido en el caso de ingresar con más eficiencia y, a la salida, reduce la posibilidad de conflictos en su maniobra correspondiente. (Pandolfi Arbulú, Alberto , 2000, pág. 245).

Para la demarcación de las salidas se usará una línea de ancho mínimo de 0.10m. a todo lo largo del lado correspondiente a la Autopista del área triangular neutral formada por la vía de la Autopista y la rampa de ingreso a ésta. En el caso de existir un carril de aceleración se deberá marcar éste con línea de carril hasta aproximadamente la mitad de su longitud. (Pandolfi Arbulú, Alberto , 2000, pág. 245).

Ilustración N° 8: Línea de borde en el caso de rampa de salida



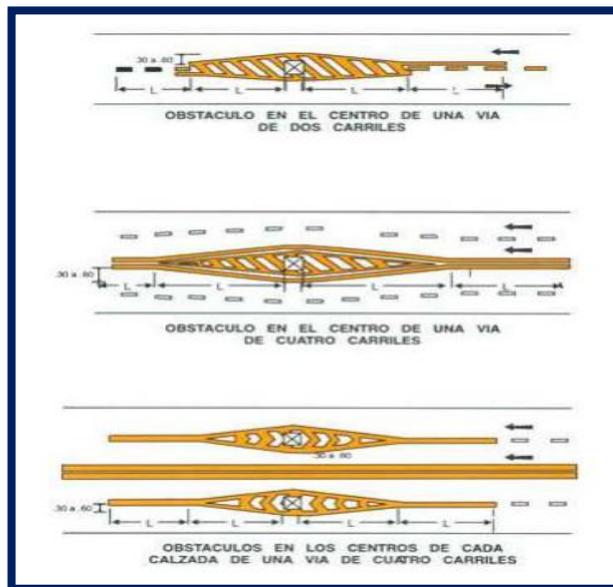
Fuente: Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor en Calles y Carreteras.

2.2.3.8.11. Línea de Pare

Deberá ser una línea de color blanco, sólida de ancho 0.50m. Colocada transversalmente al eje de la calzada, extendiéndose a través de todos los carriles de aproximación.

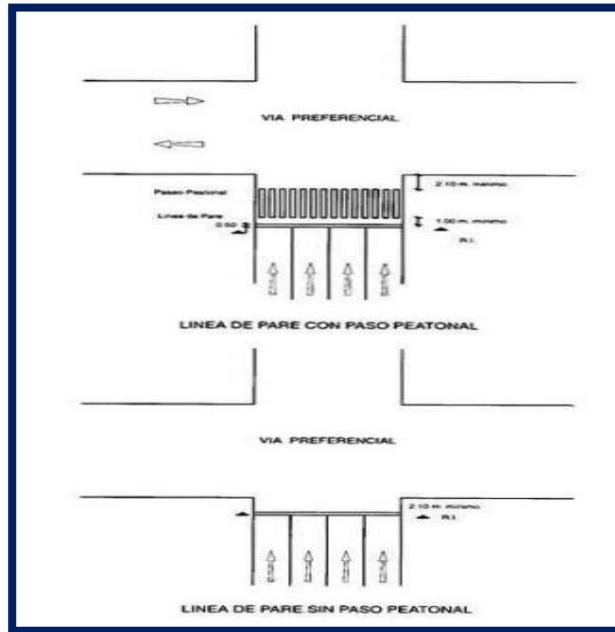
La línea de «PARE» deberá pintarse paralelamente y a una distancia anterior al "paso peatonal" de 1.00m; en el caso que no existiera el marcado de "paso peatonal" a una distancia mínima de 1.50m. de la esquina más cercana a la vía que se cruza. (Pandolfi Arbulú, Alberto , 2000, pág. 250).

Ilustración N° 9: Demarcación del pavimento en caso de Obstáculos dentro de la Vía



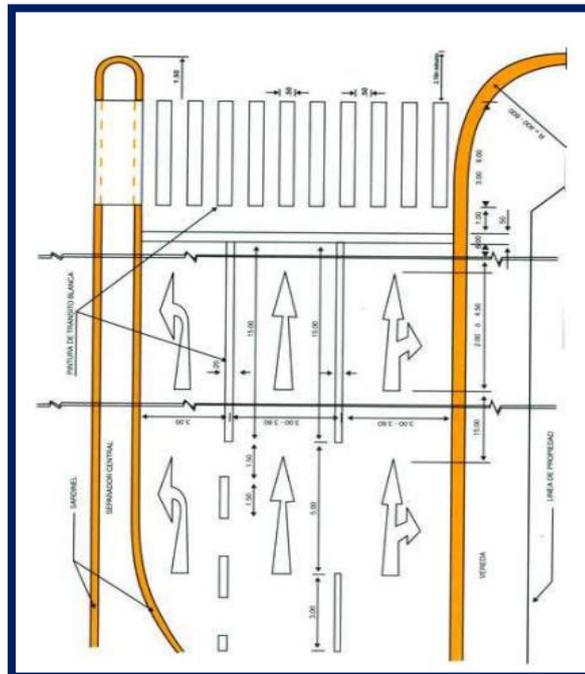
Fuente: *Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor en Calles y Carreteras.*

Ilustración N° 10: Marcado de Línea de Pare



Fuente: Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor en Calles y Carreteras.

Ilustración N° 11: Marcado de Paso Peatonal en Intersección controlada por Semáforo



Fuente: Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor en Calles y Carreteras.

2.2.3.8.12. Línea de Pasos Peatonales

Se utilizarán franjas de 0.50m de color blanco espaciadas 0.50m y de un ancho entre 3.00m y 8.00m dependiendo de cada caso; las franjas deberán estar a una distancia no menor de 1.50m de la línea más próxima de la vía interceptante. (Pandolfi Arbulú, Alberto , 2000, pág. 253).

2.2.4. Propiedades Físico – Mecánicas de Suelo

2.2.4.1. Clasificación de SUCS (ASTM D – 2487)

Divide a los suelos en dos grupos:

a) SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS:

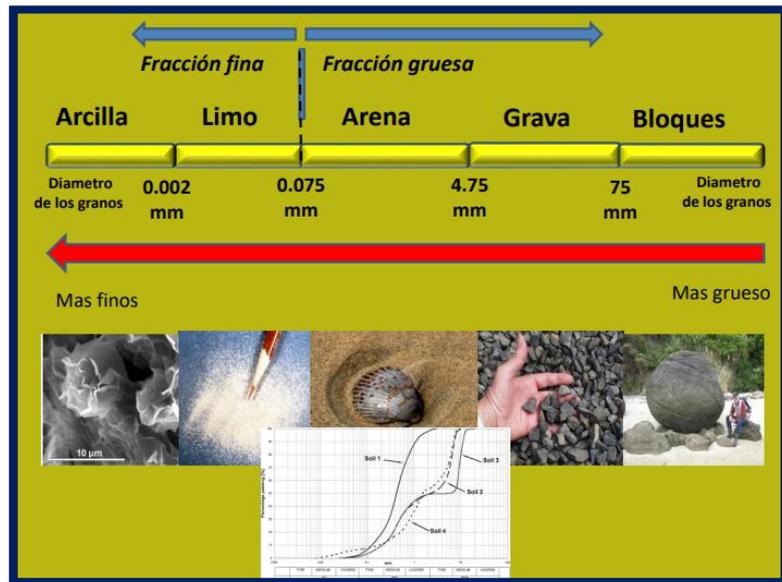
Son aquellas en que más del 50% son retenidos en el tamiz N° 200. Este suelo a su vez se subdivide en gravas y arenas. (Huanca Borda, Angel, 2015, pág. 38).

b) SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS:

Son aquellos en que más del 50%, pasa el tamiz N° 200. (Huanca Borda, Angel, 2015, pág. 38).

Para el método del “SUCS”, se utiliza el cuadro N° 2, donde básicamente aparece la carta de plasticidad de Casagrande. (Huanca Borda, Angel, 2015, pág. 38).

Ilustración N° 12: Clasificación de SUCS (Separación en Componente Fina y Gruesa)



Fuente: Geotecnia – Clasificación de SUCS.

Se utilizan Símbolos:

SUCS – UCS: se utilizan los símbolos de cinco letras:

- ✓ G por grava (gravel).
- ✓ S por arena (sand).
- ✓ M por limo (silt).
- ✓ C por arcilla (clay).
- ✓ por suelos orgánico (organic soil).
- ✓ P for turba (peat soils) (Borselli Lorenzo, 2018, pág. 6).

Regla N° 1:

Si menor del 50% del suelo pasa la malla No. 200 (0.075 mm), el suelo es de grano grueso, y la primera letra será G o S. (Borselli Lorenzo, 2018, pág. 7).

Regla N° 2:

si más del 50% pasa la malla No. 200(0.075 mm), el suelo es de grano fino y la primera letra será M o C. (Borselli Lorenzo, 2018, pág. 7).

Regla N° 3:

Arenas y gravas limpias (con menos del 5% que pasa la malla No. 200): se les da una segunda letra P si están mal graduada o W si bien graduadas. Arenas y gravas, con más de 12% en peso que pasa la malla No. 200: se les da una segunda letra M si son limosas o C, si son arcillosos.

Arenas y gravas que tienen entre 5 y 12%: se dan clasificaciones duales como SP-SM.

Limos, arcillas y suelos orgánicos se les da la segunda letra H o L para designar a la plasticidad de alta o baja. (Borselli Lorenzo, 2018, pág. 7).

Ilustración N° 13: Sistema de Clasificación de Suelos

El sistema Unificado de clasificación de suelos, utiliza como identificación los siguientes símbolos:

Símbolo	G	S	M	C	O	Pt	H	L	W	P
Descripción	Grava	Arena	Limo	Arcilla	Limos o arcillas orgánicas	Turba y suelos altamente orgánicos	Alta plasticidad	Baja plasticidad	Bien graduado	Mal graduado

Primera letra

Segunda letra

Fuente: Geotecnia – Clasificación de SUCS.

2.2.4.1.1. Análisis Granulométrico

Es la distribución en peso de las partículas según su tamaño. Es una característica muy importante dentro del estudio de suelos gruesos. Existen dos maneras para realizar en análisis granulométrico: por tamizado y por sedimentometría. (Becerra Salas, 2012).

- El tamizado es empleado para suelo con tamaños mayores a 74µm, es decir, analiza suelos que pasan por la malla N° 200. Consiste en contabilizar el retenido en peso a medida que el suelo es tamizado

por mallas que van reduciendo sus tamaños en el proceso. (Becerra Salas, 2012).

- La sedimentometría se emplea para determinar la granulometría de la porción que pasa la malla N° 200, y está basada en la ley de Stokes, en la que se considera la velocidad de sedimentación de las partículas en un líquido. Sin embargo para el caso de suelos finos más relevante es conocer otras propiedades como es el caso de la plasticidad. (Becerra Salas, 2012, pág. 60).

Tabla N° 2. Análisis Granulométrico

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 ½"	38,100
1"	25,400
¾"	19,000
⅝"	9,500
N° 4	4,760
N° 10	2,000
N° 20	0,840
N° 40	0,425
N° 60	0,260
N° 140	0,106
N° 200	0,075

Fuente: Manual de Ensayos de Materiales 2016.

2.2.4.2. Plasticidad

Es la propiedad que tiene el suelo para deformarse y mantener su nueva forma cuando es sometida a fuerzas de compresión, siempre dentro de un cierto grado de humedad, sin perder volumen ni romperse. (Becerra Salas, 2012, pág. 62).

$$IP = LL - LP$$

El índice de plasticidad indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica y permite clasificar bastante bien un suelo. Un IP grande

corresponde a un suelo muy arcilloso; por el contrario, un IP pequeño es característico de un suelo poco arcilloso. En tal sentido, el suelo en relación a su índice de plasticidad puede clasificarse según lo siguiente: (Manual de Carreteras: Suelos, Geotécnia y Pavimentos, 2014, pág. 31).

Tabla N° 3: Clasificación de Suelos según su Plasticidad

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	suelos muy arcillosos
IP ≤ 20 IP > 7	Media	suelos arcillosos
IP < 7	Baja	suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

Fuente: Manual de Carreteras.

➤ **Límites de Atterberg**

Son contenidos de humedad típicos del suelo propuestos por el científico sueco A. Atterberg producto de investigaciones realizadas con fines agrícolas. (Becerra Salas, 2012, pág. 62).

Los límites proponen cinco límites de los que se emplean sólo dos para el desarrollo de ingeniería vial, que son:

2.2.4.1.1. Limite Líquido (LL)

Se determina mediante un instrumento llamado Cuchara de Casagrande, que consiste en un plato de bronce de 46.7 mm de radio que se llena con la fracción del suelo a ensayar. (Becerra Salas, 2012, pág. 62).

- Se trabaja con la fracción del suelo que pasa la malla N° 40 (250 +/- 10 gramos).
- Se mezcla el suelo cuidadosamente con agua hasta lograr una cierta homogeneidad, hasta que obtenga una cierta consistencia para iniciar el ensayo.

- Coloca el suelo con la humedad respectiva en el plato de bronce.
- Realiza el corte de 2 mm de ancho a la masa de suelo con una espátula conocida como herramienta de Casagrande. Con ello se separa la masa que se encuentra en el plato.
- Se aplican golpes a una frecuencia de dos por segundo hasta lograr que los bordes del corte realizado se unan en una longitud de 12.7 mm.
- Cuando el número de golpes en los que se alcanza el cierre es 25 se dice que el contenido de humedad es el correspondiente al LL. (Becerra Salas, 2012, pág. 62).

Ilustración N° 14: Plato de Bronce



Fuente: Laboratorio Flujo Libre.

2.2.4.1.2. Limite Plástico (LP)

Es el contenido de humedad para el cual el suelo puede amasarse en cilindros de 3 mm de diámetro sin resquebrajarse. También se trabaja con la fracción del suelo que pasa la malla N° 40. (Becerra Salas, 2012, pág. 63).

2.2.4.1.3. Índice de Plasticidad (IP)

Es una propiedad importante para la caracterización de suelos finos. Las arcillas plásticas por ejemplo tienen un IP muy alto. (Becerra Salas, 2012, pág. 64).

Tabla N° 4: Índice de Plasticidad

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	suelos muy arcillosos
IP ≤ 20 IP > 7	Media	suelos arcillosos
IP < 7	Baja	suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

Fuente: *Manual de Ensayo de Materiales 2016.*

2.2.4.3. CBR

El ensayo normado bajo AASHTO T – 193, es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante del suelo bajo condiciones de densidad y humedad controladas. Con el CBR se compara la presión necesaria para penetrar un pistón en una muestra de suelo dada, con la requerida para una muestra patrón (roca sana triturada). (Becerra Salas, 2012, pág. 73).

Para la obtención del valor CBR de diseño de la sub rasante se debe considerar lo siguiente:

- a) En los sectores con 6 o más valores de CBR realizados por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, se determinará el valor de CBR de diseño de la sub rasante considerando el promedio del total de los valores analizados por sector de características homogéneas. (Manual de Carreteras: Suelos, Geotécnia y Pavimentos, 2014, pág. 35).

b) En los sectores con menos de 6 valores de CBR realizados por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, se determinará el valor de CBR de diseño de la sub rasante en función a los siguientes criterios: (Manual de Carreteras: Suelos, Geotécnia y Pavimentos, 2014, pág. 35).

Si los valores son parecidos o similares, tomar el valor promedio.

- Si los valores no son parecidos o no son similares, tomar el valor crítico (el más bajo) o en todo caso subdividir la sección a fin de agrupar subsectores con valores de CBR parecidos o similares y definir el valor promedio. La longitud de los subsectores no será menor a 100m. (Manual de Carreteras: Suelos, Geotécnia y Pavimentos, 2014, pág. 35).

Son valores de CBR parecidos o similares los que se encuentran dentro de un determinado rango de categoría de sub rasante.

c) Una vez definido el valor del CBR de diseño, para cada sector de características homogéneas, se clasificará a que categoría de sub rasante pertenece el sector o subtramo, según lo siguiente: (Manual de Carreteras: Suelos, Geotécnia y Pavimentos, 2014, pág. 35).

Tabla N° 5: Categorías de Subrasante

Categorías de Sub rasante	CBR
S ₀ : Sub rasante inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: Manual de Carreteras.

El ensayo en sí consiste en medir la carga requerida para que un pistón de 19.4 cm² de área penetre en una muestra de suelo dada a una velocidad de 1.2mm por minuto. Las lecturas de presión se registran cada 2.5mm. (Becerra Salas, 2012, pág. 73).

El CBR requiere además conocer:

- ✓ Determinación de la curva densidad máxima seca vs humedad óptima.
- ✓ Determinación de las propiedades expansivas del suelo (IP) (Becerra Salas, 2012, pág. 73).

2.2.4.4. Contenido de Humedad

Influye en muchas propiedades físicas, tales como la densidad aparente, espacio poroso, compactación, penetrabilidad, resistencia al corte, consistencia, succión total de agua y color del suelo. La humedad del suelo es muy dinámica y depende del clima, vegetación, profundidad del suelo, y de las características y condiciones físicas del perfil. Se entiende por humedad del suelo a la masa de agua contenida por unidad de masa de sólidos del suelo. (Flores Delgadillo, 2010, pág. 5).

La humedad del suelo se puede expresar gravimétricamente, con base en la masa, o volumétricamente, con base en el volumen. La humedad gravimétrica (w) es la forma más básica de expresar la humedad del suelo. Tiene las unidades de kg kg^{-1} . La humedad volumétrica, generalmente, se calcula como un porcentaje del volumen total del suelo. (Flores Delgadillo, 2010, pág. 5).

$$\theta = \frac{V_w}{V_t} = \frac{V_w}{V_s + V_f} \qquad V_f = V_a + V_w$$

Donde V_w es el volumen del agua, V_s volumen de sólidos, V_f volumen de poros, y V_t el volumen total de la muestra representativa.

2.2.4.5. Ensayo de Carga de Penetración

Este método proporciona una muestra de suelo para investigación y ensayos de laboratorio a partir de un muestreo, el cual puede producir gran alteración en la muestra debido a la deformación por corte.

Es ampliamente usado en la gran mayoría de proyectos de exploración geotécnica, y por tanto pueden existir correlaciones locales de la cuenta de golpes N , con el comportamiento en ingeniería de obras de tierra y fundaciones. (MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES , 2016, pág. 145).

2.2.5. Clasificación de Suelos

La clasificación de suelos es el indicador de las propiedades físico - mecánicas que tienen los suelos. La clasificación que mejor describe y determina las propiedades de un suelo a usarse como subrasante es la clasificación de AASHTO M-145; las primeras variables son: la granulometría y la plasticidad. En términos generales, un suelo conforme a su granulometría se clasifica así: (Coronado Iturbide, 2002, pág. 74).

- **Grava:** de un tamaño menor a 76.2 mm (3") hasta tamiz No. 10 (2 mm)
- **Arena Gruesa:** de un tamaño menor a 2 mm hasta tamiz No. 40 (0.425 mm)
- **Arena Fina:** de un tamaño menor a 0.425 mm hasta tamiz No. 200 (0.075 mm)
- **Limos y Arcillas:** tamaños menores de 0.075 mm

2.2.6. Tránsito

La información de tránsito requerida para este método corresponde a las cargas por eje, la configuración de los ejes y el número de aplicaciones.

Los resultados del ensayo vial AASHO indican que el daño producido por el paso de un eje de cualquier masa, puede representarse por un número de ejes sencillos equivalentes de 18 kips o ESAL. (TAPIA GARCÍA, MIGUEL ANGEL, 2015, pág. 18).

$$W_{18} = D_D * D_L * ESAL$$

Dónde:

- W_{18} = Tránsito acumulado, en ejes equivalentes sencillos de 8.2 ton, en el carril de diseño.
- D_D = Factor de distribución direccional; se recomienda 50% para la mayoría de las carreteras, pudiendo variar de 0.3 a 0.7, dependiendo de en qué dirección va el tránsito con mayor porcentaje de vehículos pesados.
- D_L = Factor de distribución por carril, cuando se tengan dos o más carriles por sentido.
- ESAL = Ejes equivalentes acumulados en ambas direcciones. (TAPIA GARCÍA, MIGUEL ANGEL,

2015, pág. 18)

Para calcular los ejes equivalentes acumulados, se deberá estimar con base en la tasa de crecimiento anual y el período de diseño en años, el total de ejes equivalentes acumulados.

$$ESAL = TDPA * 365 * f_{Ei} * N_i * G_{jt}$$

Dónde:

- ESAL = Ejes equivalentes acumulados en ambas direcciones.
- TDPA = Transito Diario Promedio Anual.
- f_{Ei} = Factor de equivalencia de carga para la categoría de eje i.
- N_i = Número de ejes en cada vehículo de categoría i.
- G_{jt} = Factor de crecimiento para determinada tasa de crecimiento j y periodo de diseño t. (TAPIA GARCÍA, MIGUEL ANGEL, 2015, pág. 18).

Tabla N° 6: Pesos y Medidas

Configuración Vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Longitud Máxima (m)	Eje delantero	Peso Máximo (t)				Peso Bruto Máximo (t)
				Conjunto de Ejes Posteriores				
				1°	2°	3°	4°	
C2		12,30	7	11	-	-	-	18
C3		13,20	7	18	-	-	-	25
C4		13,20	7	23 (1)	-	-	-	30
8x4		13,20	7+7 (5)	18	-	-	-	32
C3R2		23,00	7	18	11	11	-	40
C3R3		23,00	7	18	11	7,8	-	48 (2)
C3R12		20,50	7	18	18	-	-	43
T2S2		20,50	7	11	18	-	-	36
T2S3		20,50	7	11	25	-	-	43
T2S22		20,50	7	11	11	11	-	40
T2S23		20,50	7	11 (4)	11	7,8	-	47

Fuente: MTC, 2013.

2.2.6.1. Módulo de Resiliencia Efectivo

La propiedad que caracteriza los materiales en la Guía AASHTO es el Módulo de Resiliencia “MR”. Este es una medida de las propiedades elásticas del suelo que reconoce ciertas características no lineales. La obtención del Módulo de Resiliencia, se obtiene con base en pruebas de laboratorio, realizadas en materiales a utilizar en la capa subrasante (Ensayo AASHTO T 274), con muestras representativas (esfuerzo y humedad) que simulen las estaciones del año respectivas. (TAPIA GARCÍA, MIGUEL ANGEL, 2015, pág. 19).

Para la obtención del módulo estacional, o variaciones del “MR” a lo largo de todas las estaciones del año se ofrecen dos procedimientos: el primero es obteniendo de la relación en el laboratorio entre el Módulo de Resiliencia y el contenido de humedad de diferentes muestras en diferentes estaciones del año y, segundo, utilizando algún equipo para medición de deflexiones sobre carreteras en servicio durante diferentes estaciones del año. (TAPIA GARCÍA, MIGUEL ANGEL, 2015, pág. 19).

$$U_f = 1.18 \times 10^8 * M_R^{-2.32}$$

Dónde:

- U_f = Daño relativo en cada estación (por mes o quincenal).
- M_R = Módulo de Resiliencia de la capa subrasante, obtenido en laboratorio o con de flexiones cada quincena o mes.

El Módulo de Resiliencia “MR” efectivo, será el que corresponda al “ U_f ” promedio.

2.2.6.2. Volumen de Tránsito

Se realizan con el propósito de obtener datos reales relacionados con el movimiento de vehículos y o personas, sobre puntos o secciones específicas dentro de un sistema vial de Carreteras o calles. Dichos datos se expresan con relación al tiempo, y de su conocimiento se hace posible el desarrollo de metodologías que permiten estimar de manera razonable la calidad del servicio que el sistema presta a los usuarios. (James & Reyes, 2007, pág. 223).

2.2.6.3. Volúmenes de Transito absolutos o totales

Es el número total de vehículos que pasan durante un lapso de tiempo determinado. Dependiendo de la duración del lapso de tiempo. (James & Reyes, 2007, pág. 170).

Se tienen los siguientes volúmenes de tránsito absolutos o totales:

- ✓ Tránsito anual (TA): Es el número total de vehículos que pasan durante un año. En este caso $T = 1$ año.
- ✓ Tránsito mensual (TM): Es el número total de vehículos que pasan durante un mes. En este caso $T = 1$ mes.
- ✓ Tránsito semanal (TS): Es el número total de vehículos que pasan durante una semana. En este caso $T =$ semana.
- ✓ Tránsito Diario (TD): Es el número total de vehículos que pasan durante un día. En este caso $T = 1$ día.
- ✓ Tránsito horario (TH): Es el número total de vehículos que pasan durante una hora. En este caso $T = 1$ hora.
- ✓ Tránsito en un período inferior a una hora $O;$) (James & Reyes, 2007, pág. 170).

2.2.6.4. Volúmenes de Transito Promedios Diarios

Se define el volumen de tránsito promedio diario (TPD), como el número total de vehículos que pasan durante un período

dato (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido por el número de días del período. De manera general se expresa como:

$$TPD = \frac{N}{1 \text{ día} < T \leq 1 \text{ año}}$$

Donde N representa el número de vehículos que pasan durante T días. De acuerdo al número de días del período, se presentan los siguientes volúmenes de tránsito promedio diario, dados en vehículos por día. (James & Reyes, 2007, pág. 171).

a) Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA)

$$TPDA = \frac{TA}{365}$$

b) Tránsito Promedio Diario Mensual (TPDM)

$$TPDM = \frac{TM}{30}$$

c) Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS)

$$TPDM = \frac{TS}{7}$$

2.2.6.5. Flujo Vehicular

Se puede clasificar en dos:

a) Modelos Microscópicos:

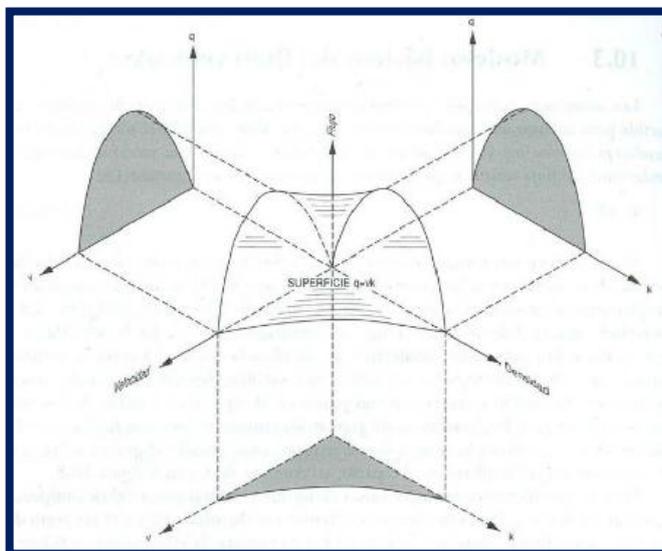
Que consideran los espaciamientos y las velocidades individuales de los vehículos, con base en la teoría del seguimiento vehicular.

b) Modelos Macroscópicos:

Describen la operación vehicular en términos de sus variables de flujo, generalmente tomadas como promedios. A su vez, estos modelos del flujo vehicular son la

base de la simulación microscópica y macroscópica.
(James & Reyes, 2007, pág. 294).

Ilustración N° 15: Flujo Vehicular



Fuente: SCT. Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras. México).

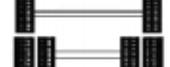
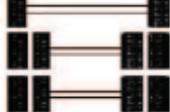
2.2.10.6. Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes

Para el diseño de pavimento la demanda que corresponde al del tráfico pesado de ómnibus y de camiones es la que preponderantemente tiene importancia. (Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", 2013, pág. 77).

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 80 lbs/pulg². 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. (Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", 2013, pág. 78).

Ilustración N° 16: Configuración de Ejes

Conjunto de Eje (s)	Nomenclatura	N° 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	

Fuente: Manual de Carreteras.

2.3. Marco Conceptual

a) Bombeo

“Es la convexidad dada a la sección transversal de una vía para facilitar el drenaje de las aguas superficiales”. (Reglamento Nacional de Edificaciones Norma CE.010, Pavimentos Urbanos (1ra Ed), 2010, pág. 38).

b) Berma

“Son aquella parte de la corona del pavimento que se encuentra

aledaña a la superficie de rodamiento y que tiene como función principal, proporcionar un espacio adecuado para la detención de vehículos en emergencia”. (Montejo Fonseca, 2002, pág. 8) .

c) Calzada o Pista

“Zona de la carretera destinada a la circulación de vehículos, con ancho suficiente para acomodar un cierto número de carriles para el movimiento de los mismos, excluyendo los hombros laterales”. (Coronado Iturbide, 2002, pág. 17) .

d) Capacidad de la Vía

“Es el máximo número de vehículos de todos los tipos para los que la vía deberá ser diseñada geoméricamente”. (Reglamento Nacional de Edificaciones Norma CE.010, Pavimentos Urbanos (1ra Ed), 2010, pág. 39) .

e) Carril

“Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos”. (Reglamento Nacional de Edificaciones Norma CE.010, Pavimentos Urbanos (1ra Ed), 2010, pág. 39) .

f) CBR

Es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante del suelo bajo condiciones de densidad y humedad controladas. (Becerra Salas, 2012, pág. 73).

g) Módulo Resiliente

Es una medida de la propiedad elástica del suelo, reconociéndole ciertas características no lineales. El módulo de resiliencia se puede usar directamente en el diseño de pavimentos flexibles, pero debe convertirse a módulo de reacción de la sub-rasante (valor k), para el diseño de pavimentos rígidos o compuestos. (Reglamento Nacional

de Edificaciones Norma CE.010, Pavimentos Urbanos (1ra Ed), 2010, pág. 43).

h) Serviciabilidad

“Es un pavimento se define como la idoneidad que tiene el mismo para servir a la clase de tránsito que lo va a utilizar”. (Montejo Fonseca, 2002, pág. 265).

i) Coeficientes Estructurales

“El método asigna a cada capa del pavimento un coeficiente, los cuales son requeridos para el diseño estructural normal de los pavimentos flexibles. Estos coeficientes permiten convertir los espesores reales a números estructurales (SN), siendo cada coeficiente una medida de la capacidad relativa de cada material para funcionar como parte de la estructura del pavimento.” (Montejo Fonseca, 2002, pág. 267).

j) Confiabilidad

“Se entiende por confiabilidad de un proceso diseño-comportamiento de un pavimento a la probabilidad de que una sección diseñada usando dicho proceso, se comportará satisfactoriamente bajo las condiciones de tránsito y ambientales durante el periodo de diseño.” (Montejo Fonseca, 2002, pág. 263).

k) Base

“Es la capa de espesor diseñado, constituyente de la estructura del pavimento, destinada fundamentalmente a distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito, a las capas subyacentes y sobre la cual se coloca la carpeta de rodadura”. (Coronado Iturbide, 2002, pág. 17).

l) Periodo de Diseño

Es el tiempo, normalmente expresado en años, transcurrido entre la construcción (denominada año cero) y el momento de la rehabilitación del pavimento. (Reglamento Nacional de Edificaciones Norma CE.010, Pavimentos Urbanos (1ra Ed), 2010, pág. 44).

m) Superficie de la Superficie

“La carpeta debe proporcionar una superficie uniforme y estable al tránsito, de textura y color conveniente y resistir los efectos abrasivos del tránsito.” (Montejo Fonseca, 2002, pág. 4).

n) Transitabilidad

El concepto de “Transitabilidad” en el Perú define una situación de “disponibilidad de uso” (MTC M. d., 2008). Demuestra que una carretera específica está disponible para su uso, es decir, que no ha sido cerrada al tránsito público por causas de “emergencias viales” que la hubieran cortado en algún o en algunos lugares del recorrido, como consecuencia de deterioros mayores causados por fuerzas de la naturaleza, tales como deslizamientos de materiales saturados de agua (“huaicos”), desprendimiento de rocas, pérdidas de la plataforma de la carretera, erosiones causadas por ríos, caída de puentes, etc. (Atarama Mondragón, 2015, pág. 22).

o) Carril

“Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos”. (Reglamento Nacional de Edificaciones Norma CE.010, Pavimentos Urbanos (1ra Ed), 2010, pág. 39).

p) Pavimento

Conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. (Montejo Fonseca, 2002, pág. 1).

2.4. Hipótesis

El diseño estructural del pavimento flexible mejorará el servicio de transitabilidad en la prolongación de la Av. Uno y la Prolongación Sinchi Roca, en el centro poblado Alto Trujillo.

2.5. Variables e Indicadores

2.5.1. Variables Independientes

Diseño estructural

2.5.2. Variables Dependientes

Mejoramiento de la transitabilidad.

2.5.3. Operacionalización de las Variables

Tabla N° 7: Variables Independientes

Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Escala De Medición	Instrumentos
V1: Diseño estructural de pavimento flexible	Consiste en definir la geometría de la estructura, la dimensión de los elementos que la conforman y la resistencia de estos ante diferentes solicitaciones de carga, además se especifican los detalles de construcción para que el proyecto se comporte según lo planificado en los cálculos. (TAPIA GARCÍA, MIGUEL ANGEL, 2015)	Análisis de tránsito	Volumen	Intervalo (veh/hora)	Protocolo de Recolección de Datos
			Peso	Intervalo (ton)	
		Estudio de Suelos	Granulometría	Intervalo (%)	Ensayo de Laboratorio
			Límites De Consistencia	Intervalo (%)	
			Contenido De Humedad	Intervalo (%)	
			Densidad Máxima	Intervalo (Und/cm ³)	
		Resistencia del suelo	CBR	Intervalo (%)	Ensayo de Laboratorio
		Método de diseño AASHTO 93	Pavimentos	Nominal	Normas
			Diseño	Intervalo (%)	
			Suelo	Intervalo (%)	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 8: Variable Dependiente

Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Escala De Medición	Instrumentos
V2: Mejoramiento de la transitabilidad	Nivel de servicio de la infraestructura vial que asegura un estado tal que permita el flujo vehicular constante (James & Reyes, 2007)	Diseño Vial	Velocidad de diseño	Intervalo (km/hr)	- Tablas de Excel - Normas - Autocad - Civil 3D
			Clasificación de red vial urbana	Nominal	
			Capacidad Vial	Intervalo (veh/hr)	
			Nivel de Servicio	Intervalo (%)	
			Infraestructura Vial	Intervalo (%)	
		Diseño de Señalización Vial	Señalización Horizontal	Unidad	- Reglamentos - Normas
			Señalización Vertical	Unidad	
			Semáforos	Unidad	

Fuente: *Elaboración Propia*

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. Tipo y Nivel de Investigación

3.1.1. Tipo de Investigación

Aplicada

3.1.2. Nivel de Investigación

Descriptiva

3.2. Población y Muestra de Estudio

3.2.1. Población

La población del Alto Trujillo está conformada por una superficie total de 36.7 km² y tiene una altitud media de 90 m.s.n.m. La población total es de 190,461 habitantes, con la densidad de 5189,67 hab/km².

M: O

XY → M

Dónde:

M: Prolongación de la Av. Uno y la prolongación Sinchi Roca.

O: Estudio de tráfico vial, estudio de mecánica de suelos y diseño estructural del pavimento.

3.2.2. Muestra

La muestra de estudio se encuentra en la Prolongación de la Av. Uno y la prolongación Sinchi Roca del centro poblado Alto Trujillo.

3.3. Diseño de Investigación

De Campo; porque la recolección de datos se hizo mediante ya que se basa en una recolección de información de datos los cuales son provenientes de la realidad y se utilizaran con el fin de asegurar un completo trabajo de investigación.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Investigación

- ▣ En primer lugar, ir a campo para hacer el reconocimiento del terreno, para poder determinar el Estudio de tráfico y un protocolo de recolección de datos.
- ▣ Se estableció un Estudio de mecánica de suelos y determinación de sus características con ensayos de laboratorio con fines de pavimentación.
- ▣ AUTOCAD 2018: Se empleó para visualizar el plano de ubicación, en que determinado estado se encuentra las calles u/o sectores.
- ▣ AUTOCAD CIVIL 3D 2018: Se empleó para diseñar el área del terreno.

3.5. Procesamiento y Análisis de Datos

- ❖ Para el estudio del tráfico vehicular, se realizó un conteo de vehículos según las categorías como lo indica en el Manual de Carreteras (Dispositivos del Control de Tránsito para Calles y Carreteras, 2006).
- ❖ Para el Estudio de Mecánica de Suelos los datos se han obtenido mediante la toma de muestras al suelo de la zona en estudio para luego realizar los respectivos ensayos y así poder obtener las características del suelo.

3.5.1. Recopilación de Datos Meteorológicos

Técnica utilizada: la observación, control de vehículos.

También se va a recolectar muestras de suelo, para luego poder realizar los ensayos de laboratorio y así obtener las características del suelo, y por ultimo procesar los datos haciendo uso de la mecánica de suelos, pavimentos y transportes.

Se hará uso de los siguientes programas:

- ✓ Autocad 2018.
- ✓ Microsoft Excel 2016.
- ✓ Autocad Civil 3D 2018.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Propuesta de Investigación

Debido a que uno de nuestro objetivo principal que es realizar el diseño estructural del pavimento flexible para mejorar la transitabilidad. Dando así un mejoramiento en la Prolongación de la Av. Uno y la prolongación Sinchi Roca, en el centro poblado Alto Trujillo, por ello se lleva a cabo realizar un conteo vehicular y un diseño para definir una mejor apariencia en calles u/o sectores del centro Poblado. Así mismo mejorará la transitabilidad a futuro.

4.2. Análisis e Interpretación de Resultados

4.2.1. Estudio de Trafico

Debe señalarse que, en primer lugar, realizar un estudio de tráfico es de suma importancia para el Diseño Estructural del Pavimento Flexible para el Mejoramiento de la Transitabilidad, dado que este último tendrá que soportar las continuas cargas de los vehículos durante toda su vida útil, manteniendo un adecuado servicio.

El estudio realizado se propuso con el fin de obtener el Número de conteo de la Prolongación de la Av. Uno y la Prolongación Sinchi Roca, en el Centro Poblado Alto Trujillo.

4.2.2. Situación Actual

Las Prolongaciones de Sinchi Roca y la Av. Uno, se encuentran en nivel de afirmado, siendo estas las vías más extensas del Centro Poblado Alto Trujillo.

Por estas prolongaciones transitan vehículos ligeros como: motos, autos, camionetas, microbuses y también vehículos pesados como: Camiones de 2 ejes y 3 ejes.

Este flujo vehicular de autos va hacia los distritos de La Esperanza parte alta, Florencia de Mora, El Porvenir.

El flujo vehicular aumenta durante las horas de la mañana de 7 a 9 a.m., en la tarde de 12 a 2 p.m. y en la noche de 4 a 5 p.m.

En la Tabla N° 10 se muestra el resumen promedio de los conteos vehiculares que se realizó durante 7 días las 13 horas del día, desde el 10/06/2019 al 16/06/2019 para los 2 puntos (ver anexo).

Tabla N° 9: Conteo de Vehículos (Prolongación Av. Sinchi Roca)

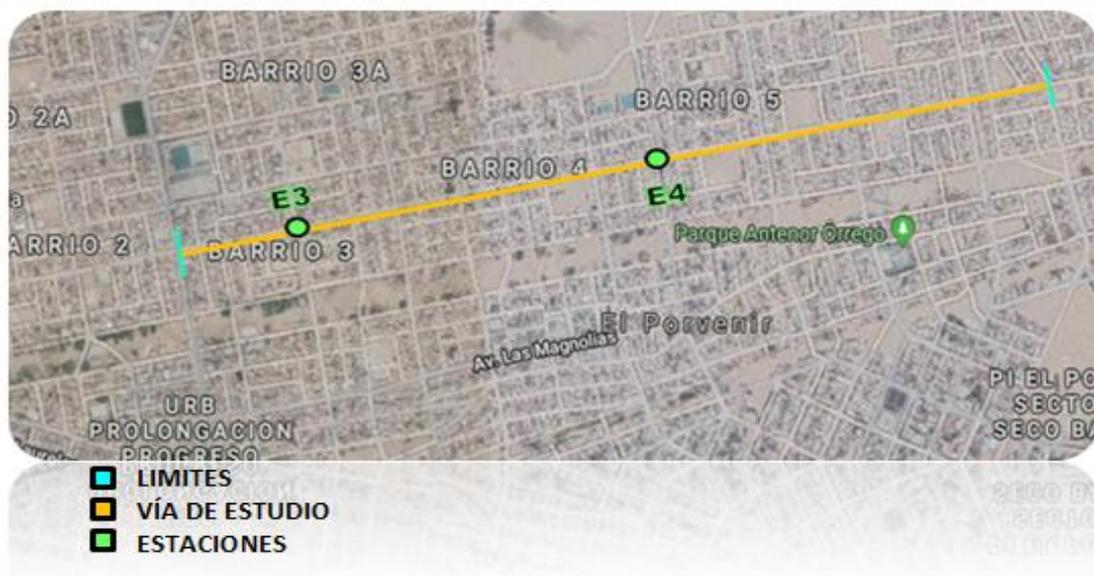
DÍA	FECHA	AUTO	CAMIONETA	MOTO TAXI	COMBI	MICROBUS	COLECTIVOS	CAMIÓN 2 EJES	CAMIÓN 3 EJES
Lunes	10/06/2019	432	71	463	59	482	2,018	51	16
Martes	11/06/2019	417	42	446	46	490	2,066	32	24
Miércoles	12/06/2019	393	51	440	56	487	1,991	43	19
Jueves	13/06/2019	377	33	433	67	459	2,009	45	23
Viernes	14/06/2019	383	24	426	44	463	2,018	32	15
Sábado	15/06/2019	404	14	410	28	432	1,946	19	13
Domingo	16/06/2019	343	16	360	21	403	1,902	11	7

Fuente: Elaboración Propia

PROLONGACIÓN AV. UNO

- **Control N°3:** Intersección de la Prolongación Sinchi Roca con la Prolongación de la Av. Uno.
- **Control N°4:** Intersección de la Prolongación de la Av. Uno con la Calle Huayna Capac.

Imagen N° 2: Ubicación gráfica de la zona de estudio y puntos de control



Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 11 se muestra el resumen promedio de los conteos vehiculares que se realizó durante 7 días las 13 horas del día, desde el 17/06/2019 al 23/06/2019 para los 2 puntos (ver anexo).

Tabla N° 10: Conteo de Vehículos (Prolongación Av. Uno)

DÍA	FECHA	AUTO	CAMIONETA	MOTO TAXI	COMBI	MICROBUS	COLECTIVOS	CAMIÓN 2 EJES	CAMIÓN 3 EJES
Lunes	17/06/2019	113	211	588	281	206	1,170	41	24
Martes	18/06/2019	120	214	308	108	259	1,117	35	24
Miércoles	19/06/2019	268	192	236	198	299	1,470	42	25
Jueves	20/06/2019	98	192	344	218	184	1,356	41	28
Viernes	21/06/2019	219	195	233	191	247	1,522	41	28
Sábado	22/06/2019	208	190	238	247	403	1,650	22	6
Domingo	23/06/2019	222	246	189	145	257	825	17	11

Fuente: Elaboración Propia

4.2.4.1.1. Variación Horaria de Volumen de Tránsito

PROLONGACIÓN AV. SINCHI ROCA

En el gráfico N°1 se muestra el flujo hora máxima demanda, del cual obtendremos el volumen horario de máxima demanda (VHMD), este valor es el más representativo de los periodos de máxima demanda que presenta durante un día particular (ver anexo).

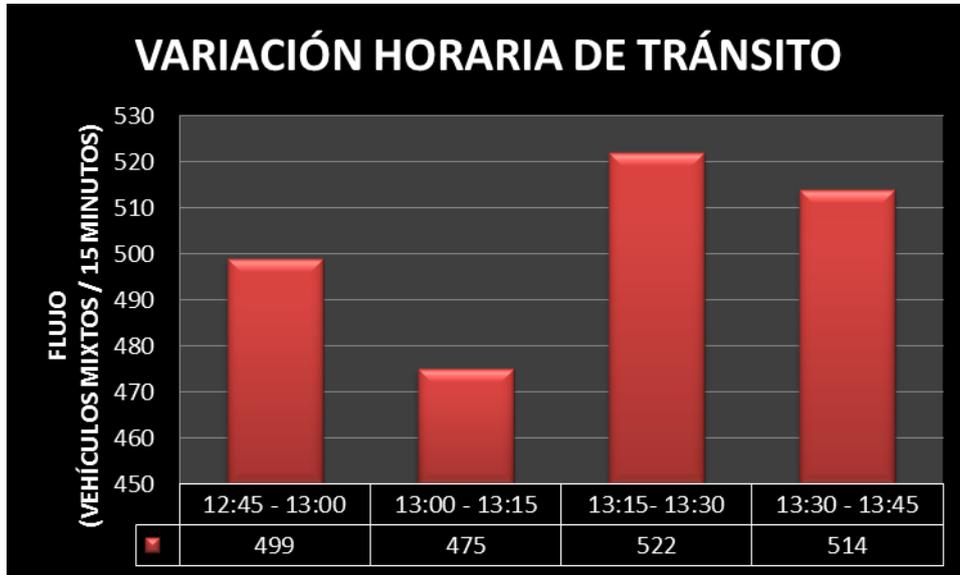
Gráfico N° 1: Flujo Hora Máxima Demanda (Prolongación av. Sinchi Roca)



Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico N°2 se muestra el flujo máximo que es el número total de vehículos que pasan durante un periodo inferior a una hora (T=15min) (ver anexo).

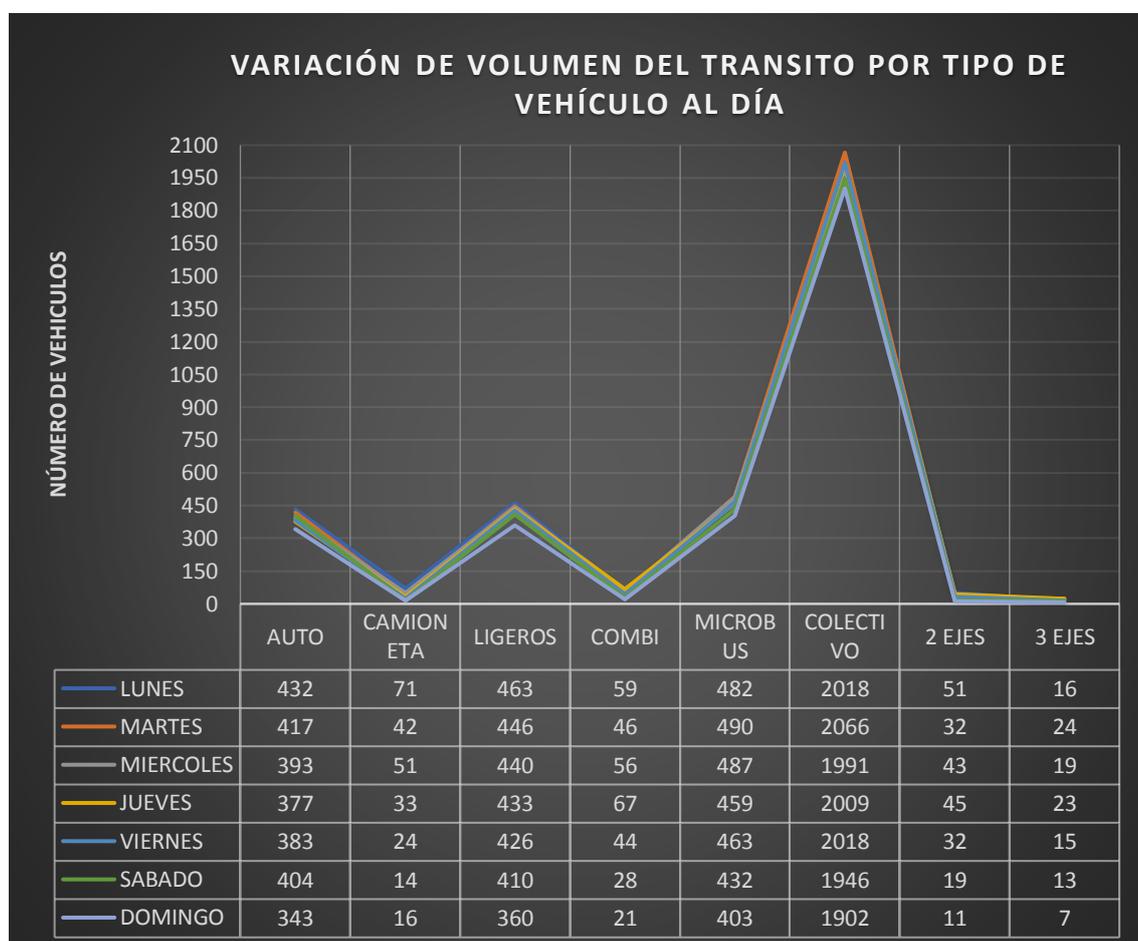
Gráfico N° 2: Variación Horaria del Volumen del Tránsito (Prolongación av. Sinchi Roca)



Fuente: *Elaboración Propia*

Entonces el factor de la hora de máxima demanda (FHMD) o factor hora pico que es la relación del VHMD y Qmax, nos da el valor de 0.96.

Gráfico N° 3: Variación Horaria del Volumen del Tránsito por tipo de Vehículo al día (Prolongación av. Sinchi Roca)



Fuente: *Elaboración Propia*

PROLONGACIÓN AV. UNO

En el gráfico N°4 se muestra el flujo hora máxima demanda, del cual obtendremos el volumen horario de máxima demanda (VHMD), este valor es el más representativo de los periodos de máxima demanda que presenta durante un día particular (ver anexo).

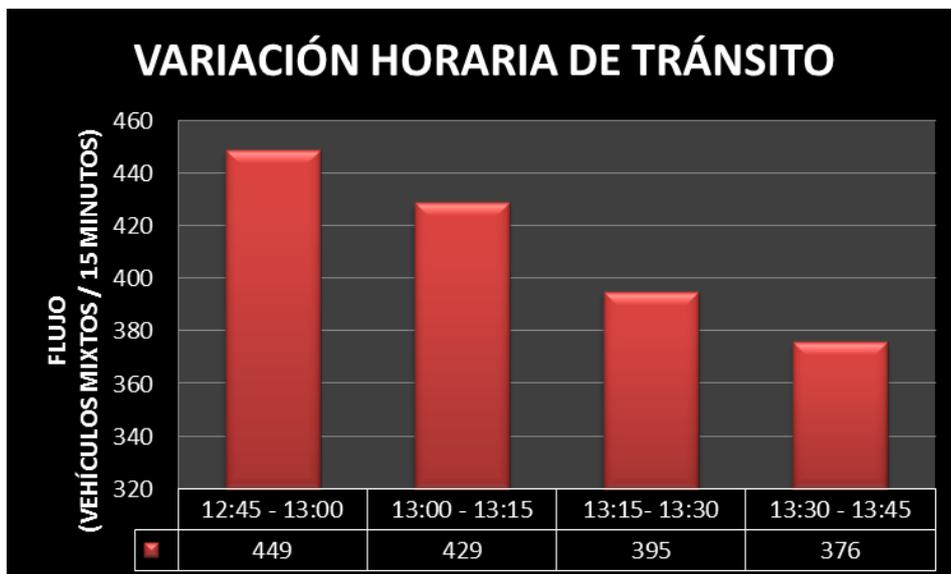
Gráfico N° 4: Flujo Hora Máxima Demanda (Prolongación Av. Uno)



Fuente: Elaboración Propia

En el gráfico N°5 se muestra el flujo máximo que es el número total de vehículos que pasan durante un periodo inferior a una hora (T=15min) (ver anexo).

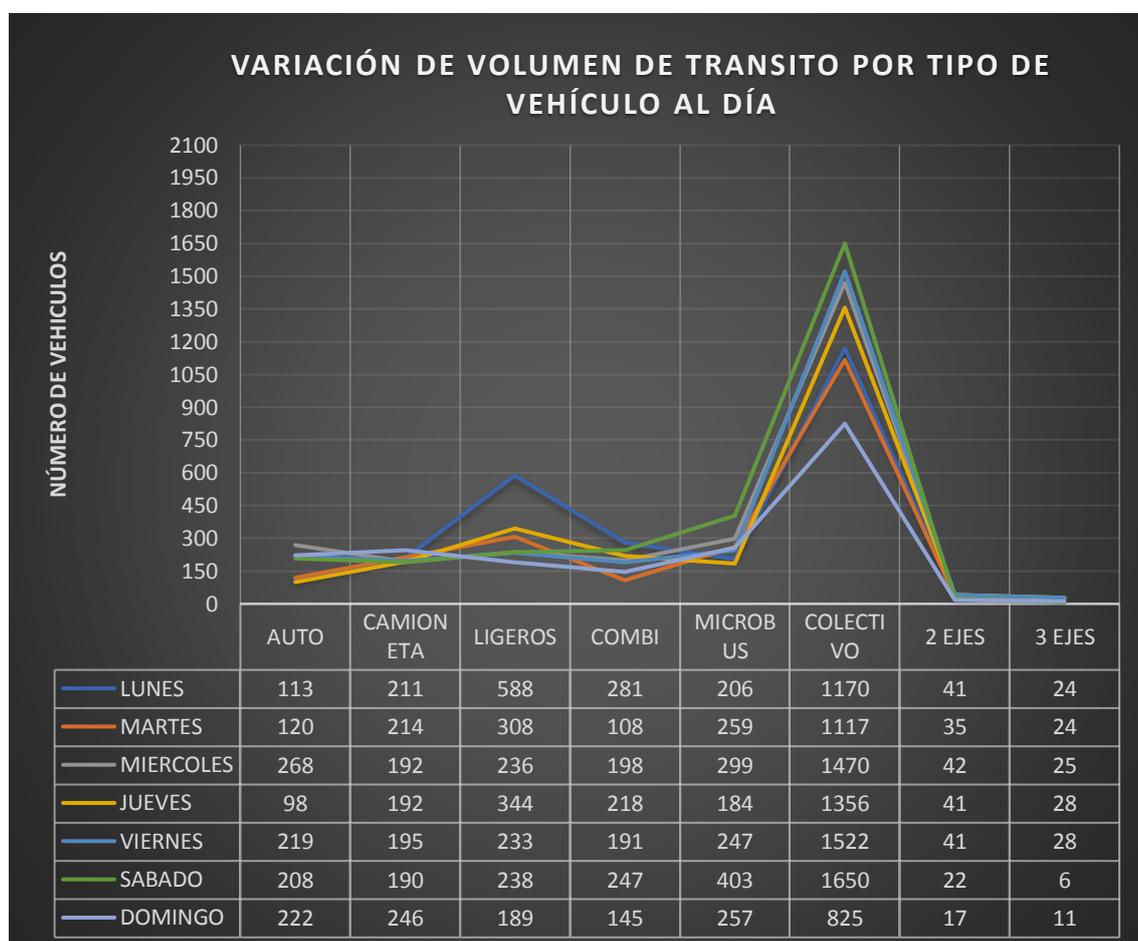
Gráfico N° 5: Variación Horaria del Volumen del Tránsito (Prolongación Av. Uno)



Fuente: Elaboración Propia

Entonces el factor de la hora de máxima demanda (FHMD) o factor hora pico que es la relación del VHMD y Qmax, nos da el valor de 0.92.

Gráfico N° 6: Variación Horaria del Volumen del Tránsito por tipo de Vehículo al día (Prolongación de la Av. Uno)



Fuente: Elaboración Propia

4.2.4.2. Cálculo de IMD

En la Tabla N°12 se muestra el IMD por vehículo, siendo el promedio de vehículos por el tiempo contabilizado durante la semana.

Tabla N° 11: IMD (Prolongación Av. Sinchi Roca)

VOLUMEN VEHICULAR DIARIO								IMD
AUTO	CAMIONETA	MOTO TAXI	COMBI	MICROBUS	COLECTIVOS	CAMIÓN 2 EJES	CAMIÓN 2 EJES	
393	36	425	46	459	1993	33	17	3402

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N°13 se muestra el IMD por vehículo, siendo el promedio de vehículos por el tiempo contabilizado durante la semana.

Tabla N° 12: IMD (Prolongación Av. Uno)

VOLUMEN VEHICULAR DIARIO								IMD
AUTO	CAMIONETA	MOTO TAXI	COMBI	MICROBUS	COLECTIVOS	CAMIÓN 2 EJES	CAMIÓN 2 EJES	
178	206	305	198	265	1301	34	21	2509

Fuente: *Elaboración Propia*

4.2.4.3. Cálculo del Factor de Crecimiento Acumulado (Fca)

El pavimento flexible para la prolongación Sinchi Roca y la prolongación de la Av. Uno se diseñó para un periodo de 20 años.

La Tasa de Crecimiento Promedio Anual de la Población para el centro poblado Alto Trujillo, tiene un valor de 4.25% anual, lo cual se usará como el Factor de Crecimiento Acumulado.

El Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos – R.D. N° 10-2014-MTC/14 establece los valores para el factor de crecimiento acumulado (Fca), donde se obtuvo un valor de $Fca = 30.60$ (ver anexo).

4.2.4.4. Cálculo del Factor de Distribución Direccional (Fd) y de Carril (Fc)

El factor de distribución direccional expresado como una relación, que corresponde al número de vehículos pesados que circulan en una dirección o sentido de tráfico, normalmente corresponde a la mitad del total de tránsito circulante en ambas direcciones, pero en algunos casos puede ser mayor en una dirección que en otra, el que se

definirá según el conteo de tráfico. (Manual de Carreteras "Suelos y Pavimentos", 2013, pág. 74).

En nuestro diseño se va a realizar una calzada de dos sentidos, con un carril por sentido.

En este proyecto se adoptó el factor de distribución direccional (F_d) igual 0.50 y el factor de distribución de carril (F_c) igual 1.00 (ver anexo).

4.2.4.5. Conteo del Factor Eje Equivalente (E.E) y Factor de Vehículo Pesado (F_{vp})

Para el diseño de pavimento la demanda que corresponde al del tráfico pesado de ómnibus y de camiones es la que preponderantemente tiene importancia. (Manual de Carreteras "Suelos y Pavimentos", 2013, pág. 78).

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. (Manual de Carreteras "Suelos y Pavimentos", 2013, pág. 78).

El camión de 2 ejes corresponde al Camión C2, de longitud máxima 12.30 m, y el camión de 3 ejes corresponde al Camión C3, de longitud máxima de 13.20m (ver anexo).

Para la configuración de ejes, para el Camión C2 corresponde para su eje delantero un eje simple con rueda simple (1RS) y para su eje posterior un eje simple con rueda doble (1RD); para el Camión C3 corresponde para su eje delantero un eje simple con rueda simple (1RS) y los ejes posteriores a un eje tándem con rueda doble (2RD) (ver

anexo).

Según el Reglamento Nacional de Vehículos establece como pesos máximos de sus ejes, para el Camión C2 un total de 7 tn para el eje delantero y 10 tn para su eje posterior; para el Camión C3 un total de 7 tn para el eje delantero y 16 tn para el conjunto de ejes traseros (ver anexo).

Tabla N° 14: Factor EE camión C2 y C3

TIPO DE VEH	CAMIÓN C2		CAMIÓN C3	
Ejes	E1	E2	E1	E2
Carga (tn)	7	10	7	16
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Simple	Eje Simple	Eje Tándem
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble	Rueda Simple	Rueda Doble
Factor E.E	1.265	2.212	1.265	1.261
Total Factor E.E.	3.477		2.526	

Fuente: *Elaboración Propia*

El Factor Vehículo Pesado (Fvp), se define 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 (E.E.) entre el número total del tipo de vehículo pesado seleccionado. (Manual de carreteras “Suelos, geología, geotecnia y pavimentos”, 2014, p. 68).

El Factor Vehículo Pesado (Fvp) será igual a 3.002.

4.2.4.6. Cálculo del Factor de Ajuste de Presión de Neumático (Fp)

Otro de los factores a ser considerados en la determinación del Número de Repeticiones de E.E. es el efecto de la

presión de contacto de los neumáticos.

Siguiendo las recomendaciones del Manual de carreteras "Suelos, geología, geotecnia y pavimentos", se utilizó como presión inicial 80 psi para un pavimento flexible, lo cual nos dio un valor de $F_p = 1.00$ (ver anexo)

4.2.4.7. Cálculo de Número de Repeticiones de Eje Equivalente de 8.2 Tn

En la Tabla N°15 y Tabla N°16 se muestra los valores que se obtuvo al multiplicar el IMD resultante del vehículo pesado del conteo de vehículos, en 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 80 lbs/pulg². (Manual de Carreteras "Suelos y Pavimentos", 2013, pág. 78).

Tabla N° 15: Prolongación Sinchi Roca

VEHICULOS	IMD	FACTOR DE CARGA	FACTOR DE CRECIMIENTO	NÚMERO DE VEHICULOS POR AÑO	E.E.
AUTO	393	0.0002	30.6	143,445	878
CAMIONETA	36	0.0002	30.6	13,140	80
MOTOTAXI	425	0.0001	30.6	155,125	475
COMBI	46	0.0038	30.6	16,790	1,952
MICROBUS	459	0.0539	30.6	167,535	276,322
COLECTIVO	1,993	0.0002	30.6	727,445	4,452
CAMIÓN 2 EJES	33	3.477	30.6	12,045	1'281,542
CAMIÓN 3 EJES	17	2.526	30.6	6,205	479,619
TOTAL – ESAL					2'045,321

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 16: Prolongación Av. Uno

VEHICULOS	IMD	FACTOR DE CARGA	FACTOR DE CRECIMIENTO	NÚMERO DE VEHICULOS POR AÑO	E.E.
AUTO	178	0.0002	30.6	64970	398
CAMIONETA	206	0.0002	30.6	75190	460
MOTOTAXI	305	0.0001	30.6	111325	341
COMBI	198	0.0038	30.6	72270	8,404
MICROBUS	265	0.0539	30.6	96725	159,532
COLECTIVO	1301	0.0002	30.6	474865	2,906
CAMIÓN 2 EJES	34	3.477	30.6	12410	1'320,376
CAMIÓN 3 EJES	21	2.526	30.6	7665	592,471
TOTAL – ESAL					2'084,888

Fuente: Elaboración Propia

Una vez hallado el número de repeticiones de eje equivalente de 8.2 tn, multiplicamos el factor de crecimiento acumulado con el E.E. obtenido anteriormente.

\Rightarrow **Trafico de diseño = E.E. x Fd x Fc x Fp**

\Rightarrow **Trafico proyectado en 20 años = Trafico de diseño x (1+r)⁽ⁿ⁻¹⁾**

Tabla N° 17: Número de repeticiones de E.E. de la prolongación Sinchi Roca

SINCHI ROCA	Número de repeticiones de E.E.
Tráfico de Diseño	1'022,660
Tráfico Proyectado de Diseño en 20 años	2'255,156

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 18: Número de repeticiones de E.E. de la prolongación de la Av. Uno

AV. UNO	Número de repeticiones de E.E.
Tráfico de Diseño	1'042,444
Tráfico Proyectado de Diseño en 20 años	2'298,783

Fuente: Elaboración Propia

4.2.5. Exploración de Campo

Se llevó a cabo la realización de pozos exploratorios (calicatas) a “cielo abierto”, donde se hizo un perfil minucioso de 1.50m de profundidad, se excavaron 4 calicatas, de las cuales se ha considerado todas las muestras.

Tabla N° 13: Prolongación Av. Sinchi Roca

N° CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD
C – 1	M – 1	1.50
C – 2	M – 2	1.50

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 14: Prolongación Av. Uno

N° CALICATA	MUESTRA	PROFUNDIDAD
C – 3	M – 3	1.50.
C – 4	M – 4	1.50

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.1. Ensayos de Laboratorio

En el Laboratorio se ejecutó las muestras obtenidas y se realizó los siguientes ensayos:

- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D- 422
- Limite Líquido, Limite Plástico e Índice de plasticidad
- Contenido de Humedad ASTM D- 2216
- Gravedad Específica de los Sólidos ASTM D- 854
- Ensayo de compactación N.T.P. 339.141
- CBR (California Bearing Ratio) ASTM D- 1883
- Ensayo de Carga de Penetración

Los ensayos de laboratorio fueron realizados de acuerdo con las normas ASTM.

4.2.2.1.1. Análisis Granulométrico (MTC E107-ASTM D-422)

Esta prueba se define para la distribución de diferentes tamaños de las partículas del suelo, expresado un porcentaje de cada muestra de suelo.

Tabla N° 15: Análisis Granulométrico (Prolongación Av. Sinchi Roca)

N° CALICATA	MUESTRA	% GRAVA	% ARENA	% FINO
C - 1	M - 1	0.00	99.73	0.24
C - 2	M - 2	0.53	99.23	0.24

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 16: Análisis Granulométrico (Prolongación Av. Uno)

N° CALICATA	MUESTRA	% GRAVA	% ARENA	% FINO
C - 3	M - 3	5.63	93.76	0.62
C - 4	M - 4	0.02	97.62	2.36

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.1.2. Limite Liquido (MTC E 110/ASTM D-4318)

Se realizó esta prueba para determinar el contenido de humedad que corresponda a la intersección de la curva del flujo y así pueda tener el suelo del estado plástico al líquido.

Tabla N° 17: Límite Líquido (Prolongación Av. Sinchi Roca)

N° CALICATA	MUESTRA	LÍMITE LÍQUIDO
C - 1	M - 1	NP
C - 2	M - 2	NP

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 18: Límite Líquido (Prolongación Av. Uno)

N° CALICATA	MUESTRA	LÍMITE LÍQUIDO
C - 3	M - 3	NP
C - 4	M - 4	NP

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.1.3. Limite Plástico (MTC E 111/ASTM D-4318)

Se realizó una prueba para determinar la mínima cantidad de humedad con la cual el suelo se vuelve a la condición de plasticidad. Se realizó un cálculo donde se pudo observar que el índice de plasticidad, en el cual el límite líquido con el límite plástico indica un grado de contenido de humedad del cual el suelo permanece en su estado plástico.

Tabla N° 19: Límite Plástico (Prolongación Av. Sinchi Roca)

N° CALICATA	MUESTRA	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
C -1	M - 1	NP	NP
C - 2	M - 2	NP	NP

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 20: Límite Plástico (Prolongación Av. Uno)

N° CALICATA	MUESTRA	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
C -3	M - 3	NP	NP
C - 4	M - 4	NP	NP

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.1.4. Contenido de Humedad ASTM D- 2216

Esta prueba se realizó para determinar el contenido de humedad de una muestra de suelo. Donde se determinen en conjunción con algún otro método ASTM, se empleará la cantidad mínima de espécimen especificada en dicho método si alguna fuera proporcionada. Se tomarán tantas porciones como sea posible en ubicaciones aleatorias que representarán mejor la condición de humedad.

Tabla N° 21: Contenido de Humedad (Prolongación Av. Sinchi Roca)

N° CALICATA	MUESTRA	CONTENIDO DE HUMEDAD
C - 1	M - 1	0.40
C - 2	M - 2	0.60

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 22: Contenido de Humedad (Prolongación Av. Uno)

N° CALICATA	MUESTRA	CONTENIDO DE HUMEDAD
C - 3	M - 3	1.50
C - 4	M - 4	0.80

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.1.5. Gravedad Específica de los Sólidos (ASTM D- 854)

Esta prueba se realizó para determinar el peso específico relativo de los sólidos de cada muestra alterada del suelo. Y determinando una extracción de la muestra, que tiene relación del peso específico con la materia que constituye partículas de los suelos y el peso del agua.

Tabla N° 23: Gravedad Específica de los Solidos (Prolongación Av. Sinchi Roca)

N° CALICATA	MUESTRA	GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SÓLIDOS
C – 1	M – 1	1.98
C - 2	M – 2	2.80

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 24: Gravedad Específica de los Solidos (Prolongación Av. Uno)

N° CALICATA	MUESTRA	GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SÓLIDOS
C – 3	M – 3	1.93
C - 4	M – 4	2.58

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.1.6. Ensayo de Compactación N.T.P. 339.141

En esta prueba se realizó el valor encontrado es un dato necesario para encontrar el grado de compactación del suelo.

Esto no debe sobrepasar los límites de forma de compactar y el agua deberían mezclarse con anterioridad y curarse por espacio de 13 horas antes del ensayo.

**Tabla N° 25: Ensayo de Compactación
(Prolongación Av. Sinchi Roca)**

N° CALICATA	MUESTRA	DSM (gr/cm ³)	OCH (%)
C – 1	M – 1	1.73	9.34
C – 2	M – 2	1.72	7.63

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 26: (Prolongación Av. Uno)

N° CALICATA	MUESTRA	DSM (gr/cm ³)	OCH (%)
C – 3	M – 3	1.58	7.08
C – 4	M – 4	1.57	7.18

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2.1.7. CBR (California Bearing Ratio) ASTM D- 1883

Esta prueba se realizó para determinar 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.

Tabla N° 27: CBR (Prolongación Av. Sinchi Roca)

N° CALICATA	MUESTRA	PROCTOR 95%
C – 1	M - 1	27.62

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 28: CBR (Prolongación Av. Uno)

N° CALICATA	MUESTRA	PROCTOR 95%
C - 3	M - 3	27.28

Fuente: Elaboración Propia

4.2.6. Número Estructural de Ejes Equivalentes (W18)

De acuerdo a la zona de estudio, en la prolongación Sinchi Roca se obtuvo 2'255,156 EE acumulados y en la prolongación de la Av. Uno se obtuvo 2'298,783 EE acumulados; ambos valores representados por vehículos pesados tales como camiones de 2 y 3 ejes.

4.2.7. Módulo de Resiliencia (Mr)

De acuerdo a la zona de estudio, para la prolongación Sinchi Roca se obtuvo un MR de 21510.80 psi, ya que estuvo en función a un CBR de 27.62%, el cual pertenece a una subrasante de muy buena calidad; y para la prolongación de la Av. Uno se obtuvo un MR de 21340.42 psi, ya que estuvo en función a un CBR de 27.28%, que también pertenece a una subrasante de muy buena calidad. Cabe resaltar que se eligió el valor mínimo de CBR para condiciones más desfavorables.

$$Mr \text{ (psi)} = 2555 \times \text{CBR}^{0.64}$$

4.2.8. Desviación Estándar Normal (Z_R)

Para nuestra zona de estudio, se ha adoptado un valor de -1.036 para la prolongación Sinchi Roca y la prolongación de la Av. Uno.

Tabla N° 29: Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Zr) Para una sola etapa de diseño (10 ó 20 años), Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	100,001	150,000	-0.385
	T _{P1}	150,001	300,000	-0.524
	T _{P2}	300,001	500,000	-0.674
	T _{P3}	500,001	750,000	-0.842
	T _{P4}	750 001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	-1.036
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	-1.282
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	-1.282
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	-1.282
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	-1.645
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	-1.645
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	-1.645
	T _{P15}	>30'000,000		-1.645

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

4.2.9. Desviación Estándar Combinada (So)

La Desviación Estándar es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento. La Guía

AASHTO recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores de S_o comprendidos entre 0.40 y 0.50.

En la etapa de diseño del pavimento flexible se recomienda el valor de $S_o = 0.45$.

4.2.10. Variación de Serviciabilidad (ΔPSI)

El valor asumido es de 1.5 ya que, por tratarse vías de poca importancia, no habrá muchas verificaciones de servicio.

Tabla N° 30: Diferencial de Serviciabilidad (PSI), Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (ΔPSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	1.80
	TP2	300,001	500,000	1.80
	TP3	500,001	750,000	1.80
	TP4	750,001	1,000,000	1.80
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	1.50
	TP6	1,500,001	3,000,000	1.50
	TP7	3,000,001	5,000,000	1.50
	TP8	5,000,001	7,500,000	1.50
	TP9	7,500,001	10'000,000	1.50
	TP10	10'000,001	12'500,000	1.50
	TP11	12'500,001	15'000,000	1.50
	TP12	15'000,001	20'000,000	1.20
	TP13	20'000,001	25'000,000	1.20
	TP14	25'000,001	30'000,000	1.20
	TP15	>30'000,000		1.20

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

4.2.11. Coeficiente de Drenaje (Cd)

Debido a que en el centro poblado Alto Trujillo cuenta con muy poca presencia de precipitaciones pluviales, se está considerando un Coeficiente de Drenaje = 1,00.

4.2.12. Coeficientes estructurales de capas

Basados en lo estipulado según la norma: Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014, los coeficientes estructurales de capa considerados para el cálculo del Número Estructural de diseño para la prolongación Sinchi Roca y la prolongación de la Av. Uno son los siguientes:

a1 = 0.170 (para carpeta asfáltica en caliente)

a2 = 0.052 (para agregados de CBR = 80%)

a3 = 0.047 (para agregados de CBR = 40%)

4.2.13. Número Estructural y Espesores del Pavimento

Los datos obtenidos y procesados se aplican a la ecuación de diseño AASHTO y se obtiene el Número Estructural.

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_O + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Que representa el espesor total del pavimento a colocar y debe ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que lo constituirán, o sea de la capa de rodadura, de base y de sub base, mediante el uso de los coeficientes estructurales, esta conversión se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

$$SN = a1 \times d1 + a2 \times d2 \times m2 + a3 \times d3 \times m3$$

Donde:

- ◆ **a1, a2, a3** = coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente.
- ◆ **d1, d2, d3** = espesores (en centímetros) de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente.
- ◆ **m2, m3** = coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase, respectivamente.

Se obtuvo para la prolongación Sinchi Roca un valor SN= 2.45, mientras que para la prolongación de la Av. Uno un valor de SN=2.47; ya que los números estructurales son muy parecidos, se consideró el mismo diseño para ambas calles.

Tabla N° 31: Cálculo del Número Estructural

	SINCHI ROCA	AV. UNO
W18	2'255,156	2'298,783
ZR	-1.036	-1.036
So	0.45	0.45
MR	21510.8	21340.42
SN	2.45	2.47
ΔPSI	1.5	1.5
LOG10 (W18)	6.35	6.36

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla N° 32: Estructura y Espesor del Pavimento

ESTRUCTURA	ESPESOR DE PAVIMENTO
Carpeta Asfáltica en Caliente (cm)	5
Base Granular (cm)	20
Subase Granular (cm)	15
Número Estructural (SN)	2.60

Fuente: Elaboración Propia

4.4. Prueba de Hipótesis

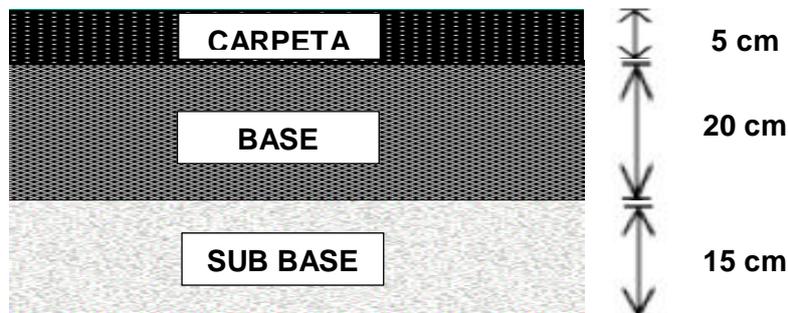
En el diseño estructural del pavimento flexible se observó principalmente que de acuerdo a la zona de estudio se obtuvo un MR de 21510.80 psi para la prolongación Sinchi Roca el cual estuvo en función a un CBR de 27.62%, mientras que en la Av. Uno se obtuvo un MR de 21340.42 psi el cual estuvo en función a un CBR de 27.28%, obteniendo una subrasante de muy buena calidad. Por lo cual se cumple en su totalidad la hipótesis de acuerdo al análisis previo como el que hemos realizado en nuestra investigación.

V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

- ❖ Las horas provenientes de hora máxima se dio entre las 7:00am a 9:00am, 12:00pm a 2:00pm y 4:00pm a 5:00pm, observando un intervalo crítico de 1:30pm a 1:45pm, del cual se encontró una magnitud de (522 vehículos). Obteniendo un resultado de congestión vehicular en dichas prolongaciones.
- ❖ El conteo vehicular se tomó en 7 días calendario y se tomó como periodo de diseño 20 años, lo cual nos dio como resultado un E.E de 2.26×10^6 y 2.30×10^6 para la prolongación Sinchi Roca y la prolongación de la Av. Uno respectivamente; y esto es factible ya que se tomó en cuenta el factor de crecimiento real.
- ❖ En el estudio de Suelos donde se realizó las calicatas, se pudo observar que dio un material de arena limpia, sin presencia de plasticidad, obteniendo un resultado del CBR de diseño 27.62 % y 27.28% para las Prolongaciones de Sinchi Roca y Av. Uno.
- ❖ El diseño del pavimento se realizó con la metodología ASSHTO, obteniendo como resultado los siguientes espesores: Carpeta Asfáltica = 5 cm, Base = 20 cm, Sub base = 15 cm.
- ❖ El presente proyecto de “Diseño Estructural del Pavimento Flexible para el Mejoramiento de la Transitabilidad en la Prolongación de la Av. Uno y la Prolongación Sinchi Roca, en el Centro Poblado Alto Trujillo, Trujillo, La Libertad”, sirve de base para realizar los trabajos de construcción de la prolongación Sinchi Roca y la prolongación de la Av. Uno.

CONCLUSIONES

- En el presente proyecto, se concluye que las horas donde hay mayor presencia vehicular durante los 7 días observados, fueron entre las 7:00am a 2:00pm, siendo estas las horas pico por el motivo de la existencia de centros de salud, colegios y entidades públicas, lo cual genera congestión en las principales en las principales intersecciones, impidiendo que exista un tránsito fluido. En lo que resta del día hay un gran decrecimiento en la presencia vehicular, debido a la sollicitación de la zona.
- También como resultados del Estudio de Mecánica de Suelos, realizados mediante la ejecución de calicatas, los valores obtenidos determinan que el SUELO DE FUNDACION en la calicata C-1, presenta un CBR promedio de 27.62% al 95% de M.D.S. En tanto que la calicata C-3: Presenta un CBR promedio de 27.28% al 95% de M.D.S., lo permite clasificar que los suelos son de muy buena calidad, condiciones que van a influir positivamente en el diseño.
- Concluimos indicando, que, dentro del diseño del Pavimento Flexible por un periodo de vida de 20 años, siguiendo las recomendaciones del método AASTHO -93, se tiene la siguiente estructura:



- ↯ Las calles del Centro Poblado de Alto Trujillo se encuentran sin pavimentar, esto afecta directamente a las familias que viven allí y contribuye a aumentar los índices de contaminación ambiental, que dañan al patrimonio público y privado, y dificultan el desplazamiento normal de las personas y vehículos.

- ↯ En cuanto a la accesibilidad, la falta de pistas, trae como consecuencia las restricciones en el transporte de pasajeros y de carga, lo que obliga a la población a efectuar grandes recorridos a pie, con la finalidad de acceder a dichos servicios en la vía central.

- ↯ En el Centro Poblado de Alto Trujillo se encuentra en decadencia de señalizaciones, ya que hay Instituciones Educativas, Centro de Salud y Áreas Recreativas, esto puede causar accidentes de tránsito por falta de señalizaciones viales.

- ↯ Además, con el fin de que las vías tengan una adecuada Señalización Vial, hemos complementado el proyecto, con gráficos que delimitan carriles vehiculares, pasos peatonales, etc. Mediante, símbolos y flechas indicadoras del sentido del tránsito.

RECOMENDACIONES

- Para obtener un valor óptimo del Módulo de Resiliencia (MR) de la sub rasante, se debe realizar más ensayos de CBR de la sub rasante para tener un valor promedio.
- La Municipalidad del Centro Poblado de Alto Trujillo debería tomar en cuenta la falta de señalizaciones viales que requiere la población y así evitar accidentes y tráfico.
- Se debería hacer un manejo especial en cuanto a dispositivos de control de tránsito y señalización vertical como horizontal, para cada sentido vial en el tramo de la Av. Sinchi Roca, donde se ubica un Centro de Salud, Colegios y algunas entidades públicas.

BIBLIOGRAFÍA

- REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES NORMA CE.010, PAVIMENTOS URBANOS (1RA ED). (2010). LIMA - PERÚ: GRUPO UNIVERSITARIO.
- MANUAL DE CARRETERAS "SUELOS Y PAVIMENTOS". (2013). LIMA: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES.
- MANUAL DE CARRETERAS "SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS". (2013). LIMA: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES.
- MANUAL DE CARRETERAS: SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS. (2014). LIMA - PERÚ: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES.
- MANUAL DE CARRETERAS: SUELOS, GEOTÉCNIA Y PAVIMENTOS. (2014). LIMA: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES.
- MANUAL DE CARRETERAS: DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁNSITO AUTOMOTOR. (2016). LIMA - PERÚ: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES.
- MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES . (2016). LIMA: MINISTERIOS DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES.
- ATARAMA MONDRAGÓN, E. A. (2015). EVALUACIÓN DE LA TRANSITABILIDAD PARA CAMINOS DE BAJO TRÁNSITO ESTABILIZADOS CON ADITIVO. PIURA : UNIVERSIDAD DE PIURA.
- BECERRA SALAS, M. (2012). TÓPICOS DE PAVIMENTOS DE CONCRETO: DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y SUPERVISIÓN. LIMA - PERÚ: FLUJO LIBRE.
- BORSELLI LORENZO. (2018). GEOTECNIA I. BUENOS AIRES: INSTITUTO DE GEOLOGÍA.

- CORONADO ITURBIDE, J. (2002). MANUAL CENTROAMERICANO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS. GUATEMALA-MÉXICO: LUMISA.
- FLORES DELGADILLO, L. (2010). MANUAL DE PROCEDIMIENTOS ANALÍTICOS . GUATEMALA - MÉXICO: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
- GÓMEZ JOHNSON, R. C. (2004). GUÍA DE INGENIERÍA DE TRANSITO. COCHABAMBA - PERÚ: UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMON.
- HUANCA BORDA, ANGEL. (2015). MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES (1RA EDICIÓN). MOQUEGUA - PERÚ: UNICA.
- JAMES, C., & REYES, C. R. (2007). INGENIERÍA DE TRÁNSITO: FUNDAMENTOS Y APLICACIONES (8A ED). AGUASCALIENTES - MÉXICO: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A.
- MONTEJO FONSECA, A. (2002). INGENIERIA DE PAVIMENTOS (3RA ED). BOGOTA-COLOMBIA: AGORA EDITORES.
- PANDOLFI ARBULÚ, ALBERTO . (2000). MANUAL DE DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁNSITO AUTOMOTOR EN CALLES Y CARRETERAS. LIMA: MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES, VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN.
- TAPIA GARCÍA, MIGUEL ANGEL. (2015). PAVIMENTOS (1RA ED). GUADALAJARA: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

ANEXOS

Imagen N° 3: Prolongación Av. Sinchi Roca



Imagen N° 4: Prolongación Av. Uno



"Año de la lucha contra la corrupción e impunidad"

Alto Trujillo 29 de Marzo del 2019

Nover Cruz Gómez

Alcalde del Alto Trujillo

ASUNTO: Permiso para hacer calicatas

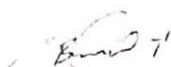


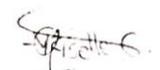
De nuestra especial consideración:

Me es sumamente grato dirigirme a Usted para saludarle cordialmente y a su vez presentarnos como Bachilleres de la carrera de Ingeniería Civil, Bermúdez Tueros, Carlos, con DNI 71040617 y Ramos Cerna, Yuvickza con DNI 74022927, para solicitar permiso para realizar calicatas para la obtención de muestra de suelos en la prolongación Sinchi Roca desde la Av. Las Magnolias hasta la Prolongación Av. Dos. Con la finalidad de poder elaborar nuestra Tesis y así poder obtener buenos resultados en nuestro proyecto.

Sin otro lugar, aprovecho la oportunidad para manifestarle nuestra especial consideración y estima.

Atentamente


Br. Carlos Manuel
Bermúdez Tueros


Br. Ramos Cerna
Yuvickza Giselke

PROLONGACIÓN AV. SINCHI ROCA

LUGAR:	Centro Poblado de Alto Trujillo								
VÍA:	Prolongación Sinchi Roca								
FECHA:	10/06/2019								
ESTACIÓN:	1								
HORA	VEHÍCULOS LIGEROS						PESADOS		TOTAL
	AUTO	CAMIONETA	MOTOTAXI	COMBI	MICROBUS	COLECTIVO	2 EJES	3 EJES	
6:00 - 6:15	4	0	4	1	5	26	1	0	41
6:15 - 6:30	3	0	4	2	6	29	1	0	45
6:30 - 6:45	7	0	8	1	10	38	2	0	66
6:45 - 7:00	10	2	13	4	12	55	0	0	96
7:00 - 7:15	9	1	10	3	9	53	0	1	86
7:15 - 7:30	8	1	8	4	7	56	0	0	84
7:30 - 7:45	7	0	11	1	5	50	4	2	80
7:45 - 8:00	19	0	9	7	13	60	0	1	109
8:00 - 8:15	8	1	19	4	8	52	0	0	92
8:15 - 8:30	7	7	14	2	10	45	0	0	85
8:30 - 8:45	11	1	13	0	9	35	3	0	72
8:45 - 9:00	7	1	8	0	9	42	2	0	69
9:00 - 9:15	7	5	6	6	19	34	6	1	84
9:15 - 9:30	6	0	6	1	8	27	4	1	53
9:30 - 9:45	5	1	5	0	5	16	2	0	34
9:45 - 10:00	6	0	6	2	3	22	0	1	40
10:00 - 10:15	6	0	7	0	7	18	0	0	38
10:15 - 10:30	7	3	6	0	8	29	1	0	54
10:30 - 10:45	6	2	8	1	5	31	0	2	55
10:45 - 11:00	8	0	7	0	10	35	2	1	63
11:00 - 11:15	15	1	14	5	11	45	2	2	95
11:15 - 11:30	6	3	5	1	9	28	1	0	53
11:30 - 11:45	7	3	6	0	12	22	1	0	51
11:45 - 12:00	17	1	6	0	7	36	1	0	68
12:00 - 12:15	10	4	8	1	9	31	2	0	65
12:15 - 12:30	19	5	13	0	13	36	2	1	89
12:30 - 12:45	17	3	17	2	9	41	1	0	90
12:45 - 13:00	15	5	11	1	9	45	0	1	87
13:00 - 13:15	13	4	9	1	13	47	1	0	88
13:15 - 13:30	13	3	11	0	11	45	0	0	83
13:30 - 13:45	10	2	10	2	9	49	0	0	82
13:45 - 14:00	17	3	12	1	9	50	0	0	92
14:00 - 14:15	9	1	7	0	10	31	1	0	59
14:15 - 14:30	5	0	8	0	7	35	0	0	55
14:30 - 14:45	5	1	6	0	12	45	4	0	73
14:45 - 15:00	6	0	5	0	9	28	0	0	48
15:00 - 15:15	5	0	8	1	7	22	0	0	43
15:15 - 15:30	9	0	7	1	11	36	0	1	65
15:30 - 15:45	7	0	8	0	8	54	0	0	77
15:45 - 16:00	6	0	8	0	9	51	2	0	76
16:00 - 16:15	6	1	9	0	7	57	0	0	80
16:15 - 16:30	6	1	5	0	10	46	0	0	68
16:30 - 16:45	5	0	6	0	11	40	1	0	63
16:45 - 17:00	7	1	6	2	9	35	0	1	61
17:00 - 17:15	6	0	9	0	13	35	1	0	64
17:15 - 17:30	5	1	10	0	9	45	0	0	70
17:30 - 17:45	5	0	10	1	9	32	0	0	57
17:45 - 18:00	5	0	9	0	12	30	2	0	58
18:00 - 18:15	6	0	15	0	10	43	0	0	74
18:15 - 18:30	8	0	8	0	9	39	0	0	64
18:30 - 18:45	6	2	13	1	9	40	1	0	72
18:45 - 19:00	5	1	12	0	12	46	0	0	76
TOTAL	432	71	463	59	482	2018	51	16	

LUGAR:	Centro Poblado de Alto Trujillo								
VÍA:	Prolongación Sinchi Roca								
FECHA:	11/06/2019								
ESTACIÓN:	1								

HORA	VEHÍCULOS LIGEROS						PESADOS		TOTAL
	AUTO	CAMIONETA	MOTO TAXI	COMBI	MICROBUS	COLECTIVO	2 EJES	3 EJES	
6:00 - 6:15	3	0	7	0	6	36	0	0	52
6:15 - 6:30	3	0	7	1	5	29	0	0	45
6:30 - 6:45	7	3	6	1	12	46	0	0	75
6:45 - 7:00	10	1	15	0	12	42	0	1	81
7:00 - 7:15	9	0	8	3	9	20	1	1	51
7:15 - 7:30	8	0	6	0	7	50	0	0	71
7:30 - 7:45	7	0	10	0	7	28	0	0	52
7:45 - 8:00	19	0	12	1	10	52	1	3	98
8:00 - 8:15	8	1	5	0	9	31	0	0	54
8:15 - 8:30	7	1	10	0	10	44	0	0	72
8:30 - 8:45	11	0	5	2	9	56	0	2	85
8:45 - 9:00	7	0	6	0	8	35	2	0	58
9:00 - 9:15	7	0	8	0	14	42	0	0	71
9:15 - 9:30	6	0	13	3	9	37	4	1	73
9:30 - 9:45	5	1	5	1	6	33	2	0	53
9:45 - 10:00	6	0	11	0	4	18	0	1	40
10:00 - 10:15	6	4	7	1	7	52	0	0	77
10:15 - 10:30	7	0	7	0	8	21	1	1	45
10:30 - 10:45	6	0	9	3	7	42	0	0	67
10:45 - 11:00	8	0	7	1	10	51	2	2	81
11:00 - 11:15	15	0	5	1	11	32	0	0	64
11:15 - 11:30	6	1	6	1	10	41	1	0	66
11:30 - 11:45	7	0	7	0	13	44	1	0	72
11:45 - 12:00	15	1	14	4	7	25	1	2	69
12:00 - 12:15	10	2	12	1	9	42	0	1	77
12:15 - 12:30	17	0	7	0	13	36	2	1	76
12:30 - 12:45	15	3	15	0	9	34	1	0	77
12:45 - 13:00	16	1	14	2	9	53	0	1	96
13:00 - 13:15	10	2	5	2	13	47	1	0	80
13:15 - 13:30	13	0	10	0	12	40	0	0	75
13:30 - 13:45	8	3	9	0	9	53	0	1	83
13:45 - 14:00	14	0	15	0	9	52	0	0	90
14:00 - 14:15	7	0	6	1	11	19	1	0	45
14:15 - 14:30	6	0	13	0	7	53	0	0	79
14:30 - 14:45	5	5	6	1	13	16	4	1	51
14:45 - 15:00	7	1	9	0	10	45	0	2	74
15:00 - 15:15	5	2	5	0	8	52	0	0	72
15:15 - 15:30	6	0	5	1	13	46	0	2	73
15:30 - 15:45	7	0	5	1	8	36	0	0	57
15:45 - 16:00	6	2	16	2	9	46	2	0	83
16:00 - 16:15	7	0	11	3	7	51	0	0	79
16:15 - 16:30	7	2	11	0	9	44	0	1	74
16:30 - 16:45	4	0	6	1	11	44	1	0	67
16:45 - 17:00	5	1	6	1	10	27	0	0	50
17:00 - 17:15	6	0	8	2	12	47	1	0	76
17:15 - 17:30	5	0	7	0	9	56	0	0	77
17:30 - 17:45	5	1	13	3	9	42	0	0	73
17:45 - 18:00	5	0	5	1	11	38	2	0	62
18:00 - 18:15	6	0	9	0	13	28	0	0	56
18:15 - 18:30	8	0	8	0	8	32	0	0	56
18:30 - 18:45	8	3	9	0	9	38	1	0	68
18:45 - 19:00	6	1	5	1	10	42	0	0	65
TOTAL	417	42	446	46	490	2066	32	24	

LUGAR:	Centro Poblado de Alto Trujillo								
VÍA:	Prolongación Sinchi Roca								
FECHA:	12/06/2019								
ESTACIÓN:	1								

HORA	VEHÍCULOS LIGEROS						PESADOS		TOTAL
	AUTO	CAMIONETA	MOTO TAXI	COMBI	MICROBUS	COLECTIVO	2 EJES	3 EJES	
6:00 - 6:15	4	0	7	0	8	18	0	0	37
6:15 - 6:30	3	0	6	0	10	20	0	0	39
6:30 - 6:45	3	0	6	0	13	38	0	0	60
6:45 - 7:00	3	0	10	1	12	19	0	1	46
7:00 - 7:15	7	1	6	0	10	31	0	0	55
7:15 - 7:30	6	0	12	0	6	46	1	0	71
7:30 - 7:45	5	1	12	0	6	45	0	0	69
7:45 - 8:00	8	0	5	0	15	24	3	1	56
8:00 - 8:15	3	3	9	1	8	21	0	1	46
8:15 - 8:30	12	1	5	0	7	44	0	0	69
8:30 - 8:45	9	1	12	0	15	46	2	0	85
8:45 - 9:00	8	0	7	3	6	36	3	0	63
9:00 - 9:15	12	2	5	1	7	31	0	0	58
9:15 - 9:30	10	0	6	0	6	53	1	1	77
9:30 - 9:45	7	0	7	0	9	19	0	1	43
9:45 - 10:00	12	3	6	2	14	44	0	0	81
10:00 - 10:15	6	2	6	3	6	49	3	0	75
10:15 - 10:30	5	0	11	0	10	38	1	0	65
10:30 - 10:45	5	1	7	0	8	44	0	0	65
10:45 - 11:00	15	0	8	2	12	22	1	0	60
11:00 - 11:15	8	0	11	2	10	52	2	1	86
11:15 - 11:30	15	0	10	2	12	36	0	1	76
11:30 - 11:45	9	1	9	0	15	42	0	0	76
11:45 - 12:00	6	2	8	1	11	53	2	2	85
12:00 - 12:15	15	0	5	0	12	18	1	1	52
12:15 - 12:30	6	1	9	2	8	42	2	0	70
12:30 - 12:45	14	0	9	3	8	21	0	0	55
12:45 - 13:00	6	0	7	1	14	51	0	0	79
13:00 - 13:15	7	0	5	2	6	54	1	0	75
13:15 - 13:30	9	3	11	1	13	35	0	1	73
13:30 - 13:45	6	1	11	3	16	46	1	0	84
13:45 - 14:00	6	3	12	0	11	47	0	1	80
14:00 - 14:15	7	2	12	1	9	56	1	1	89
14:15 - 14:30	12	0	8	2	9	45	1	1	78
14:30 - 14:45	6	1	7	0	11	31	0	0	56
14:45 - 15:00	6	2	7	2	6	31	3	0	57
15:00 - 15:15	9	3	13	3	7	35	0	0	70
15:15 - 15:30	7	2	10	2	6	19	2	0	48
15:30 - 15:45	6	0	11	2	6	40	0	1	66
15:45 - 16:00	10	2	9	1	9	37	1	0	69
16:00 - 16:15	6	0	8	2	7	39	1	1	64
16:15 - 16:30	9	3	11	0	11	47	0	1	82
16:30 - 16:45	9	0	13	2	6	53	1	1	85
16:45 - 17:00	8	1	7	1	9	43	3	0	72
17:00 - 17:15	8	2	5	1	8	31	2	1	58
17:15 - 17:30	5	0	6	0	8	55	1	0	75
17:30 - 17:45	9	3	13	0	7	52	1	0	85
17:45 - 18:00	4	0	5	2	10	26	0	0	47
18:00 - 18:15	6	2	9	0	12	40	0	0	69
18:15 - 18:30	5	1	13	2	9	49	2	0	81
18:30 - 18:45	7	1	6	1	6	40	0	0	61
18:45 - 19:00	4	0	7	2	7	37	0	0	57
TOTAL	393	51	440	56	487	1991	43	19	

LUGAR:	Centro Poblado de Alto Trujillo								
VÍA:	Prolongación Sinchi Roca								
FECHA:	13/06/2019								
ESTACIÓN:	2								

HORA	VEHÍCULOS LIGEROS						PESADOS		TOTAL
	AUTO	CAMIONETA	MOTO TAXI	COMBI	MICROBUS	COLECTIVO	2 EJES	3 EJES	
6:00 - 6:15	4	0	6	1	7	32	0	0	50
6:15 - 6:30	3	1	8	2	7	39	0	0	60
6:30 - 6:45	5	0	11	1	9	42	0	0	68
6:45 - 7:00	5	0	9	0	14	51	1	1	81
7:00 - 7:15	5	0	9	2	7	30	2	2	57
7:15 - 7:30	6	0	8	0	13	25	0	0	52
7:30 - 7:45	6	0	5	1	10	50	0	0	72
7:45 - 8:00	5	1	10	0	7	39	1	1	64
8:00 - 8:15	4	0	15	1	6	49	0	1	76
8:15 - 8:30	3	0	5	1	9	40	0	0	58
8:30 - 8:45	9	2	9	0	11	46	0	0	77
8:45 - 9:00	10	1	6	2	9	19	3	0	50
9:00 - 9:15	13	2	9	0	8	40	0	0	72
9:15 - 9:30	9	2	9	4	5	26	4	3	62
9:30 - 9:45	8	0	5	1	7	34	2	1	58
9:45 - 10:00	8	1	8	0	6	41	0	0	64
10:00 - 10:15	4	0	5	0	8	19	0	0	36
10:15 - 10:30	3	0	9	1	12	35	3	3	66
10:30 - 10:45	15	1	7	2	7	48	0	0	80
10:45 - 11:00	13	0	10	0	5	39	2	0	69
11:00 - 11:15	7	0	11	1	10	45	0	0	74
11:15 - 11:30	14	0	6	0	10	37	3	0	70
11:30 - 11:45	6	0	5	3	6	26	1	1	48
11:45 - 12:00	13	0	8	1	12	46	1	1	82
12:00 - 12:15	9	0	9	0	9	48	0	0	75
12:15 - 12:30	3	3	9	4	5	33	2	1	60
12:30 - 12:45	10	0	14	0	5	50	1	0	80
12:45 - 13:00	15	0	5	4	14	41	0	0	79
13:00 - 13:15	15	1	7	3	7	49	2	0	84
13:15 - 13:30	13	2	10	3	6	29	0	1	64
13:30 - 13:45	3	0	8	3	8	44	1	1	68
13:45 - 14:00	14	1	7	2	13	34	1	0	72
14:00 - 14:15	6	0	6	0	12	46	1	1	72
14:15 - 14:30	10	2	14	3	6	31	0	0	66
14:30 - 14:45	4	1	9	0	13	45	4	1	77
14:45 - 15:00	7	0	7	0	7	35	0	1	57
15:00 - 15:15	7	1	12	2	13	39	1	0	75
15:15 - 15:30	6	0	7	2	12	50	0	0	77
15:30 - 15:45	6	0	6	1	7	45	0	1	66
15:45 - 16:00	9	2	5	0	14	40	2	0	72
16:00 - 16:15	3	1	13	0	6	48	1	0	72
16:15 - 16:30	4	2	10	0	9	42	0	1	68
16:30 - 16:45	10	2	6	3	13	42	1	0	77
16:45 - 17:00	6	0	6	3	9	44	0	0	68
17:00 - 17:15	4	0	13	1	11	38	1	1	69
17:15 - 17:30	5	0	9	1	6	29	0	0	50
17:30 - 17:45	6	1	10	2	12	40	1	0	72
17:45 - 18:00	4	2	6	0	9	18	2	0	41
18:00 - 18:15	5	0	11	2	6	32	0	0	56
18:15 - 18:30	5	1	9	2	8	47	0	0	72
18:30 - 18:45	6	0	6	0	9	36	1	0	58
18:45 - 19:00	4	0	6	2	5	36	0	0	53
TOTAL	377	33	433	67	459	2009	45	23	

LUGAR:	Centro Poblado de Alto Trujillo								
VÍA:	Prolongación Sinchi Roca								
FECHA:	14/06/2019								
ESTACIÓN:	2								

HORA	VEHÍCULOS LIGEROS						PESADOS		TOTAL
	AUTO	CAMIONETA	MOTO TAXI	COMBI	MICROBUS	COLECTIVO	2 EJES	3 EJES	
6:00 - 6:15	3	0	3	2	10	24	0	0	42
6:15 - 6:30	5	0	5	1	7	20	0	0	38
6:30 - 6:45	11	0	7	0	7	42	0	0	67
6:45 - 7:00	10	0	13	0	9	50	0	0	82
7:00 - 7:15	8	0	10	0	12	46	1	0	77
7:15 - 7:30	9	0	8	1	11	42	0	0	71
7:30 - 7:45	7	1	7	2	9	37	1	0	64
7:45 - 8:00	5	0	10	2	6	31	0	1	55
8:00 - 8:15	5	0	6	1	13	46	2	0	73
8:15 - 8:30	10	0	9	1	11	34	0	1	66
8:30 - 8:45	7	0	8	1	7	48	0	0	71
8:45 - 9:00	8	1	10	0	8	33	0	0	60
9:00 - 9:15	3	0	7	2	6	47	0	0	65
9:15 - 9:30	5	1	5	0	9	50	1	0	71
9:30 - 9:45	8	0	10	0	7	35	2	0	62
9:45 - 10:00	4	0	13	1	8	42	1	0	69
10:00 - 10:15	6	1	9	1	9	35	0	1	62
10:15 - 10:30	7	0	5	0	11	27	1	1	52
10:30 - 10:45	5	0	13	2	7	46	0	0	73
10:45 - 11:00	4	1	7	1	9	50	0	0	72
11:00 - 11:15	7	0	6	0	11	49	0	0	73
11:15 - 11:30	14	0	5	1	6	32	0	1	59
11:30 - 11:45	8	2	11	1	7	47	2	0	78
11:45 - 12:00	6	0	5	0	9	48	2	0	70
12:00 - 12:15	6	0	11	1	9	43	1	0	71
12:15 - 12:30	4	0	5	0	12	52	2	1	76
12:30 - 12:45	8	0	10	0	7	39	1	1	66
12:45 - 13:00	5	0	7	0	7	18	2	0	39
13:00 - 13:15	6	1	10	0	12	27	0	0	56
13:15 - 13:30	7	0	9	2	7	40	1	1	67
13:30 - 13:45	3	3	7	2	10	38	2	0	65
13:45 - 14:00	14	0	14	0	9	42	0	1	80
14:00 - 14:15	6	0	5	1	7	51	0	0	70
14:15 - 14:30	10	2	12	1	9	42	0	1	77
14:30 - 14:45	7	0	11	0	11	26	3	0	58
14:45 - 15:00	5	0	7	1	6	48	0	0	67
15:00 - 15:15	9	1	8	0	8	29	0	0	55
15:15 - 15:30	4	0	6	0	7	40	1	0	58
15:30 - 15:45	9	0	8	2	8	49	0	0	76
15:45 - 16:00	7	0	8	0	9	42	1	0	67
16:00 - 16:15	7	0	7	1	7	51	2	1	76
16:15 - 16:30	6	0	11	1	15	42	0	0	75
16:30 - 16:45	9	1	8	2	8	24	1	1	54
16:45 - 17:00	11	4	6	2	13	27	0	0	63
17:00 - 17:15	9	2	7	2	12	18	0	0	50
17:15 - 17:30	9	0	6	1	6	41	0	0	63
17:30 - 17:45	13	0	15	0	9	39	0	1	77
17:45 - 18:00	10	0	8	1	10	43	1	0	73
18:00 - 18:15	9	1	6	1	6	51	1	1	76
18:15 - 18:30	6	1	11	1	12	35	0	1	67
18:30 - 18:45	9	0	5	0	10	30	0	0	54
18:45 - 19:00	10	1	6	2	8	30	0	0	57
TOTAL	383	24	426	44	463	2018	32	15	

LUGAR:	Centro Poblado de Alto Trujillo								
VÍA:	Prolongación Sinchi Roca								
FECHA:	15/06/2019								
ESTACIÓN:	2								

HORA	VEHÍCULOS LIGEROS						PESADOS		TOTAL
	AUTO	CAMIONETA	MOTO TAXI	COMBI	MICROBUS	COLECTIVO	2 EJES	3 EJES	
6:00 - 6:15	2	0	3	0	5	26	0	0	36
6:15 - 6:30	5	0	2	1	9	22	0	0	39
6:30 - 6:45	5	0	6	2	10	23	0	0	46
6:45 - 7:00	4	0	9	1	9	31	0	0	54
7:00 - 7:15	6	0	8	1	9	34	0	0	58
7:15 - 7:30	5	2	7	1	10	49	0	0	74
7:30 - 7:45	6	1	6	0	9	32	1	0	55
7:45 - 8:00	7	0	12	2	11	42	2	0	76
8:00 - 8:15	12	0	9	0	5	47	1	1	75
8:15 - 8:30	10	0	10	1	11	49	0	0	81
8:30 - 8:45	8	0	6	1	8	35	3	0	61
8:45 - 9:00	9	0	7	0	9	37	0	0	62
9:00 - 9:15	6	0	8	0	11	44	2	0	71
9:15 - 9:30	7	0	7	1	6	48	0	0	69
9:30 - 9:45	6	0	12	0	8	33	0	0	59
9:45 - 10:00	8	0	6	0	9	27	0	0	50
10:00 - 10:15	10	0	8	3	6	39	0	0	66
10:15 - 10:30	9	0	10	0	9	26	1	1	56
10:30 - 10:45	9	1	8	0	10	27	1	0	56
10:45 - 11:00	6	0	10	0	6	45	0	1	68
11:00 - 11:15	13	0	7	0	8	28	1	0	57
11:15 - 11:30	9	0	5	1	10	50	0	0	75
11:30 - 11:45	11	1	7	0	6	34	1	0	60
11:45 - 12:00	9	0	9	0	8	41	1	1	69
12:00 - 12:15	6	0	9	2	9	27	0	0	53
12:15 - 12:30	13	2	10	0	12	52	0	1	90
12:30 - 12:45	9	1	10	0	7	33	0	1	61
12:45 - 13:00	9	0	9	0	5	44	0	0	67
13:00 - 13:15	5	0	6	2	7	35	0	0	55
13:15 - 13:30	11	2	8	0	9	39	1	1	71
13:30 - 13:45	6	1	8	0	5	50	0	0	70
13:45 - 14:00	9	0	6	0	10	32	0	0	57
14:00 - 14:15	13	0	11	0	12	52	0	0	88
14:15 - 14:30	8	0	10	1	5	31	0	0	55
14:30 - 14:45	6	0	6	0	10	37	1	1	61
14:45 - 15:00	8	1	9	0	11	39	0	0	68
15:00 - 15:15	6	0	5	1	5	36	0	1	54
15:15 - 15:30	8	0	10	1	6	49	0	0	74
15:30 - 15:45	4	1	9	0	5	36	0	0	55
15:45 - 16:00	8	0	5	0	8	39	0	0	60
16:00 - 16:15	9	0	6	0	7	42	1	1	66
16:15 - 16:30	10	0	8	0	7	34	0	0	59
16:30 - 16:45	8	0	9	1	8	36	1	0	63
16:45 - 17:00	7	0	9	2	12	49	0	1	80
17:00 - 17:15	7	0	9	0	9	47	0	0	72
17:15 - 17:30	10	1	5	0	8	27	1	0	52
17:30 - 17:45	5	0	10	1	10	23	0	0	49
17:45 - 18:00	8	0	8	0	12	34	0	0	62
18:00 - 18:15	7	0	7	1	10	49	0	0	74
18:15 - 18:30	9	0	12	0	6	37	0	0	64
18:30 - 18:45	9	0	7	0	10	32	0	1	59
18:45 - 19:00	4	0	7	1	5	36	0	1	54
TOTAL	404	14	410	28	432	1946	19	13	

LUGAR:	Centro Poblado de Alto Trujillo							
VÍA:	Prolongación Sinchi Roca							
FECHA:	16/06/2019							
ESTACIÓN:	2							

HORA	VEHÍCULOS LIGEROS						PESADOS		TOTAL
	AUTO	CAMIONETA	MOTO TAXI	COMBI	MICROBUS	COLECTIVO	2 EJES	3 EJES	
6:00 - 6:15	1	0	2	0	9	24	0	0	36
6:15 - 6:30	3	0	7	0	6	21	0	0	37
6:30 - 6:45	3	1	8	1	8	39	0	0	60
6:45 - 7:00	6	0	3	0	6	40	0	0	55
7:00 - 7:15	5	0	5	1	9	37	1	0	58
7:15 - 7:30	6	2	7	1	5	28	1	0	50
7:30 - 7:45	7	0	7	0	7	38	0	0	59
7:45 - 8:00	5	0	9	0	10	21	1	0	46
8:00 - 8:15	9	0	9	2	9	41	0	1	71
8:15 - 8:30	3	0	12	0	9	21	1	0	46
8:30 - 8:45	2	0	10	0	5	45	1	0	63
8:45 - 9:00	2	0	12	0	10	26	0	0	50
9:00 - 9:15	6	1	4	2	8	35	0	0	56
9:15 - 9:30	8	0	2	0	6	42	1	0	59
9:30 - 9:45	9	0	7	0	8	37	0	0	61
9:45 - 10:00	8	0	12	1	7	42	0	0	70
10:00 - 10:15	11	1	5	0	9	39	0	0	65
10:15 - 10:30	3	0	4	1	5	20	1	0	34
10:30 - 10:45	6	0	10	1	5	21	1	0	44
10:45 - 11:00	7	1	4	0	7	47	0	1	67
11:00 - 11:15	6	0	11	0	9	25	1	0	52
11:15 - 11:30	5	0	10	0	7	36	0	0	58
11:30 - 11:45	7	1	6	2	10	38	0	0	64
11:45 - 12:00	7	1	2	0	8	51	1	1	71
12:00 - 12:15	10	0	11	1	6	48	0	0	76
12:15 - 12:30	4	0	2	0	9	36	0	1	52
12:30 - 12:45	6	0	5	0	9	49	0	0	69
12:45 - 13:00	4	1	12	0	9	48	0	0	74
13:00 - 13:15	10	0	10	1	7	33	0	0	61
13:15 - 13:30	5	1	3	1	7	25	0	0	42
13:30 - 13:45	11	0	5	1	9	44	0	0	70
13:45 - 14:00	7	0	3	0	8	25	0	0	43
14:00 - 14:15	3	0	8	0	10	44	0	0	65
14:15 - 14:30	6	0	2	0	9	47	0	0	64
14:30 - 14:45	7	0	5	0	6	44	0	1	63
14:45 - 15:00	8	0	7	0	6	50	0	0	71
15:00 - 15:15	9	0	10	1	5	38	0	0	63
15:15 - 15:30	7	1	10	0	9	42	0	0	69
15:30 - 15:45	8	1	8	1	9	45	0	0	72
15:45 - 16:00	9	0	12	0	7	35	0	0	63
16:00 - 16:15	7	0	12	0	6	42	0	0	67
16:15 - 16:30	9	0	4	0	9	21	0	0	43
16:30 - 16:45	11	0	7	1	9	21	1	0	50
16:45 - 17:00	3	0	4	0	9	49	0	0	65
17:00 - 17:15	11	0	5	0	8	47	0	0	71
17:15 - 17:30	8	1	4	0	6	27	0	0	46
17:30 - 17:45	11	0	9	0	9	46	0	0	75
17:45 - 18:00	3	0	7	1	9	33	0	0	53
18:00 - 18:15	9	1	6	1	8	19	0	0	44
18:15 - 18:30	8	0	8	0	8	40	0	0	64
18:30 - 18:45	8	1	5	0	6	40	0	1	61
18:45 - 19:00	6	1	8	0	9	50	0	1	75
TOTAL	343	16	360	21	403	1902	11	7	

PROLONGACIÓN DE LA AV. UNO

LUGAR:	Centro Poblado de Alto Trujillo								
VÍA:	Prolongación Av. Uno								
FECHA:	17/06/2019								
ESTACIÓN:	3								

HORA	VEHÍCULOS LIGEROS						PESADOS		TOTAL
	AUTO	CAMIONETA	LIGEROS	COMBI	MICROBUS	COLECTIVO	2 EJES	3 EJES	
6:00 - 6:15	1	2	10	6	3	23	0	0	45
6:15 - 6:30	0	3	11	6	3	23	0	0	46
6:30 - 6:45	2	2	10	4	5	25	0	0	48
6:45 - 7:00	1	4	12	5	4	27	0	0	53
7:00 - 7:15	3	4	11	6	5	31	2	0	62
7:15 - 7:30	4	4	12	7	4	28	1	1	61
7:30 - 7:45	5	5	11	6	2	23	0	0	52
7:45 - 8:00	3	4	13	4	3	22	0	0	49
8:00 - 8:15	2	3	9	4	4	22	2	0	46
8:15 - 8:30	0	2	12	5	4	21	2	2	48
8:30 - 8:45	1	4	10	6	3	23	0	0	47
8:45 - 9:00	2	3	12	5	2	22	2	0	48
9:00 - 9:15	0	3	11	7	2	21	2	1	47
9:15 - 9:30	1	2	9	6	4	24	0	0	46
9:30 - 9:45	2	4	12	5	5	23	1	1	53
9:45 - 10:00	2	3	11	4	4	22	0	1	47
10:00 - 10:15	1	4	10	6	3	22	0	0	46
10:15 - 10:30	3	5	12	5	5	24	3	1	58
10:30 - 10:45	4	5	11	7	3	23	0	0	53
10:45 - 11:00	5	6	14	6	4	22	0	1	58
11:00 - 11:15	3	4	12	5	2	24	3	0	53
11:15 - 11:30	2	5	11	6	3	22	0	1	50
11:30 - 11:45	1	4	12	4	4	20	0	0	45
11:45 - 12:00	2	5	11	5	5	21	2	1	52
12:00 - 12:15	3	6	12	8	6	22	0	1	58
12:15 - 12:30	4	5	11	7	6	24	2	1	60
12:30 - 12:45	3	7	13	5	7	23	0	0	58
12:45 - 13:00	5	8	16	8	9	27	2	1	76
13:00 - 13:15	6	9	14	6	8	25	1	0	69
13:15 - 13:30	4	7	17	4	6	24	0	1	63
13:30 - 13:45	5	8	15	7	7	28	1	0	71
13:45 - 14:00	6	6	14	6	9	25	2	1	69
14:00 - 14:15	4	3	12	5	5	21	1	1	52
14:15 - 14:30	3	3	12	5	4	20	0	0	47
14:30 - 14:45	2	5	11	6	3	21	3	0	51
14:45 - 15:00	1	4	10	4	2	22	0	1	44
15:00 - 15:15	0	3	12	6	3	21	2	0	47
15:15 - 15:30	2	4	10	7	3	21	0	1	48
15:30 - 15:45	1	3	11	5	4	21	2	0	47
15:45 - 16:00	2	2	10	6	2	20	0	1	43
16:00 - 16:15	3	2	11	5	3	22	0	0	46
16:15 - 16:30	3	4	10	5	4	22	1	1	50
16:30 - 16:45	2	5	9	6	4	20	0	1	47
16:45 - 17:00	1	4	12	4	3	20	1	0	45
17:00 - 17:15	1	2	11	4	5	21	0	1	45
17:15 - 17:30	0	3	9	6	4	22	0	0	44
17:30 - 17:45	0	4	9	5	3	20	0	1	42
17:45 - 18:00	1	3	11	5	2	21	0	0	43
18:00 - 18:15	0	5	10	4	2	19	2	0	42
18:15 - 18:30	1	2	9	4	2	22	0	1	41
18:30 - 18:45	0	2	9	4	2	19	0	0	36
18:45 - 19:00	0	2	9	4	2	19	1	0	37
TOTAL	113	211	588	281	206	1170	41	24	

LUGAR:	Centro Poblado de Alto Trujillo								
VÍA:	Prolongación Av. Uno								
FECHA:	18/06/2019								
ESTACIÓN:	3								

HORA	VEHÍCULOS LIGEROS						PESADOS		TOTAL
	AUTO	CAMIONETA	LIGEROS	COMBI	MICROBUS	COLECTIVO	2 EJES	3 EJES	
6:00 - 6:15	0	2	4	0	3	21	0	0	30
6:15 - 6:30	0	3	5	1	4	21	0	0	34
6:30 - 6:45	2	3	6	2	5	22	0	0	40
6:45 - 7:00	0	3	6	3	4	26	1	2	45
7:00 - 7:15	2	5	7	0	5	24	0	0	43
7:15 - 7:30	3	4	6	3	6	23	0	1	46
7:30 - 7:45	5	5	6	0	3	21	0	0	40
7:45 - 8:00	3	4	8	2	4	22	1	1	45
8:00 - 8:15	3	4	5	1	6	21	1	1	42
8:15 - 8:30	2	3	6	3	6	23	0	0	43
8:30 - 8:45	2	3	7	4	5	22	0	0	43
8:45 - 9:00	3	4	6	1	4	21	1	0	40
9:00 - 9:15	1	2	4	1	3	21	1	1	34
9:15 - 9:30	0	3	6	3	6	23	0	0	41
9:30 - 9:45	2	4	6	2	4	22	4	0	44
9:45 - 10:00	1	3	7	4	5	24	1	2	47
10:00 - 10:15	3	4	6	0	5	23	0	1	42
10:15 - 10:30	4	5	5	5	5	20	0	0	44
10:30 - 10:45	4	4	8	4	4	22	1	2	49
10:45 - 11:00	3	6	6	4	4	21	3	0	47
11:00 - 11:15	4	5	6	2	4	21	0	2	44
11:15 - 11:30	3	4	4	3	5	22	1	0	42
11:30 - 11:45	2	5	6	2	6	21	0	0	42
11:45 - 12:00	1	4	7	2	5	20	1	1	41
12:00 - 12:15	4	5	6	0	6	21	0	0	42
12:15 - 12:30	5	6	7	0	8	23	0	0	49
12:30 - 12:45	4	8	7	0	9	22	1	2	53
12:45 - 13:00	6	9	10	0	7	24	2	0	58
13:00 - 13:15	5	6	7	1	8	23	1	0	51
13:15 - 13:30	4	7	10	2	8	22	0	1	54
13:30 - 13:45	6	6	9	0	6	25	0	0	52
13:45 - 14:00	5	8	8	1	9	24	2	1	58
14:00 - 14:15	6	5	6	2	5	20	0	0	44
14:15 - 14:30	5	5	6	2	4	19	3	0	44
14:30 - 14:45	2	4	5	0	5	22	0	1	39
14:45 - 15:00	2	3	4	3	3	21	0	0	36
15:00 - 15:15	1	4	6	3	5	22	2	0	43
15:15 - 15:30	0	3	6	5	4	24	0	0	42
15:30 - 15:45	2	3	5	2	5	20	1	1	39
15:45 - 16:00	1	4	4	3	5	19	1	0	37
16:00 - 16:15	2	3	6	2	6	22	0	0	41
16:15 - 16:30	1	5	5	2	5	21	0	1	40
16:30 - 16:45	3	3	6	3	7	21	0	0	43
16:45 - 17:00	0	4	7	4	4	21	1	0	41
17:00 - 17:15	1	2	6	2	5	20	1	1	38
17:15 - 17:30	0	2	4	4	5	20	0	0	35
17:30 - 17:45	1	4	4	3	3	20	0	2	37
17:45 - 18:00	1	4	5	4	3	21	3	0	41
18:00 - 18:15	0	3	5	2	3	17	1	0	31
18:15 - 18:30	0	2	4	2	3	19	0	0	30
18:30 - 18:45	0	2	3	2	4	18	0	0	29
18:45 - 19:00	0	2	4	2	3	19	0	0	30
TOTAL	120	214	308	108	259	1117	35	24	

LUGAR:	Centro Poblado de Alto Trujillo								
VÍA:	Prolongación Av. Uno								
FECHA:	19/06/2019								
ESTACIÓN:	3								

HORA	VEHÍCULOS LIGEROS						PESADOS		TOTAL
	AUTO	CAMIONETA	LIGEROS	COMBI	MICROBUS	COLECTIVO	2 EJES	3 EJES	
6:00 - 6:15	1	2	3	2	4	28	0	0	40
6:15 - 6:30	2	3	3	3	5	27	0	0	43
6:30 - 6:45	3	2	4	2	5	28	0	1	45
6:45 - 7:00	3	2	4	4	6	29	1	0	49
7:00 - 7:15	4	3	5	3	5	28	2	2	52
7:15 - 7:30	5	2	4	4	7	28	0	0	50
7:30 - 7:45	6	3	5	5	5	29	1	1	55
7:45 - 8:00	5	5	5	4	7	30	1	0	57
8:00 - 8:15	5	5	3	5	6	29	1	1	55
8:15 - 8:30	6	4	4	4	5	30	0	0	53
8:30 - 8:45	6	2	5	5	7	31	0	0	56
8:45 - 9:00	5	6	6	4	5	29	1	0	56
9:00 - 9:15	6	4	4	4	8	31	2	0	59
9:15 - 9:30	7	5	6	6	7	32	0	0	63
9:30 - 9:45	6	2	4	4	4	28	0	0	48
9:45 - 10:00	3	3	5	5	5	30	1	0	52
10:00 - 10:15	7	2	6	4	7	28	0	1	55
10:15 - 10:30	5	5	5	3	6	29	0	1	54
10:30 - 10:45	6	3	5	5	6	29	0	1	55
10:45 - 11:00	5	3	6	6	5	26	3	0	54
11:00 - 11:15	6	4	7	4	6	27	0	1	55
11:15 - 11:30	7	5	4	5	5	28	0	0	54
11:30 - 11:45	6	4	3	4	5	29	2	0	53
11:45 - 12:00	8	5	4	3	6	30	1	1	58
12:00 - 12:15	7	7	5	6	7	28	0	0	60
12:15 - 12:30	8	6	6	4	6	29	0	2	61
12:30 - 12:45	6	4	6	6	8	30	1	0	61
12:45 - 13:00	7	5	7	7	6	28	1	0	61
13:00 - 13:15	9	7	5	5	7	31	2	1	67
13:15 - 13:30	8	6	4	4	9	30	1	1	63
13:30 - 13:45	7	5	5	2	7	29	3	1	59
13:45 - 14:00	5	5	4	3	6	28	0	0	51
14:00 - 14:15	4	4	5	2	5	29	1	0	50
14:15 - 14:30	5	3	6	3	6	27	0	0	50
14:30 - 14:45	5	3	5	3	7	28	1	3	55
14:45 - 15:00	4	2	4	2	6	27	3	0	48
15:00 - 15:15	6	4	5	4	5	26	1	0	51
15:15 - 15:30	5	3	3	5	6	27	2	1	52
15:30 - 15:45	4	5	5	3	7	28	0	0	52
15:45 - 16:00	5	3	5	2	6	27	2	0	50
16:00 - 16:15	6	4	4	3	4	28	2	2	53
16:15 - 16:30	5	3	6	4	5	27	3	0	53
16:30 - 16:45	4	4	5	3	5	28	0	1	50
16:45 - 17:00	4	4	6	4	7	28	0	0	53
17:00 - 17:15	5	5	4	4	5	27	1	2	53
17:15 - 17:30	6	3	5	5	6	28	1	0	54
17:30 - 17:45	5	3	4	4	5	27	0	1	49
17:45 - 18:00	4	2	3	3	5	28	0	0	45
18:00 - 18:15	3	2	3	2	4	26	1	0	41
18:15 - 18:30	3	1	1	2	3	26	0	0	36
18:30 - 18:45	2	3	2	3	4	26	0	0	40
18:45 - 19:00	3	2	3	2	5	26	0	0	41
TOTAL	268	192	236	198	299	1470	42	25	

LUGAR:	Centro Poblado de Alto Trujillo								
VÍA:	Prolongación Av. Uno								
FECHA:	20/06/2019								
ESTACIÓN:	4								

HORA	VEHÍCULOS LIGEROS						PESADOS		TOTAL
	AUTO	CAMIONETA	LIGEROS	COMBI	MICROBUS	COLECTIVO	2 EJES	3 EJES	
6:00 - 6:15	0	2	5	3	2	25	0	0	37
6:15 - 6:30	1	2	5	3	3	25	0	0	39
6:30 - 6:45	0	3	7	3	3	26	0	0	42
6:45 - 7:00	1	2	6	5	3	26	1	0	44
7:00 - 7:15	0	3	5	4	4	26	2	1	45
7:15 - 7:30	1	4	5	6	4	27	0	0	47
7:30 - 7:45	2	2	7	5	3	27	0	0	46
7:45 - 8:00	1	4	8	5	5	26	1	0	50
8:00 - 8:15	3	4	5	6	4	25	2	2	51
8:15 - 8:30	1	2	6	5	4	27	0	1	46
8:30 - 8:45	2	2	8	7	5	28	0	1	53
8:45 - 9:00	3	5	6	5	3	26	0	0	48
9:00 - 9:15	2	3	5	5	5	29	1	1	51
9:15 - 9:30	3	4	8	4	2	27	0	0	48
9:30 - 9:45	0	3	7	0	2	26	0	0	38
9:45 - 10:00	1	4	8	6	4	29	1	0	53
10:00 - 10:15	3	3	7	6	4	28	0	1	52
10:15 - 10:30	3	4	6	3	4	25	0	0	45
10:30 - 10:45	1	3	5	5	4	27	2	2	49
10:45 - 11:00	2	2	8	5	3	24	2	0	46
11:00 - 11:15	0	4	8	0	3	26	0	1	42
11:15 - 11:30	2	3	7	0	4	27	0	0	43
11:30 - 11:45	3	4	6	5	4	28	0	0	50
11:45 - 12:00	4	5	7	4	4	27	1	1	53
12:00 - 12:15	5	6	7	0	5	26	3	0	52
12:15 - 12:30	4	7	7	6	4	25	0	1	54
12:30 - 12:45	3	5	8	7	5	26	1	0	55
12:45 - 13:00	3	4	10	0	5	27	0	0	49
13:00 - 13:15	6	9	10	7	5	29	0	1	67
13:15 - 13:30	5	7	8	5	7	30	2	2	66
13:30 - 13:45	4	5	8	4	4	27	0	1	53
13:45 - 14:00	3	4	7	5	5	26	1	0	51
14:00 - 14:15	0	4	6	5	3	26	4	2	50
14:15 - 14:30	2	5	7	3	4	25	0	0	46
14:30 - 14:45	3	3	7	3	3	26	1	0	46
14:45 - 15:00	0	4	6	5	4	25	0	1	45
15:00 - 15:15	3	4	7	4	3	24	2	1	48
15:15 - 15:30	2	4	8	5	3	25	2	0	49
15:30 - 15:45	0	4	6	6	4	26	0	2	48
15:45 - 16:00	1	4	6	3	4	25	2	0	45
16:00 - 16:15	3	4	5	4	2	26	1	1	46
16:15 - 16:30	1	4	7	5	2	25	3	0	47
16:30 - 16:45	2	3	8	4	3	26	0	1	47
16:45 - 17:00	1	4	7	5	3	26	1	0	47
17:00 - 17:15	2	3	6	5	2	25	2	0	45
17:15 - 17:30	3	3	7	6	4	26	2	1	52
17:30 - 17:45	2	3	6	5	3	25	0	0	44
17:45 - 18:00	1	4	5	4	3	26	1	3	47
18:00 - 18:15	0	2	5	3	2	24	0	0	36
18:15 - 18:30	0	2	5	3	2	24	0	0	36
18:30 - 18:45	0	2	5	3	2	24	0	0	36
18:45 - 19:00	0	2	5	3	2	24	0	0	36
TOTAL	98	192	344	218	184	1356	41	28	

LUGAR:	Centro Poblado de Alto Trujillo								
VÍA:	Prolongación Av. Uno								
FECHA:	21/06/2019								
ESTACIÓN:	4								

HORA	VEHÍCULOS LIGEROS						PESADOS		TOTAL
	AUTO	CAMIONETA	LIGEROS	COMBI	MICROBUS	COLECTIVO	2 EJES	3 EJES	
6:00 - 6:15	1	2	3	2	3	29	0	0	40
6:15 - 6:30	2	3	1	3	4	28	1	1	43
6:30 - 6:45	3	2	4	2	4	29	0	0	44
6:45 - 7:00	2	2	3	4	4	30	1	2	48
7:00 - 7:15	3	3	5	3	4	29	0	0	47
7:15 - 7:30	4	2	4	4	6	29	2	2	53
7:30 - 7:45	5	3	5	5	4	30	0	1	53
7:45 - 8:00	4	5	5	4	6	31	3	0	58
8:00 - 8:15	3	5	3	5	5	30	1	1	53
8:15 - 8:30	5	4	4	4	4	31	0	0	52
8:30 - 8:45	5	2	5	5	6	32	2	2	59
8:45 - 9:00	4	6	6	4	4	30	0	0	54
9:00 - 9:15	5	4	4	4	7	32	1	1	58
9:15 - 9:30	6	5	6	6	6	33	0	0	62
9:30 - 9:45	5	2	4	4	3	29	2	1	50
9:45 - 10:00	2	3	5	5	4	31	2	0	52
10:00 - 10:15	6	2	6	4	6	29	0	2	55
10:15 - 10:30	4	5	5	3	5	30	1	0	53
10:30 - 10:45	5	3	5	5	5	30	1	1	55
10:45 - 11:00	4	3	6	6	4	27	2	0	52
11:00 - 11:15	5	4	7	4	5	28	2	1	56
11:15 - 11:30	6	5	4	5	4	29	0	0	53
11:30 - 11:45	5	4	3	4	4	30	0	0	50
11:45 - 12:00	7	5	4	3	5	31	1	2	58
12:00 - 12:15	6	7	5	6	6	29	2	0	61
12:15 - 12:30	7	6	6	4	5	30	0	0	58
12:30 - 12:45	5	4	6	6	7	31	3	2	64
12:45 - 13:00	6	5	7	0	5	29	0	0	52
13:00 - 13:15	8	7	5	5	6	32	2	1	66
13:15 - 13:30	7	6	4	4	8	31	1	1	62
13:30 - 13:45	6	5	5	2	6	30	0	0	54
13:45 - 14:00	4	5	4	3	5	29	1	0	51
14:00 - 14:15	3	4	5	2	4	30	1	0	49
14:15 - 14:30	4	3	6	3	5	28	0	0	49
14:30 - 14:45	4	3	5	3	6	29	0	1	51
14:45 - 15:00	3	2	4	2	5	28	0	0	44
15:00 - 15:15	5	4	5	4	4	27	2	1	52
15:15 - 15:30	4	3	3	5	5	28	0	1	49
15:30 - 15:45	3	5	5	3	6	29	0	0	51
15:45 - 16:00	4	3	5	2	5	28	0	1	48
16:00 - 16:15	5	4	4	3	3	29	3	0	51
16:15 - 16:30	4	3	6	4	4	28	0	0	49
16:30 - 16:45	3	4	5	3	4	29	0	1	49
16:45 - 17:00	3	4	6	4	6	29	0	1	53
17:00 - 17:15	4	5	4	4	4	28	1	1	51
17:15 - 17:30	5	3	5	5	5	29	1	0	53
17:30 - 17:45	4	3	4	4	4	28	0	0	47
17:45 - 18:00	3	4	3	3	4	29	2	0	48
18:00 - 18:15	1	2	3	2	3	27	0	0	38
18:15 - 18:30	2	2	1	3	3	27	0	0	38
18:30 - 18:45	3	4	2	2	4	27	0	0	42
18:45 - 19:00	2	1	3	2	3	27	0	0	38
TOTAL	219	195	233	191	247	1522	41	28	

LUGAR:	Centro Poblado de Alto Trujillo								
VÍA:	Prolongación Av. Uno								
FECHA:	22/06/2019								
ESTACIÓN:	4								

HORA	VEHÍCULOS LIGEROS						PESADOS		TOTAL
	AUTO	CAMIONETA	LIGEROS	COMBI	MICROBUS	COLECTIVO	2 EJES	3 EJES	
6:00 - 6:15	2	1	2	3	5	29	0	0	42
6:15 - 6:30	3	2	0	3	7	31	0	0	46
6:30 - 6:45	2	3	5	4	6	32	0	0	52
6:45 - 7:00	3	2	4	5	7	33	1	0	55
7:00 - 7:15	2	3	6	4	6	32	0	0	53
7:15 - 7:30	4	2	4	5	9	32	0	0	56
7:30 - 7:45	3	4	3	6	7	32	0	0	55
7:45 - 8:00	2	5	5	6	9	25	1	0	53
8:00 - 8:15	3	5	4	6	8	33	1	1	61
8:15 - 8:30	5	4	4	5	6	32	0	0	56
8:30 - 8:45	4	3	5	4	9	34	0	0	59
8:45 - 9:00	4	5	3	5	7	35	1	0	60
9:00 - 9:15	6	4	6	5	11	36	1	0	69
9:15 - 9:30	6	5	7	6	8	35	0	0	67
9:30 - 9:45	4	2	4	6	6	32	0	0	54
9:45 - 10:00	2	3	5	6	8	34	2	0	60
10:00 - 10:15	5	4	3	5	9	32	0	1	59
10:15 - 10:30	3	5	5	3	8	33	0	0	57
10:30 - 10:45	5	6	5	6	8	32	3	0	65
10:45 - 11:00	4	3	5	6	7	30	1	0	56
11:00 - 11:15	5	2	7	5	8	31	0	1	59
11:15 - 11:30	6	5	5	6	8	34	0	0	64
11:30 - 11:45	5	3	5	5	6	33	0	0	57
11:45 - 12:00	6	5	5	4	8	33	1	1	63
12:00 - 12:15	7	5	5	7	9	27	0	0	60
12:15 - 12:30	6	4	4	6	11	33	0	0	64
12:30 - 12:45	5	7	6	7	12	34	3	0	74
12:45 - 13:00	7	6	6	8	9	32	0	0	68
13:00 - 13:15	9	8	8	7	9	35	0	1	77
13:15 - 13:30	8	7	6	5	10	35	1	1	73
13:30 - 13:45	5	5	5	4	9	33	0	0	61
13:45 - 14:00	4	4	6	4	10	32	0	0	60
14:00 - 14:15	3	4	5	4	8	33	1	0	58
14:15 - 14:30	4	3	6	3	8	29	0	0	53
14:30 - 14:45	2	3	5	4	9	32	0	0	55
14:45 - 15:00	3	4	3	4	8	31	0	0	53
15:00 - 15:15	5	4	6	5	9	30	0	0	59
15:15 - 15:30	5	3	3	5	8	31	1	0	56
15:30 - 15:45	3	2	5	4	7	32	0	0	53
15:45 - 16:00	4	3	5	3	7	32	0	0	54
16:00 - 16:15	2	5	6	4	6	32	0	0	55
16:15 - 16:30	4	4	4	5	7	31	2	0	57
16:30 - 16:45	3	1	5	3	7	32	0	0	51
16:45 - 17:00	3	4	4	5	8	31	0	0	55
17:00 - 17:15	4	2	4	5	7	31	1	0	54
17:15 - 17:30	5	3	5	6	6	32	0	0	57
17:30 - 17:45	4	3	4	5	7	30	0	0	53
17:45 - 18:00	3	1	3	4	8	32	0	0	51
18:00 - 18:15	2	2	4	3	6	25	0	0	42
18:15 - 18:30	1	3	3	2	5	30	1	0	45
18:30 - 18:45	2	2	3	3	6	28	0	0	44
18:45 - 19:00	1	2	2	3	6	30	0	0	44
TOTAL	208	190	238	247	403	1650	22	6	

LUGAR:	Centro Poblado de Alto Trujillo								
VÍA:	Prolongación Av. Uno								
FECHA:	23/06/2019								
ESTACIÓN:	4								

HORA	VEHÍCULOS LIGEROS						PESADOS		TOTAL
	AUTO	CAMIONETA	LIGEROS	COMBI	MICROBUS	COLECTIVO	2 EJES	3 EJES	
6:00 - 6:15	1	3	2	1	3	15	0	0	25
6:15 - 6:30	2	2	1	2	4	14	0	0	25
6:30 - 6:45	3	3	3	1	5	16	0	0	31
6:45 - 7:00	2	4	3	3	4	13	1	0	30
7:00 - 7:15	3	3	4	2	5	16	1	0	34
7:15 - 7:30	4	4	2	3	6	16	0	0	35
7:30 - 7:45	5	5	4	4	4	17	0	0	39
7:45 - 8:00	4	4	1	3	6	18	1	0	37
8:00 - 8:15	5	4	2	4	5	17	0	1	38
8:15 - 8:30	4	5	3	1	6	18	2	0	39
8:30 - 8:45	5	3	6	3	4	19	0	0	40
8:45 - 9:00	3	6	7	3	6	17	0	0	42
9:00 - 9:15	5	5	3	3	7	19	0	0	42
9:15 - 9:30	4	6	4	5	6	19	0	0	44
9:30 - 9:45	5	5	3	4	5	16	1	0	39
9:45 - 10:00	4	4	4	4	5	17	0	1	39
10:00 - 10:15	6	5	5	3	6	15	0	1	41
10:15 - 10:30	5	6	6	3	7	17	0	0	44
10:30 - 10:45	5	3	4	4	3	17	1	1	38
10:45 - 11:00	3	5	2	5	4	16	0	0	35
11:00 - 11:15	2	5	6	3	6	14	0	1	37
11:15 - 11:30	5	7	4	4	5	17	0	0	42
11:30 - 11:45	5	4	5	3	4	17	0	0	38
11:45 - 12:00	8	7	4	2	6	18	1	1	47
12:00 - 12:15	7	9	5	5	5	12	0	0	43
12:15 - 12:30	8	7	4	2	4	17	0	0	42
12:30 - 12:45	10	9	5	5	8	18	1	1	57
12:45 - 13:00	7	7	8	6	6	16	0	0	50
13:00 - 13:15	8	8	7	3	7	19	0	0	52
13:15 - 13:30	7	7	4	4	8	18	0	0	48
13:30 - 13:45	6	5	4	4	6	17	2	1	45
13:45 - 14:00	4	6	2	2	5	17	0	0	36
14:00 - 14:15	2	5	4	1	6	17	0	0	35
14:15 - 14:30	4	3	5	3	4	14	1	1	35
14:30 - 14:45	2	4	4	2	6	15	0	0	33
14:45 - 15:00	4	6	3	1	5	14	2	1	36
15:00 - 15:15	5	5	4	4	4	16	0	0	38
15:15 - 15:30	3	6	4	4	5	15	0	0	37
15:30 - 15:45	3	5	4	2	6	16	1	0	37
15:45 - 16:00	4	4	4	1	5	15	0	0	33
16:00 - 16:15	5	5	2	2	4	16	0	1	35
16:15 - 16:30	5	5	5	3	3	15	1	0	37
16:30 - 16:45	2	6	4	1	4	16	0	0	33
16:45 - 17:00	4	4	5	2	6	13	0	0	34
17:00 - 17:15	4	6	3	3	4	16	0	0	36
17:15 - 17:30	5	2	4	4	5	15	0	0	35
17:30 - 17:45	4	4	3	3	4	15	1	0	34
17:45 - 18:00	3	1	0	2	3	14	0	0	23
18:00 - 18:15	1	3	1	1	4	15	0	0	25
18:15 - 18:30	2	2	0	0	3	14	0	0	21
18:30 - 18:45	3	3	2	1	2	12	0	0	23
18:45 - 19:00	2	1	1	1	3	10	0	0	18
TOTAL	222	246	189	145	257	825	17	11	

**Tabla N° 33: CONTEO DE VOLUMENES VEHICULARES
HOJA DE RESUMEN**

LUGAR:	Centro Poblado de Alto Trujillo															
VÍA:	Prolongación Av. Sinchi Roca															
HORAS DE CONTROL	VOLUMEN TOTAL							VTS	VHMAX							
	10/06/2019	11/06/2019	12/06/2019	13/06/2019	14/06/2019	15/06/2019	16/06/2019									
6:00 - 6:15	41	52	37	50	42	36	36	294	1534							
6:15 - 6:30	45	45	39	60	38	39	37	303								
6:30 - 6:45	66	75	60	68	67	46	60	442								
6:45 - 7:00	96	81	46	81	82	54	55	495								
7:00 - 7:15	86	51	55	57	77	58	58	442	1870							
7:15 - 7:30	84	71	71	52	71	74	50	473								
7:30 - 7:45	80	52	69	72	64	55	59	451								
7:45 - 8:00	109	98	56	64	55	76	46	504								
8:00 - 8:15	92	54	46	76	73	75	71	487	1890							
8:15 - 8:30	85	72	69	58	66	81	46	477								
8:30 - 8:45	72	85	85	77	71	61	63	514								
8:45 - 9:00	69	58	63	50	60	62	50	412								
9:00 - 9:15	84	71	58	72	65	71	56	477	1725							
9:15 - 9:30	53	73	77	62	71	69	59	464								
9:30 - 9:45	34	53	43	58	62	59	61	370								
9:45 - 10:00	40	40	81	64	69	50	70	414								
10:00 - 10:15	38	77	75	36	62	66	65	419	1711							
10:15 - 10:30	54	45	65	66	52	56	34	372								
10:30 - 10:45	55	67	65	80	73	56	44	440								
10:45 - 11:00	63	81	60	69	72	68	67	480								
11:00 - 11:15	95	64	86	74	73	57	52	501	1921							
11:15 - 11:30	53	66	76	70	59	75	58	457								
11:30 - 11:45	51	72	76	48	78	60	64	449								
11:45 - 12:00	68	69	85	82	70	69	71	514								
12:00 - 12:15	65	77	52	75	71	53	76	469	2001							
12:15 - 12:30	89	76	70	60	76	90	52	513								
12:30 - 12:45	90	77	55	80	66	61	69	498								
12:45 - 13:00	87	96	79	79	39	67	74	521								
13:00 - 13:15	88	80	75	84	56	55	61	499	2010	Q_{max} (15)	522					
13:15 - 13:30	83	75	73	64	67	71	42	475								
13:30 - 13:45	82	83	84	68	65	70	70	522								
13:45 - 14:00	92	90	80	72	80	57	43	514								
14:00 - 14:15	59	45	89	72	70	88	65	488	1843							
14:15 - 14:30	55	79	78	66	77	55	64	474								
14:30 - 14:45	73	51	56	77	58	61	63	439								
14:45 - 15:00	48	74	57	57	67	68	71	442								
15:00 - 15:15	43	72	70	75	55	54	63	432	1855							
15:15 - 15:30	65	73	48	77	58	74	69	464								
15:30 - 15:45	77	57	66	66	76	55	72	469								
15:45 - 16:00	76	83	69	72	67	60	63	490								
16:00 - 16:15	80	79	64	72	76	66	67	504	1891							
16:15 - 16:30	68	74	82	68	75	59	43	469								
16:30 - 16:45	63	67	85	77	54	63	50	459								
16:45 - 17:00	61	50	72	68	63	80	65	459								
17:00 - 17:15	64	76	58	69	50	72	71	460	1777							
17:15 - 17:30	70	77	75	50	63	52	46	433								
17:30 - 17:45	57	73	85	72	77	49	75	488								
17:45 - 18:00	58	62	47	41	73	62	53	396								
18:00 - 18:15	74	56	69	56	76	74	44	449	1787							
18:15 - 18:30	64	56	81	72	67	64	64	468								
18:30 - 18:45	72	68	61	58	54	59	61	433								
18:45 - 19:00	76	65	57	53	57	54	75	437								
VOLUMEN TOTAL	3592	3563	3480	3446	3405	3266	3063	23815								

LUGAR: Centro Poblado de Alto Trujillo
VÍA: Prolongación Av. Uno
FECHA: 17 al 23 de junio
DIAS:

HORAS DE CONTROL	VOLUMEN TOTAL							VTS	VHMAX				
	17/06/2019	18/06/2019	19/06/2019	20/06/2019	21/06/2019	22/06/2019	23/06/2019						
6:00 - 6:15	45	30	40	37	40	42	25	259	1161				
6:15 - 6:30	46	34	43	39	43	46	25	276					
6:30 - 6:45	48	40	45	42	44	52	31	302					
6:45 - 7:00	53	45	49	44	48	55	30	324	1373				
7:00 - 7:15	62	43	52	45	47	53	34	336					
7:15 - 7:30	61	46	50	47	53	56	35	348					
7:30 - 7:45	52	40	55	46	53	55	39	340	1388				
7:45 - 8:00	49	45	57	50	58	53	37	349					
8:00 - 8:15	46	42	55	51	53	61	38	346					
8:15 - 8:30	48	43	53	46	52	56	39	337	1407				
8:30 - 8:45	47	43	56	53	59	59	40	357					
8:45 - 9:00	48	40	56	48	54	60	42	348					
9:00 - 9:15	47	34	59	51	58	69	42	360	1417				
9:15 - 9:30	46	41	63	48	62	67	44	371					
9:30 - 9:45	53	44	48	38	50	54	39	326					
9:45 - 10:00	47	47	52	53	52	60	39	350	1417				
10:00 - 10:15	46	42	55	52	55	59	41	350					
10:15 - 10:30	58	44	54	45	53	57	44	355					
10:30 - 10:45	53	49	55	49	55	65	38	364	1401				
10:45 - 11:00	58	47	54	46	52	56	35	348					
11:00 - 11:15	53	44	55	42	56	59	37	346					
11:15 - 11:30	50	42	54	43	53	64	42	348	1600				
11:30 - 11:45	45	42	53	50	50	57	38	335					
11:45 - 12:00	52	41	58	53	58	63	47	372					
12:00 - 12:15	58	42	60	52	61	60	43	376	1649	Q_{max} (15)	449		
12:15 - 12:30	60	49	61	54	58	64	42	388					
12:30 - 12:45	58	53	61	55	64	74	57	422					
12:45 - 13:00	76	58	61	49	52	68	50	414	1298				
13:00 - 13:15	69	51	67	67	66	77	52	449					
13:15 - 13:30	63	54	63	66	62	73	48	429					
13:30 - 13:45	71	52	59	53	54	61	45	395	1308				
13:45 - 14:00	69	58	51	51	51	60	36	376					
14:00 - 14:15	52	44	50	50	49	58	35	338					
14:15 - 14:30	47	44	50	46	49	53	35	324	1308				
14:30 - 14:45	51	39	55	46	51	55	33	330					
14:45 - 15:00	44	36	48	45	44	53	36	306					
15:00 - 15:15	47	43	51	48	52	59	38	338	1256				
15:15 - 15:30	48	42	52	49	49	56	37	333					
15:30 - 15:45	47	39	52	48	51	53	37	327					
15:45 - 16:00	43	37	50	45	48	54	33	310	1308				
16:00 - 16:15	46	41	53	46	51	55	35	327					
16:15 - 16:30	50	40	53	47	49	57	37	333					
16:30 - 16:45	47	43	50	47	49	51	33	320	996				
16:45 - 17:00	45	41	53	47	53	55	34	328					
17:00 - 17:15	45	38	53	45	51	54	36	322					
17:15 - 17:30	44	35	54	52	53	57	35	330	996				
17:30 - 17:45	42	37	49	44	47	53	34	306					
17:45 - 18:00	43	41	45	47	48	51	23	298					
18:00 - 18:15	42	31	41	36	38	42	25	255	996				
18:15 - 18:30	41	30	36	36	38	45	21	247					
18:30 - 18:45	36	29	40	36	42	44	23	250					
18:45 - 19:00	37	30	41	36	38	44	18	244					
VOLUMEN TOTAL	2634	2185	2730	2461	2676	2964	1912	17562					

**Tabla N° 34: Factores de Crecimiento Acumulado (Fca), para el
Cálculo de Número de Repeticiones de EE**

Periodo de Análisis (años)	Factor sin Crecimiento	Tasa anual de crecimiento (r)							
		2	3	4	5	6	7	8	10
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	2.00	2.02	2.03	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.00	3.06	3.09	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.00	4.12	4.18	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.00	5.20	3.19	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.00	6.31	6.47	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.00	7.43	7.66	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.00	8.58	8.89	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.00	9.75	10.16	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.00	10.95	11.46	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.00	12.17	12.81	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.00	13.41	14.19	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.00	14.68	15.62	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.00	15.97	17.09	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.00	17.29	18.60	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.00	18.64	20.16	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.00	20.01	21.76	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.00	21.41	23.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.00	22.84	25.12	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.00	24.30	26.87	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28

Fuente: Tabla D-20 AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993

Tabla N° 35: Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Tabla N° 36: Configuración de Ejes

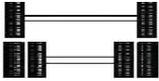
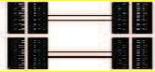
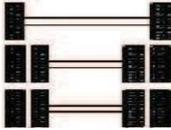
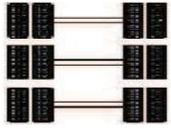
Conjunto de Eje (s)	Nomenclatura	N° de Neumáticos	Grafico
EJE SIMPLE (Con Rueda Simple)	1RS	02	
EJE SIMPLE (Con Rueda Doble)	1RD	04	
EJE TANDEM (1 Eje Rueda Simple + 1 Eje Rueda Doble)	1RS + 1RD	06	
EJE TANDEM (2 Ejes Rueda Doble)	2RD	08	
EJE TRIDEM (1 Rueda Simple + 2 Ejes Rueda Doble)	1RS + 2RD	10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

Tabla N° 37: Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) Para Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE _{8.2 tn})
Eje Simple de ruedas simples (EE _{S1})	$EE_{S1} = [P / 6.6]^{4.0}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE _{S2})	$EE_{S2} = [P / 8.2]^{4.0}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TA1})	$EE_{TA1} = [P / 14.8]^{4.0}$
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE _{TA2})	$EE_{TA2} = [P / 15.1]^{4.0}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TR1})	$EE_{TR1} = [P / 20.7]^{3.9}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2})	$EE_{TR2} = [P / 21.8]^{3.9}$
P = peso real por eje en toneladas	

Tabla N° 38: Pavimento Flexible o Pavimento Semirrígido C2

En este ejemplo, el peso total del Camión C2 es de 17tn, pesando el eje delantero (E1) 7tn y el eje posterior simple (E2) 10tn. Aplicando las ecuaciones del cuadro 6.3 para

Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos							Long. Máxima (m)
C2								12.30
	$EE_{S1} = [P / 6.6]^{4.0}$	$EE_{S2} = [P / 8.2]^{4.0}$						
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	10						
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Simple						
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble						
Peso	7	10						
Factor E.E.	1.265	2.212						3.477

Tabla N° 39: Pavimento Flexible o Pavimento Semirrígido C3

En este ejemplo, el peso total del Camión C3 es de 23tn, pesando el eje delantero (E1) 7tn y el eje posterior tándem (E2+E3) 16tn. Aplicando las ecuaciones del cuadro 6.3 para

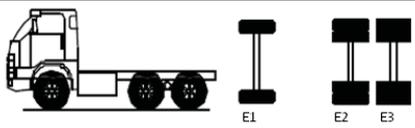
Configuración Vehicular	Descripción Gráfica de los Vehículos							Long. Maxima (m)
C3								13.20
	$EE_{S1} = [P / 6.6]^4$		$EE_{Tn} = [P / 15.1]^4$					
Ejes	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	8	8					
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	16						
Tipos de Eje	Eje Simple	Eje Tandem						
Tipos de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble						
Peso	7	16						
Factor E.E.	1.265	1.261						2.526

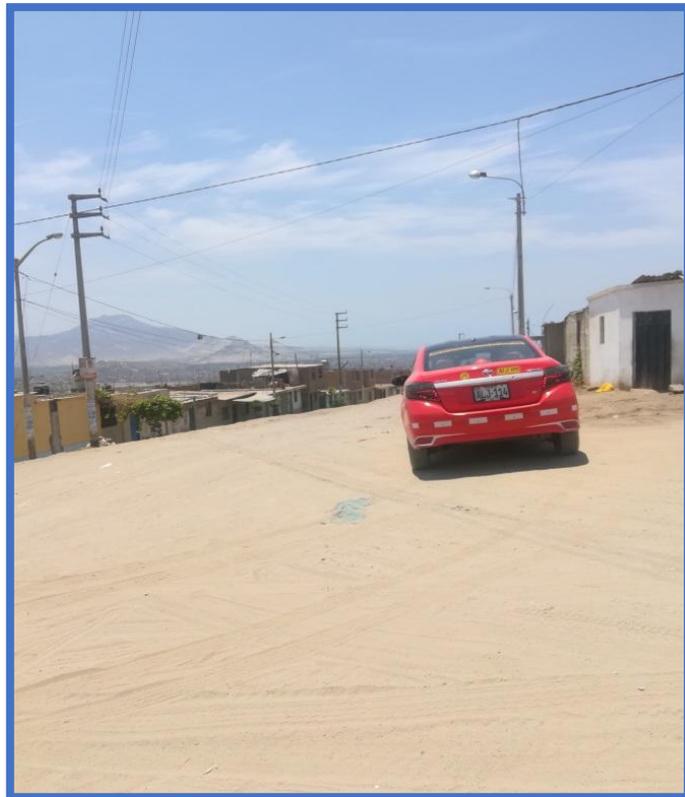
Tabla N° 40: Factor de Ajuste por Presión de Neumático (Fp), para Ejes Equivalentes (ee)

Espesor de Capa de Rodadura (mm)	Presión de Contacto del Neumático (PCN) en psi						
	PCN = 0.90x[Presión de inflado del neumático] (psi)						
	80	90	100	110	120	130	140
50	1.00	1.36	1.80	2.31	2.91	3.59	4.37
60	1.00	1.33	1.72	2.18	2.69	3.27	3.92
70	1.00	1.30	1.65	2.05	2.49	2.99	3.53
80	1.00	1.28	1.59	1.94	2.32	2.74	3.20
90	1.00	1.25	1.53	1.84	2.17	2.52	2.91
100	1.00	1.23	1.48	1.75	2.04	2.35	2.68
110	1.00	1.21	1.43	1.66	1.91	2.17	2.44
120	1.00	1.19	1.38	1.59	1.80	2.02	2.25
130	1.00	1.17	1.34	1.52	1.70	1.89	2.09
140	1.00	1.15	1.30	1.46	1.62	1.78	1.94
150	1.00	1.13	1.26	1.39	1.52	1.66	1.79
160	1.00	1.12	1.24	1.36	1.47	1.59	1.71
170	1.00	1.11	1.21	1.31	1.41	1.51	1.61
180	1.00	1.09	1.18	1.27	1.36	1.45	1.53
190	1.00	1.08	1.16	1.24	1.31	1.39	1.46
200	1.00	1.08	1.15	1.22	1.28	1.35	1.41

Tabla N° 39: Factor Camión más representativos

Tipo/Vehículo	Vías Urbanas	Vías regionales
Livianos		
Autos - Camionetas	0.0002	0.0002
Combi	0.0038	0.0036
Microbús	0.0539	0.0515
Camión 2 ejes, 4 ruedas	0.075	0.05
Camión 2 ejes, 6 ruedas	0.26	0.21
Camión 3 ejes, 10 ruedas	1.03	0.73
Pesados Semitrailers		
De 3 ejes	0.47	0.45
De 4 ejes	0.87	0.73
De 5 ejes a más	1.02	0.95

ESTADO ACTUAL DE LAS VÍAS



CONTEO VEHICULAR



EXPLORACIÓN DEL SUELO
PROLOGACIÓN AV. SINCHI ROCA

Imagen N° 5: Prolongación Av. Sinchi Roca (1 Exploración)



Imagen N° 6: Prolongación Av. Sinchi Roca (2 Exploración)



PROLOGACIÓN AV.UNO

Imagen N° 7: Prolongación Av. Uno (3 Exploración)



Imagen N° 8: Prolongación Av. Uno (4 Exploración)



ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS

PROLONGACIÓN AV. SINCHI ROCA

Imagen N° 9: Muestra N° 1 - Determinación de la Muestra a usar



Imagen N° 10: Muestra N° 2 - Determinación de la Muestra a usar



PROLONGACIÓN AV. UNO

Imagen N° 11: Muestra N° 3 - Determinación de la Muestra a usar



Imagen N° 12: Muestra N° 4 - Determinación de la Muestra a usar



Imagen N° 13: Colocación de la Muestra al Horno



Imagen N° 14: Retiro de la Muestra Seca del Horno



PROLONGACIÓN AV. SINCHI ROCA

Imagen N° 15: Colocación de la Muestra y proceso de Tamizado



PROLONGACIÓN AV.UNO

Imagen N° 16: Colocación de la Muestra y proceso de Tamizado



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

ASTM D- 422

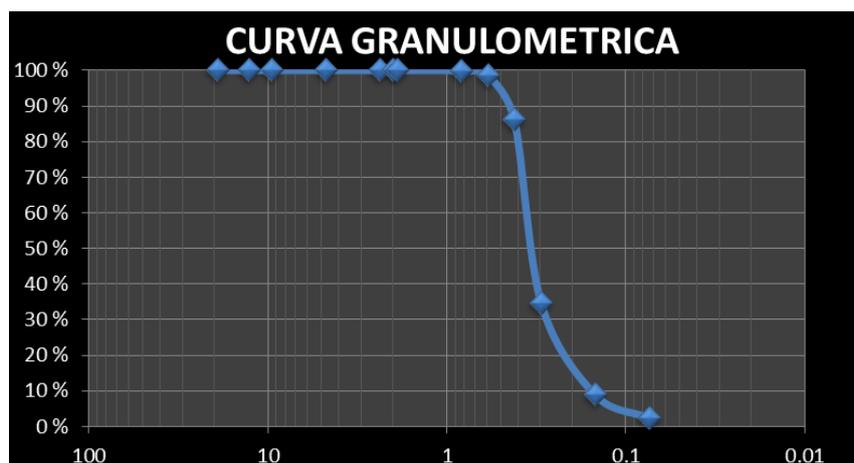
Proyecto: Diseño Estructural del Pavimento Flexible para el mejoramiento de la Transitabilidad en la Prolongación Av. Uno y la Prolongación Sinchi Roca, en el Centro Poblado Alto Trujillo

Ubicación: Centro Poblado Alto Trujillo - La Libertad.

Muestra: CALICATA - 01

Profundidad: 1.50 m

ANALISIS GRANULOMETRICO - C1					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	RETENIDO (%)	RET. ACUM. (%)	PASA (%)
3/4"	19.05	0	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.7	0	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	0	0.00	0.00	100.00
Nº4	4.76	0.4	0.02	0.02	99.98
Nº8	2.38	0	0.00	0.02	99.98
Nº10	2	0	0.00	0.02	99.98
Nº16	1.9	0	0.00	0.02	99.98
Nº20	0.84	2.3	0.12	0.14	99.87
Nº30	0.59	26.4	1.32	1.46	98.55
Nº40	0.42	247.5	12.38	13.83	86.17
Nº50	0.297	1031	51.55	65.38	34.62
Nº100	0.149	512.7	25.64	91.02	8.98
Nº200	0.074	132.6	6.63	97.65	2.35
PLATO		47.1	2.36	100.00	0.00
SUMATORIA		2000	100.00		



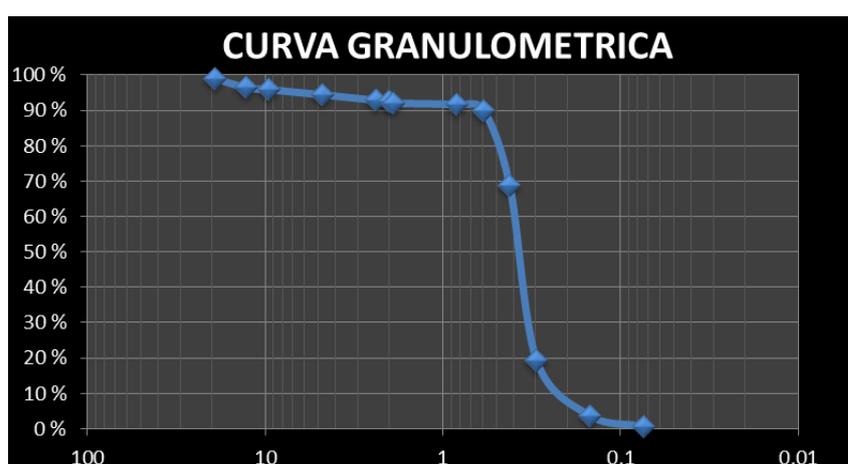
Proyecto: Diseño Estructural del Pavimento Flexible para el mejoramiento de la Transitabilidad en la Prolongación Av. Uno y la Prolongación Sinchi Roca, en el Centro Poblado Alto Trujillo

Ubicación: Centro Poblado Alto Trujillo - La Libertad.

Muestra: CALICATA - 02

Profundidad: 1.50 m

ANALISIS GRANULOMETRICO - C2					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	RETENIDO (%)	RET. ACUM. (%)	PASA (%)
3/4"	19.05	21.9	1.10	1.10	98.91
1/2"	12.7	50.6	2.53	3.63	96.38
3/8"	9.525	10.9	0.55	4.17	95.83
Nº4	4.76	29.1	1.46	5.63	94.38
Nº8	2.38	30.5	1.53	7.15	92.85
Nº10	2	4.4	0.22	7.37	92.63
Nº16	1.9	12.4	0.62	7.99	92.01
Nº20	0.84	8.5	0.43	8.42	91.59
Nº30	0.59	32.7	1.64	10.05	89.95
Nº40	0.42	426.3	21.32	31.37	68.64
Nº50	0.297	985.4	49.27	80.64	19.37
Nº100	0.149	312.8	15.64	96.28	3.72
Nº200	0.074	62.2	3.11	99.39	0.61
PLATO		12.3	0.62	100.00	0.00
SUMATORIA		2000	100.00		



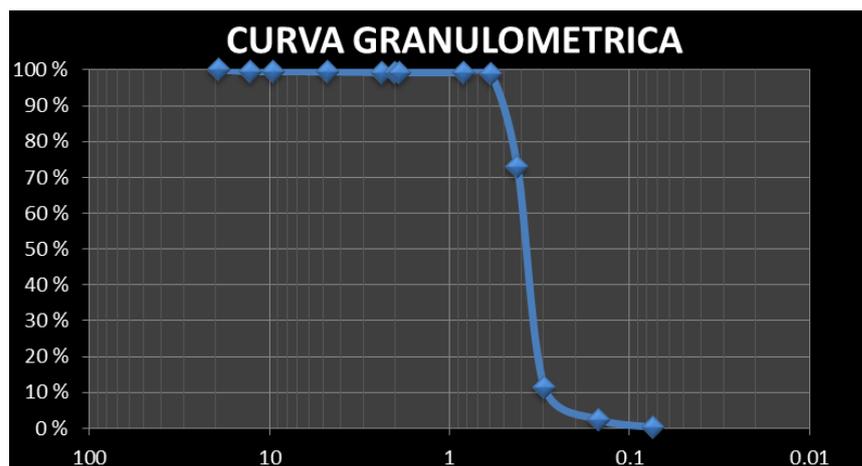
Proyecto: Diseño Estructural del Pavimento Flexible para el mejoramiento de la Transitabilidad en la Prolongación Av. Uno y la Prolongación Sinchi Roca, en el Centro Poblado Alto Trujillo

Ubicación: Centro Poblado Alto Trujillo - La Libertad.

Muestra: CALICATA - 03

Profundidad: 1.50 m

ANALISIS GRANULOMETRICO - C3					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	RETENIDO (%)	RET. ACUM. (%)	PASA (%)
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.7	8.70	0.44	0.44	99.57
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.44	99.57
Nº4	4.76	1.80	0.09	0.53	99.48
Nº8	2.38	2.90	0.15	0.67	99.33
Nº10	2	0.00	0.00	0.67	99.33
Nº16	1.9	1.60	0.08	0.75	99.25
Nº20	0.84	1.30	0.07	0.82	99.19
Nº30	0.59	5.30	0.27	1.08	98.92
Nº40	0.42	516.60	25.83	26.91	73.09
Nº50	0.297	1231.70	61.59	88.50	11.51
Nº100	0.149	179.90	9.00	97.49	2.51
Nº200	0.074	45.50	2.28	99.77	0.24
PLATO		4.70	0.24	100.00	0.00
SUMATORIA		2000	100.00		



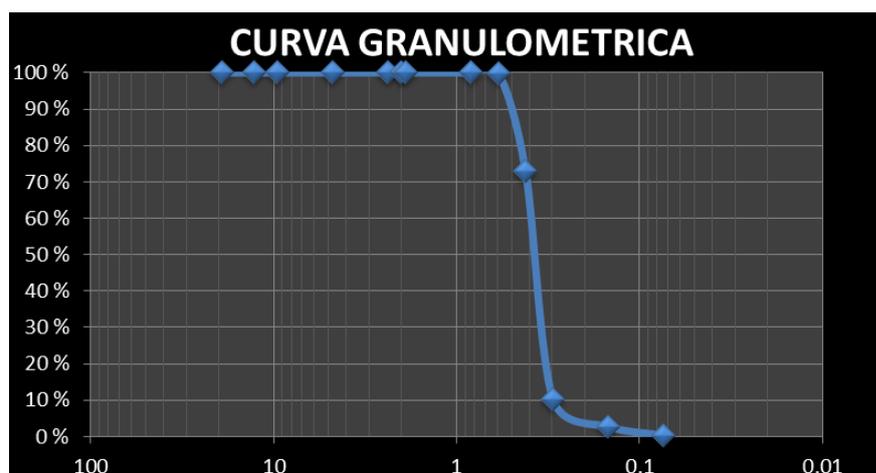
Proyecto: Diseño Estructural del Pavimento Flexible para el mejoramiento de la Transitabilidad en la Prolongación Av. Uno y la Prolongación Sinchi Roca, en el Centro Poblado Alto Trujillo

Ubicación: Centro Poblado Alto Trujillo - La Libertad.

Muestra: CALICATA - 04

Profundidad: 1.50 m

ANALISIS GRANULOMETRICO - C4					
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	RETENIDO (%)	RET. ACUM. (%)	PASA (%)
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº8	2.38	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº10	2	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº16	1.9	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº20	0.84	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº30	0.59	3.50	0.18	0.18	99.83
Nº40	0.42	537.60	26.88	27.06	72.95
Nº50	0.297	1254.30	62.72	89.77	10.23
Nº100	0.149	149.70	7.49	97.26	2.75
Nº200	0.074	49.50	2.48	99.73	0.27
PLATO		5.40	0.27	100.00	0.00
SUMATORIA		2000	100.00		



CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D- 2216

Proyecto: Diseño Estructural del Pavimento Flexible para el mejoramiento de la Transitabilidad en la Prolongación Av. Uno y la Prolongación Sinchi Roca, en el Centro Poblado Alto Trujillo

Ubicación: Centro Poblado Alto Trujillo - La Libertad.

Muestra: CALICATA - 01

Profundidad: 1.50 m

MUESTRA:	C1	
RECIPIENTE:	1	2
PESO recipiente:	40.3	13.9
PESO recipiente + Muestra húmeda:	107.2	74.4
PESO recipiente + Muestra seca:	106.6	74
PESO agua:	0.6	0.4
Peso seco:	66.3	60.1
W%:	0.9	0.7
W promedio %:	0.8	

Proyecto: Diseño Estructural del Pavimento Flexible para el mejoramiento de la Transitabilidad en la Prolongación Av. Uno y la Prolongación Sinchi Roca, en el Centro Poblado Alto Trujillo

Ubicación: Centro Poblado Alto Trujillo - La Libertad.

Muestra: CALICATA - 02

Profundidad: 1.50 m

MUESTRA:	C2	
RECIPIENTE:	1	2
PESO recipiente:	13.8	40.8
PESO recipiente + Muestra húmeda:	66.5	88
PESO recipiente + Muestra seca:	65.7	87.3
PESO agua:	0.8	0.7
Peso seco:	51.9	46.5
W%:	1.5	1.5
W promedio %:	1.5	

Proyecto: Diseño Estructural del Pavimento Flexible para el mejoramiento de la Transitabilidad en la Prolongación Av. Uno y la Prolongación Sinchi Roca, en el Centro Poblado Alto Trujillo

Ubicación: Centro Poblado Alto Trujillo - La Libertad.

Muestra: CALICATA - 03

Profundidad: 1.50 m

MUESTRA:	C3	
RECIPIENTE:	1	2
PESO recipiente:	42.4	37.1
PESO recipiente + Muestra húmeda:	126.6	125.7
PESO recipiente + Muestra seca:	126.2	125
PESO agua:	0.4	0.7
Peso seco:	83.8	87.9
W%:	0.5	0.8
W promedio %:	0.6	

Proyecto: Diseño Estructural del Pavimento Flexible para el mejoramiento de la Transitabilidad en la Prolongación Av. Uno y la Prolongación Sinchi Roca, en el Centro Poblado Alto Trujillo

Ubicación: Centro Poblado Alto Trujillo - La Libertad.

Muestra: CALICATA - 04

Profundidad: 1.50 m

MUESTRA:	C4	
RECIPIENTE:	1	2
PESO recipiente:	14.4	38.9
PESO recipiente + Muestra húmeda:	82.6	128.5
PESO recipiente + Muestra seca:	82.3	128.1
PESO agua:	0.3	0.4
Peso seco:	67.9	89.2
W%:	0.4	0.4
W promedio %:	0.4	

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SOLIDOS
ASTM D- 854

Proyecto: Diseño Estructural del Pavimento Flexible para el mejoramiento de la Transitabilidad en la Prolongación Av. Uno y la Prolongación Sinchi Roca, en el Centro Poblado Alto Trujillo

Ubicación: Centro Poblado Alto Trujillo - La Libertad.

Muestra: CALICATA - 01

Profundidad: 1.50 m

MUESTRA	C1	
PESO Inicial Muestra (gr.) =	250	250
PESO Frasco + Agua =	638.1	648.1
PESO Frasco + Muestra + Agua =	795.1	796.9
Gs =	2.69	2.47
Gs promedio=	2.58	

Proyecto: Diseño Estructural del Pavimento Flexible para el mejoramiento de la Transitabilidad en la Prolongación Av. Uno y la Prolongación Sinchi Roca, en el Centro Poblado Alto Trujillo

Ubicación: Centro Poblado Alto Trujillo - La Libertad.

Muestra: CALICATA - 02

Profundidad: 1.50 m

MUESTRA	C2	
PESO Inicial Muestra (gr.) =	250	250
PESO Frasco + Agua =	648.1	639.5
PESO Frasco + Muestra + Agua =	805.6	673.5
Gs =	2.70	1.16
Gs promedio=	1.93	

Proyecto: Diseño Estructural del Pavimento Flexible para el mejoramiento de la Transitabilidad en la Prolongación Av. Uno y la Prolongación Sinchi Roca, en el Centro Poblado Alto Trujillo

Ubicación: Centro Poblado Alto Trujillo - La Libertad.

Muestra: CALICATA - 03

Profundidad: 1.50 m

MUESTRA	C3	
PESO Inicial Muestra (gr.) =	250	250
PESO Frasco + Agua =	640.4	655.9
PESO Frasco + Muestra + Agua =	805.4	811.9
Gs =	2.94	2.66
Gs promedio=	2.80	

Proyecto: Diseño Estructural del Pavimento Flexible para el mejoramiento de la Transitabilidad en la Prolongación Av. Uno y la Prolongación Sinchi Roca, en el Centro Poblado Alto Trujillo

Ubicación: Centro Poblado Alto Trujillo - La Libertad.

Muestra: CALICATA - 04

Profundidad: 1.50 m

MUESTRA	C4	
PESO Inicial Muestra (gr.) =	250	250
PESO Frasco + Agua =	655.6	631.5
PESO Frasco + Muestra + Agua =	813.1	683.1
Gs =	2.70	1.26
Gs promedio=	1.98	

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

(N.T.P. 339. 141)

Proyecto: Diseño Estructural del Pavimento Flexible para el mejoramiento de la Transitabilidad en la Prolongación Av. Uno y la Prolongación Sinchi Roca, en el Centro Poblado Alto Trujillo

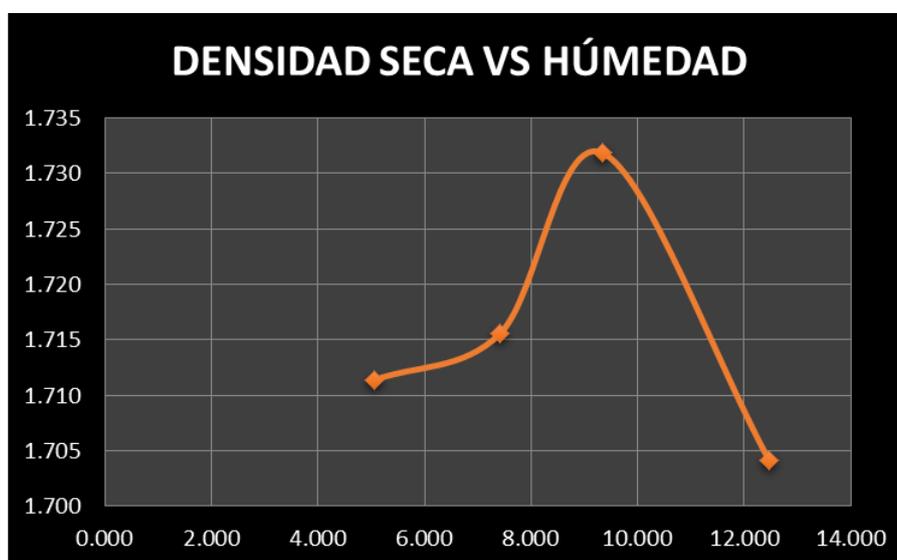
Ubicación: Centro Poblado Alto Trujillo - La Libertad.

Muestra: CALICATA - 01

Profundidad: 1.50 m

N° DE ENSAYO	1		2		3		4	
Peso del molde + Suelo Húmedo (gr)	5511.20		5524.00		5575.80		5644.10	
Peso del molde (gr)	3850.30		3850.30		3850.30		3850.30	
Peso Suelo Húmedo (gr)	1660.90		1673.70		1725.50		1793.80	
Volúmen del molde (cm ³)	921.36		903.21		903.21		921.36	
Densidad Suelo Húmedo (gr/cm³)	1.803		1.853		1.910		1.947	
Número de Tara	1	2	3	4	0	6	7	8
Cantidad H2O agregada	5%		7%		9%		11%	
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)	57.30	71.20	63.70	79.00	23.80	27.30	63.80	28.40
Peso Tara + Suelo Seco (gr)	55.30	68.60	60.70	76.00	22.60	25.60	58.70	26.30
Peso Tara (gr)	13.80	19.60	19.60	36.20	8.70	8.70	19.70	8.60
Peso del agua	2.00	2.60	3.00	3.00	1.20	1.70	5.10	2.10
Peso del suelo seco	41.50	49.00	41.10	39.80	13.90	16.90	39.00	17.70
Humedad (%)	4.82	5.31	7.30	7.54	8.63	10.06	13.08	11.86
Humedad promedio (%)	5.063		7.418		9.346		12.471	
Densidad seca (gr/cm³)	1.711		1.716		1.732		1.704	

MÉTODO	A
NÚMERO DE CAPAS	3
NÚMERO DE GOLPES	25
DSM (gr./cm ³)	1.732
OCH (%)	9.346



Proyecto: Diseño Estructural del Pavimento Flexible para el mejoramiento de la Transitabilidad en la Prolongación Av. Uno y la Prolongación Sinchi Roca, en el Centro Poblado Alto Trujillo

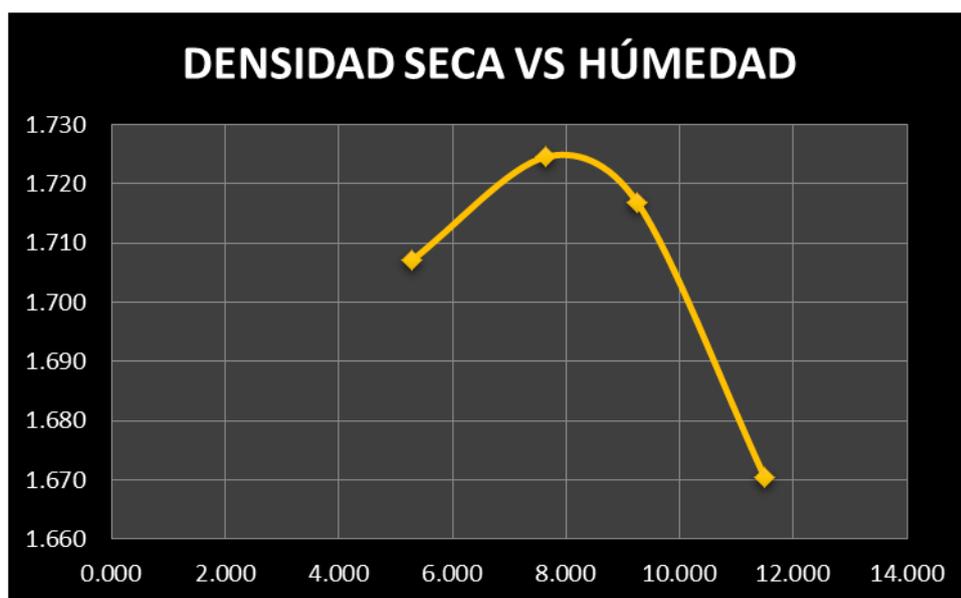
Ubicación: Centro Poblado Alto Trujillo - La Libertad.

Muestra: CALICATA - 02

Profundidad: 1.50 m

N° DE ENSAYO	1		2		3		4	
Peso del molde + Suelo Húmedo (gr)	5544.20		5568.00		5592.50		5622.70	
Peso del molde (gr)	3883.70		3881.70		3883.70		3883.70	
Peso Suelo Húmedo (gr)	1660.50		1686.30		1708.80		1739.00	
Volúmen del molde (cm3)	921.36		903.21		903.21		921.36	
Densidad Suelo Húmedo (gr/cm3)	1.802		1.867		1.892		1.887	
Número de Tara	1	2	3	4	5	6	7	8
Cantidad H2O agregada	5%		7%		9%		11%	
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)	53.30	63.10	52.60	55.90	56.80	54.30	103.00	119.70
Peso Tara + Suelo Seco (gr)	51.20	60.80	50.00	52.90	53.40	50.70	96.40	111.00
Peso Tara (gr)	14.00	14.00	14.50	15.10	13.90	14.30	38.30	36.20
Peso del agua	2.10	2.30	2.60	3.00	3.40	3.60	6.60	8.70
Peso del suelo seco	37.20	46.80	35.50	37.80	39.50	36.40	58.10	74.80
Humedad (%)	5.65	4.91	7.32	7.94	8.61	9.89	11.36	11.63
Humedad promedio (%)	5.280		7.630		9.249		11.495	
Densidad seca (gr/cm3)	1.707		1.725		1.717		1.670	

MÉTODO	A
NÚMERO DE CAPAS	3
NÚMERO DE GOLPES	25
DSM (gr./cm ³)	1.725
OCH (%)	7.630



Proyecto: Diseño Estructural del Pavimento Flexible para el mejoramiento de la Transitabilidad en la Prolongación Av. Uno y la Prolongación Sinchi Roca, en el Centro Poblado Alto Trujillo

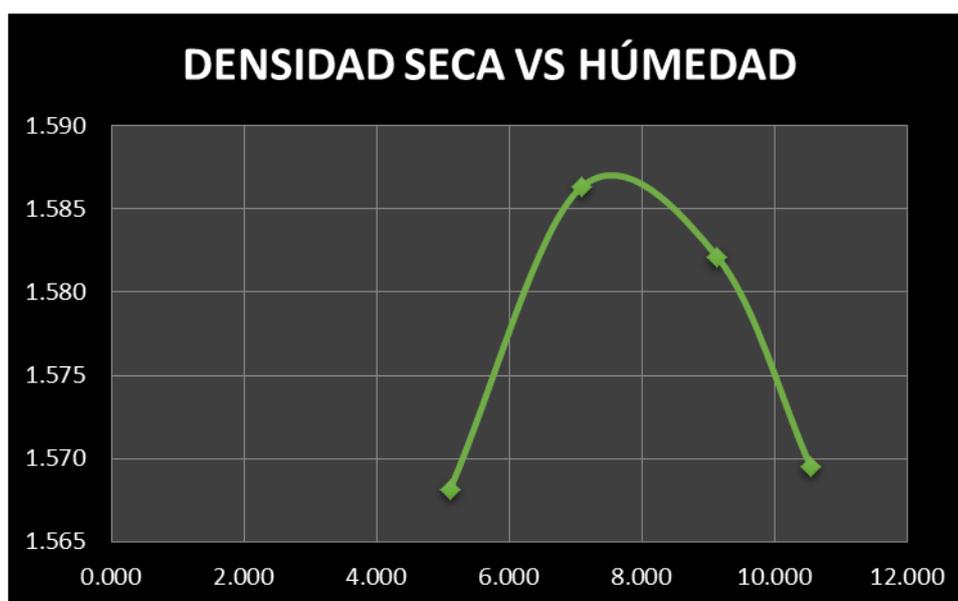
Ubicación: Centro Poblado Alto Trujillo - La Libertad.

Muestra: CALICATA - 03

Profundidad: 1.50 m

N° DE ENSAYO	1		2		3		4	
Peso del molde + Suelo Húmedo (gr)	5373.20		5392.70		5455.00		5467.30	
Peso del molde (gr)	3850.70		3850.70		3850.70		3850.70	
Peso Suelo Húmedo (gr)	1522.50		1542.00		1604.30		1616.60	
Volúmen del molde (cm3)	921.36		903.21		921.36		921.36	
Densidad Suelo Húmedo (gr/cm3)	1.652		1.707		1.741		1.755	
Número de Tara	1	2	1	2	1	2	1	2
Cantidad H2O agregada	5%		7%		9%		11%	
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)	48.70	51.10	56.00	62.20	87.20	106.90	49.40	53.10
Peso Tara + Suelo Seco (gr)	47.00	49.30	53.30	58.90	83.00	101.10	46.30	49.30
Peso Tara (gr)	13.80	13.90	13.80	13.90	36.30	38.60	14.50	15.80
Peso del agua	1.70	1.80	2.70	3.30	4.20	5.80	3.10	3.80
Peso del suelo seco	33.20	35.40	39.50	45.00	46.70	62.50	31.80	33.50
Humedad (%)	5.12	5.08	6.84	7.33	8.99	9.28	9.75	11.34
Humedad promedio (%)	5.103		7.084		9.137		10.546	
Densidad seca (gr/cm3)	1.568		1.586		1.582		1.570	

MÉTODO	A
NÚMERO DE CAPAS	3
NÚMERO DE GOLPES	25
DSM (gr./cm ³)	1.586
OCH (%)	7.084



Proyecto: Diseño Estructural del Pavimento Flexible para el mejoramiento de la Transitabilidad en la Prolongación Av. Uno y la Prolongación Sinchi Roca, en el Centro Poblado Alto Trujillo

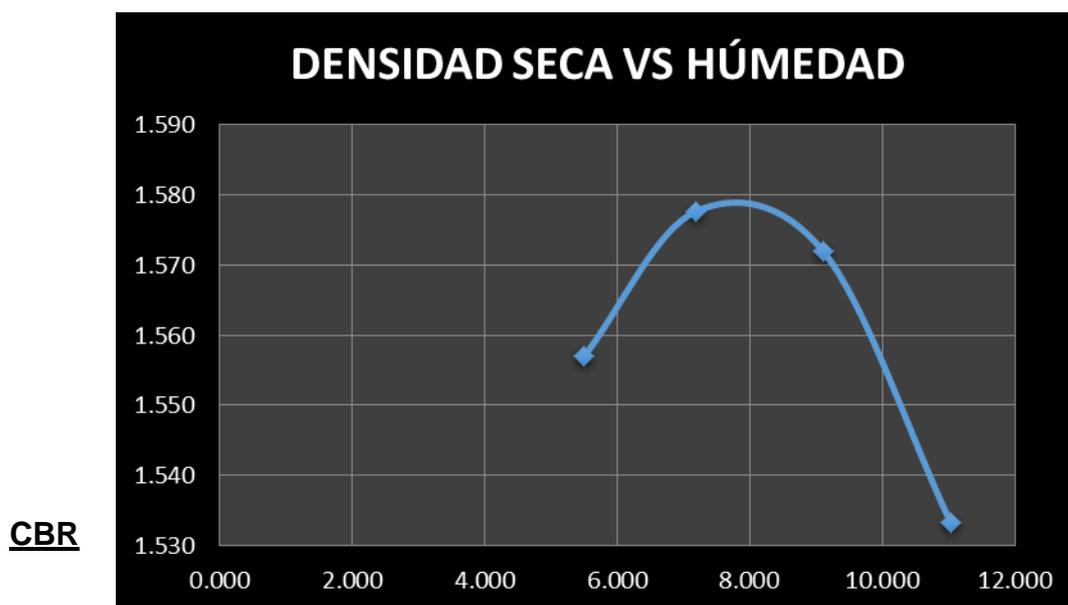
Ubicación: Centro Poblado Alto Trujillo - La Libertad.

Muestra: CALICATA - 04

Profundidad: 1.50 m

N° DE ENSAYO	1		2		3		4	
Peso del molde + Suelo Húmedo (gr)	5368.50		5385.60		5412.40		5438.20	
Peso del molde (gr)	3850.30		3850.30		3850.30		3850.30	
Peso Suelo Húmedo (gr)	1518.20		1535.30		1562.10		1587.90	
Volúmen del molde (cm3)	921.36		903.21		903.21		921.36	
Densidad Suelo Húmedo (gr/cm3)	1.648		1.700		1.729		1.723	
Número de Tara	1	2	1	2	1	2	1	2
Cantidad H2O agregada	5%		7%		9%		11%	
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)	47.50	45.70	92.40	90.20	59.30	56.20	44.70	100.30
Peso Tara + Suelo Seco (gr)	45.70	44.10	88.80	86.70	55.70	52.50	41.70	94.10
Peso Tara (gr)	14.40	13.70	38.20	38.50	14.20	13.70	14.20	38.50
Peso del agua	1.80	1.60	3.60	3.50	3.60	3.70	3.00	6.20
Peso del suelo seco	31.30	30.40	50.60	48.20	41.50	38.80	27.50	55.60
Humedad (%)	5.75	5.26	7.11	7.26	8.67	9.54	10.91	11.15
Humedad promedio (%)	5.507		7.188		9.105		11.030	
Densidad seca (gr/cm3)	1.557		1.578		1.572		1.533	

MÉTODO	A
NÚMERO DE CAPAS	3
NÚMERO DE GOLPES	25
DSM (gr./cm ³)	1.578
OCH (%)	7.188



CBR (California Bearing Ratio)

ASTM D- 1883

Ubicación: Centro Poblado Alto Trujillo - La Libertad.

Muestra: CALICATA - 01

Profundidad: 1.50 m

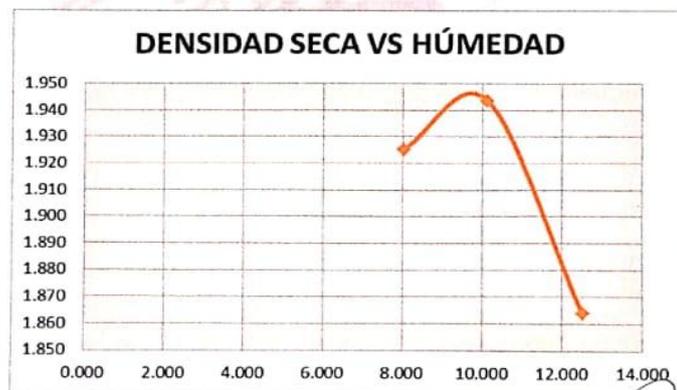


SIPROTEC SERVICIOS GENERALES S.R.L.
SISTEMAS DE INGENIERIA EN PROYECTOS TECNICOS

ENSAYO PROCTOR PARA LA DETERMINACIÓN DEL CBR - CI			
Número de molde	1	3	2
Número de capas	5	5	5
Número de golpes por capa	56	25	12
Condición de la muestra	no saturada	no saturada	no saturada
Peso del molde + suelo húmedo (gr)	12629	12479	12557
Peso del molde (gr)	7880.1	7881.2	7878.5
Peso del suelo húmedo (gr)	4748.9	4597.8	4678.5
Volumen del molde (cm3)	2196	2196	2196
Densidad húmeda del suelo (gr/cm3)	2.163	2.094	2.130

Número de Tara	1	2	3	4	5	6
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)	53.3	63.1	52.6	55.9	56.8	54.3
Peso Tara + Suelo Seco (gr)	52	60.7	51.4	54.6	54.7	52.33
Peso Tara (gr)	38.20	38.50	36.30	38.60	38.30	36.20
Peso del agua	1.30	2.40	1.20	1.30	2.10	1.97
Peso del suelo seco	13.80	22.20	15.10	16.00	16.40	16.13
Humedad (%)	9.420	10.811	7.947	8.125	12.805	12.213
Humedad promedio (%)	10.116		8.036		12.509	
Densidad seca (gr/cm3)	1.944		1.925		1.864	

Máxima densidad seca		1.944 gr/ cm3		Optimo contenido de humedad		10.12%		
EXPANSION								
Fecha	Hora	Tiempo - horas	Dial	Expansion	Dial	Expansion	Dial	Expansion
10/06/2019	09:30 a.m.	0	0	mm.	0	mm.	0	mm.
11/06/2019	10:30 a.m.	24	0	0	0	0	0	0
12/06/2019	11:30 a.m.	48	0	0	0	0	0	0
13/06/2019	12:30 p.m.	72	0	0	0	0	0	0

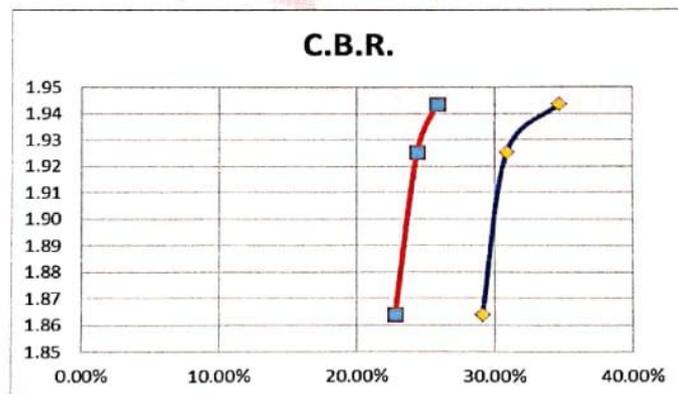
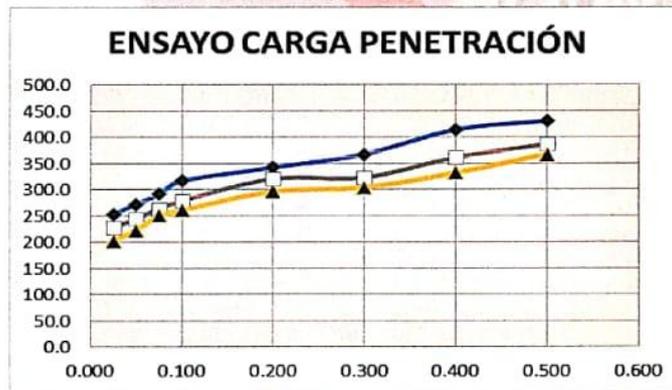


SIPROTEC SERVICIOS GENERALES SRL
 Famos Crda Román Ulises
 GERENTE



ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN									
Penetración en pul	Molde N° 1			Molde N° 2			Molde N° 3		
	Lectura Dial (Lbs)	Carga		Lectura Dial (Lbs)	Carga		Lectura Dial (Lbs)	Carga	
		Lbs	Lb/plg2		Lbs	Lb/plg2		Lbs	Lb/plg2
0.025	200	760	253.3	180	684	228.0	160	608	202.7
0.050	215	817	272.3	193	733	244.5	176	669	222.9
0.075	230	874	291.3	208	790	263.5	198	752	250.8
0.100	250	950	316.7	220	836	278.7	206	783	260.9
0.200	270	1026	342.0	253	961	320.5	234	889	296.4
0.300	290	1102	367.3	255	969	323.0	240	912	304.0
0.400	327	1243	414.2	285	1083	361.0	262	996	331.9
0.500	340	1292	430.7	305	1159	386.3	290	1102	367.3

GOLPES		56	25	12.0
C.B.R.	0.1	34.67%	30.87%	29.09%
	0.2	25.80%	24.36%	22.76%



SIPROTEC SERVICIOS GENERALES SRL



VALORES PROCTOR MODIFICADO:

Densidad seca máxima	
(gr/cm3):	1.94
Humedad óptima (%):	10.12



SIPROTEC SERVICIOS GENERALES S.R.L.
Ramos Cruz Hernán Ullauri
GERENTE

Ubicación: Centro Poblado Alto Trujillo - La Libertad.

Muestra: CALICATA - 03

Profundidad: 1.50 m

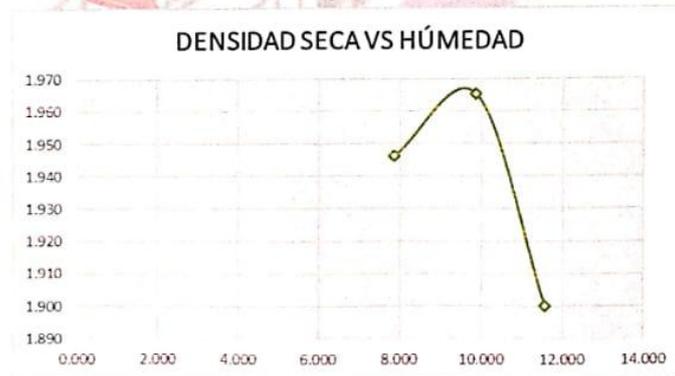


SIPROTEC SERVICIOS GENERALES S.R.L.
SISTEMAS DE INGENIERIA EN PROYECTOS TECNICOS

ENSAYO PROCTOR PARA LA DETERMINACIÓN DEL CBR - C3			
Número de molde	1	2	3
Número de capas	5	5	5
Número de golpes por capa	56	25	12
Condición de la muestra	no saturada	no saturada	no saturada
Peso del molde + suelo húmedo (gr)	12659	12509	12587
Peso del molde (gr)	7870.3	7870	7868.4
Peso del suelo húmedo (gr)	4788.7	4639	4718.6
Volumen del molde (cm ³)	2196	2196	2196
Densidad húmeda del suelo (gr/cm ³)	2.181	2.112	2.149

Número de Tara	1	2	3	4	5	6
Peso Tara + Suelo Húmedo (gr)	134.4	138.9	143.6	150	219.8	244.1
Peso Tara + Suelo Seco (gr)	126.7	129.9	135.9	142.7	203.7	226.1
Peso Tara (gr)	43.8	43.9	43.8	43.9	66.3	68.6
Peso del agua	7.7	9	7.7	7.3	16.1	18
Peso del suelo seco	82.9	86	92.1	98.8	137.4	157.5
Humedad (%)	9.29	10.47	8.36	7.39	11.72	11.43
Humedad promedio (%)	9.877		7.875		11.573	
Densidad seca (gr/cm ³)	1.965		1.946		1.900	

Máxima densidad seca		1.965 gr/cm ³		Optimo contenido de humedad		9.877%		
EXPANSION								
Fecha	Hora	Tiempo - horas	Dial	Expansion	Dial	Expansion	Dial	Expansion
17/06/2019	9:30 a. m.	0	0	mm.	0	mm.	0	mm.
18/06/2019	10:30 a. m.	24	0	0	0	0	0	0
19/06/2019	11:30 a. m.	48	0	0	0	0	0	0
19/06/2019	12:30 p. m.	72	0	0	0	0	0	0



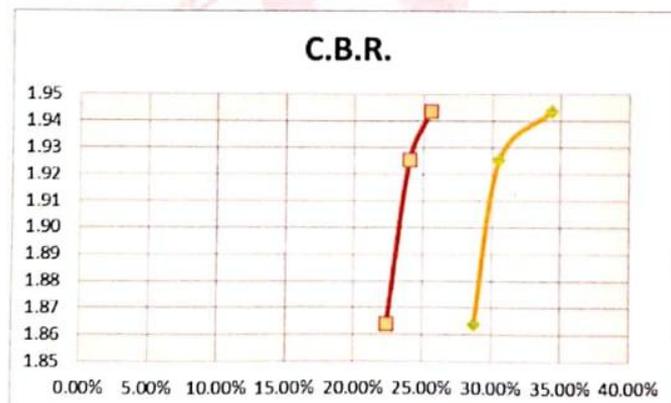
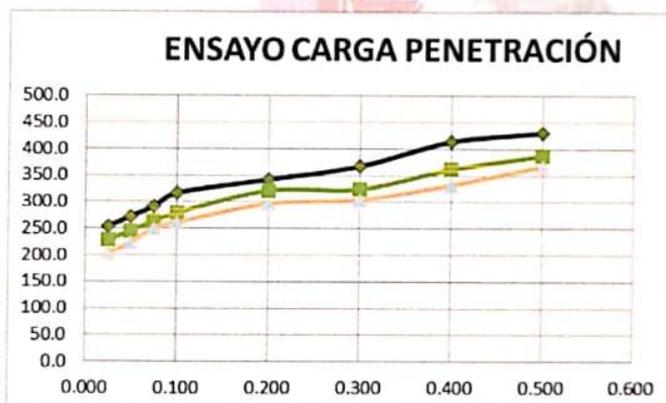
SIPROTEC SERVICIOS GENERALES SRL

 Ramos Cruz Ramón
 GERENTE



ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN									
Penetración en pul	Molde N° 1			Molde N° 2			Molde N° 3		
	Lectura Dial (Lbs)	Carga		Lectura Dial (Lbs)	Carga		Lectura Dial (Lbs)	Carga	
		Lbs	Lb/plg2		Lbs	Lb/plg2		Lbs	Lb/plg2
0.025	200	764	253.7	180	687	228.3	160	605	203.1
0.050	215	821	272.6	193	736	244.8	176	668	223.3
0.075	230	878	291.7	208	793	264.0	198	750	251.2
0.100	250	954	316.8	220	839	279.0	206	783	261.3
0.200	270	1030	342.4	253	964	320.8	234	889	296.8
0.300	290	1106	367.7	255	972	323.4	240	912	304.4
0.400	327	1247	414.4	285	1086	361.3	262	995	332.3
0.500	340	1296	430.9	305	1162	386.6	290	1100	367.7

GOLPES		56	25	12.0
C.B.R.	0.1	34.33%	30.54%	28.77%
	0.2	25.54%	24.01%	22.42%



SIPROTEC SERVICIOS GENERALES SRL
Ramos Cruz Román Ulises
 GERENTE



VALORES PROCTOR MODIFICADO:

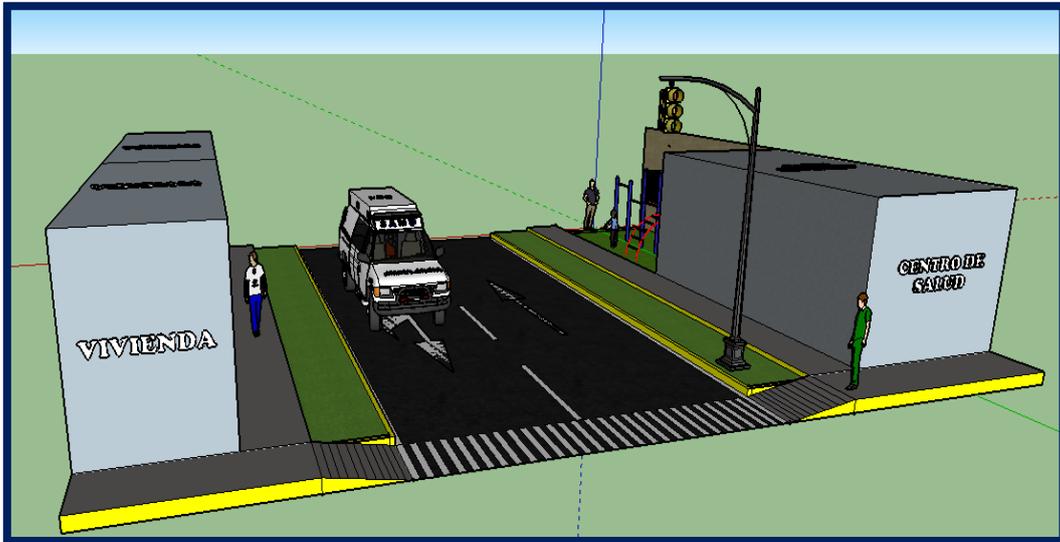
Densidad seca máxima	
(gr/cm ³):	1.97
Humedad óptima (%):	9.88

95% Densidad Seca Máxima	
(gr/cm ³):	1.87
C.B.R. (%):	27.28

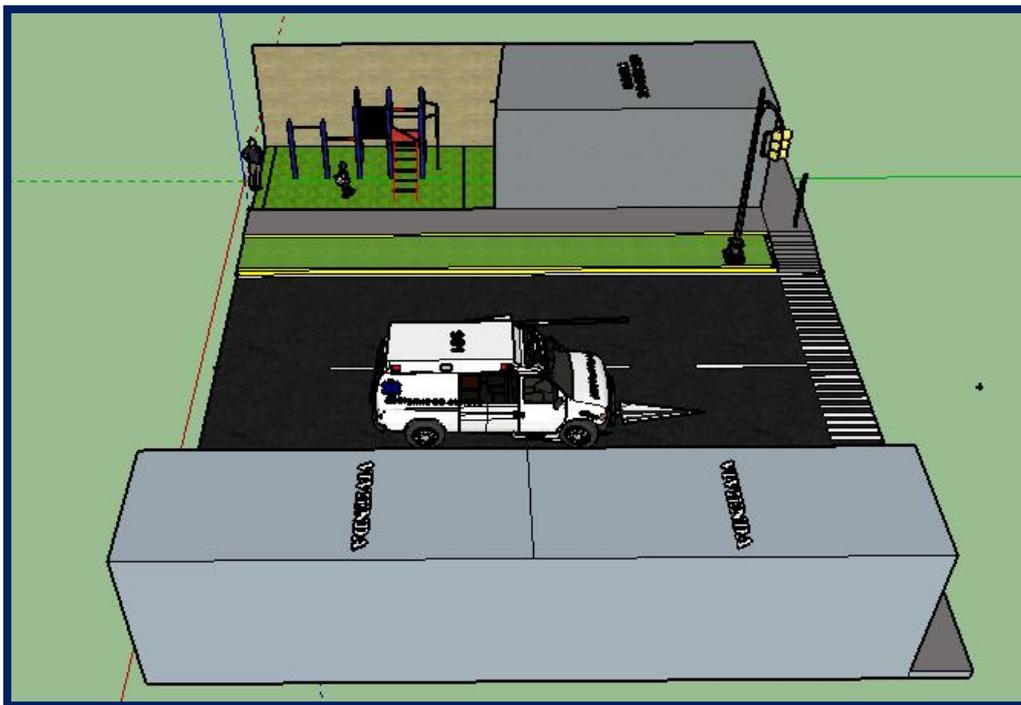
SIPROTEC SERVICIOS GENERALES S.R.L.
Karina Cruz
Karinia Cruz *Karinia Cruz*
GERENTE

Tabla N° 41: VISTA EN PLANTA

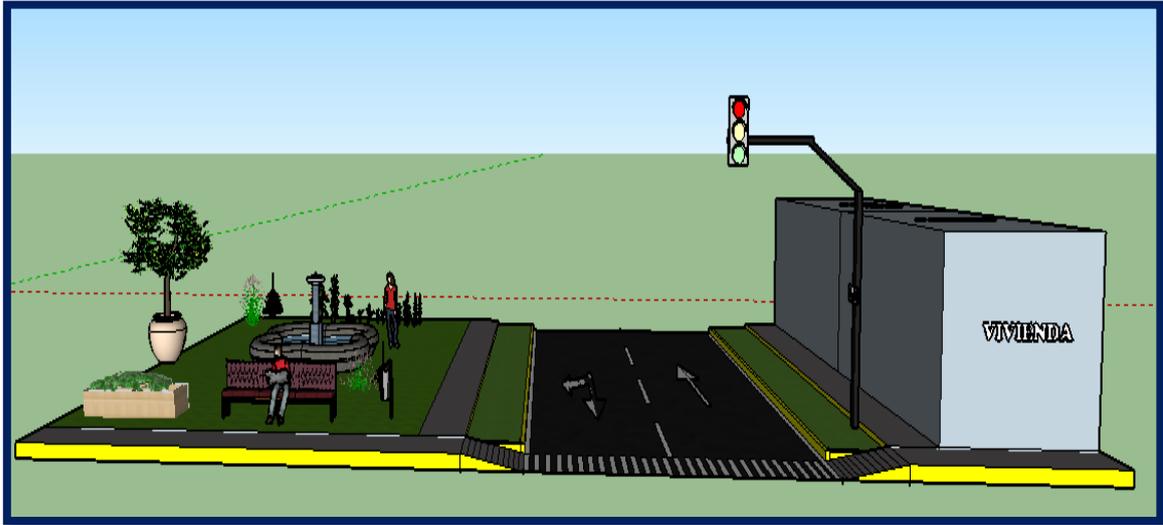
PROLONGACIÓN SINCHI ROCA



Señalización horizontal y vertical



PROLONGACIÓN AV. UNO



Señalización horizontal y vertical

