



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**“SELECCIÓN Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE BAJO  
TRAFICO CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL DEL  
PASO INFERIOR SAN CLEMENTE - PISCO - ICA  
2020”**

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

**Autor:**

**Delgado Yafac, Gilberto Eduardo**

**Asesor:**

**Msc. Ing. Villegas Granados, Luis Mariano**

**Línea de Investigación:**

**Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente**

**Pimentel: Julio del 2020**

**TESIS:**  
**“SELECCIÓN Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE BAJO  
TRAFICO CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL DEL  
PASO INFERIOR SAN CLEMENTE - PISCO - ICA  
2020”**

**Aprobación de Tesis**

---

**Mg. Ing. Idrogo Pérez, Cesar Antonio**  
**Presidente del Jurado de Tesis**

---

**Mg. Ing. Villegas Grabados, Luis Mariano**  
**Secretario del Jurado de Tesis**

---

**Mg. Ing. Marín Bardales, Noé Humberto**  
**Vocal del Jurado de Tesis**

*A Dios por haberme permitido llegar hasta aquí,  
y seguir cumpliendo mis metas trazadas, por  
seguir gozando de mi hermosa familia con  
armonía y bienestar, por haberme dejado vivir mi  
experiencia universitaria y laboral.*

*A mis padres, por haberme guiado en mi  
formación humana y profesional, y en especial a  
mi Madre Norma Yafac Arana, a pesar que ya no  
la tengo presente, pero que nunca se cansó de  
darme lo suficiente y necesario. Gracias Mama.*

*A mi hermosa familia, mi esposa Lucila, mis hijos  
Bruno y Mateo, que son mi motor y motivo.*

*A los Ing. Luis Yafac Villanueva y José Paucar  
Garcés por permitir crecer profesionalmente en  
su empresa, a los cuales respeto y admiro.*

*A mi Universidad y sus Docentes por sus  
enseñanzas dejadas durante mi vida universitaria.*

*A todas aquellas personas que de alguna manera  
u otra influyen y siguen influyendo en mi vida  
profesional de constante aprendizaje.*

# **SELECCIÓN Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE BAJO TRAFICO CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL DEL PASO INFERIOR SAN CLEMENTE - PISCO - ICA 2020**

## **SELECTION AND DESIGN OF LOW-TRAFFIC PAVEMENT WITH SURFACE TREATMENT OF THE UNDERPASS SAN CLEMENTE - PISCO - ICA 2020**

*Gilberto Eduardo Delgado Yafac*

### **RESUMEN**

Los pavimentos económicos en el Perú ocupan un alto porcentaje de los caminos por ejecutar, ya que están mayormente conformados por las redes viales vecinales de nuestro país, debido a que comunican pueblos o pequeños caseríos. La red vecinal es la red principal de integración distrital y provincial, cumple un rol muy importante en la economía local para dar acceso a los servicios de educación, salud y comercialización de los productos locales, ya sea integrándose o comunicándose entre ellas.

Además, el tráfico, tanto liviano como pesado, va creciendo de una manera razonable y el ligero es el que tiene el índice de tasa de crecimiento más alto; así, el paso a desnivel San Clemente ubicado en la Prog. 85+290 nace de las obras ejecutadas en la nueva Autopista ubicada en el subtramo 6 perteneciente al Tramo Vial Puente Pucusana – Cerro Azul – Ica. Este será proyectado para el uso de Paso peatonal y para vehículos menores, ya que dicha obra ha ocasionado lo que llamamos un efecto barrera en el Centro poblado de San Clemente, que cruza impetivamente la actual autopista, generando un peligro para el peatón.

**PALABRAS CLAVE:** Tratamiento Superficial, Bituminoso.

# **SELECTION AND DESIGN OF LOW-TRAFFIC PAVEMENT WITH SURFACE TREATMENT OF THE UNDERPASS SAN CLEMENTE - PISCO - ICA 2020**

*Gilberto Eduardo Delgado Yafac*

## **ABSTRAC**

The economic pavements in Peru occupy a high percentage of the roads to be executed, since they are mainly made up of the neighborhood road networks of our country, due to the fact that they communicate with towns or small hamlets. The neighborhood network is the main network of district and provincial integration, plays a very important role in the local economy to provide access to education, health and marketing services for local products, either by integrating or communicating with each other.

In addition, traffic, both light and heavy, is growing in a reasonable way and light traffic is the one with the highest growth rate index; Thus, the San Clemente overpass located at Prog. 85 + 290 arises from the works carried out on the new highway located in sub-section 6 belonging to the Puente Pucusana - Cerro Azul - Ica Road Section. This will be designed for the use of the pedestrian crossing and for smaller vehicles, since this work has caused what we call a barrier effect in the town center of San Clemente, which unimpededly crosses the current highway, creating a danger for pedestrians.

**KEY WORDS:** Surface Treatment, Bituminous.

## ÍNDICE GENERAL

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>14</b>
1.1 Realidad problemática.....	14
1.1.1 A nivel internacional.....	14
1.1.2 A nivel nacional .....	15
1.1.3 A nivel local .....	16
1.2 Antecedentes de Estudio.....	21
1.2.1 A nivel Internacional.....	21
1.2.2 A nivel Nacional .....	21
1.2.3 A nivel Local.....	22
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	23
1.3.1 Conceptos Iniciales .....	23
1.3.1.1 Componentes en la infraestructura del camino .....	23
1.3.1.2 Pavimento .....	25
1.3.1.2.1 Concepto .....	25
1.3.1.2.2 Tipos de pavimentos.....	25
1.3.1.3 Clasificación de caminos por tipo de superficie de rodadura.....	27
1.3.1.4 Pavimentos económicos (Soluciones básicas) .....	28
1.3.1.5 Tráfico de Vehículos .....	29
1.3.2 Alternativas tecnológicas de pavimentación .....	31
Catálogos de Estructuras .....	32
1.3.3 Tratamientos Superficiales.....	35
1.3.3.1 Clasificación por su momento de Aplicación .....	35
1.3.3.2 Tipos de Tratamientos Superficiales.....	37
1.3.3.2.1 Riego Antipolvo .....	37
1.3.3.2.2 Tratamiento Simple.....	39
1.3.3.2.3 Tratamiento Doble .....	41
1.3.3.3 Selección de Tratamientos Superficiales .....	43
1.3.3.3.1 Tratamientos Superficiales con Agregados.....	45
1.3.3.3.1.1 Tratamiento Superficial Simple.....	45
1.3.3.3.1.2 Tratamiento Superficial Multiple. ....	46

1.3.3.4	Diseño de Espesores.....	47
1.4	Formulación del problema .....	50
1.5	Justificación e importancia de la investigación.....	50
1.5.1	Justificación Tecnológica.....	50
1.5.2	Justificación Ambiental .....	50
1.5.3	Justificación Socioeconómica .....	50
1.6	Hipótesis.....	50
1.7	Objetivos. ....	51
1.7.1	Objetivo general .....	51
1.7.2	Objetivos específicos.....	51
<b>2.</b>	<b>MATERIAL Y METODO .....</b>	<b>53</b>
2.1	Tipo y diseño de la investigación .....	53
2.1.1	Tipo de investigación .....	53
2.2	Población y muestra .....	53
2.3	Variables .....	53
2.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, valides y confiabilidad.....	55
2.4.1	Técnicas de recolección de datos e información .....	55
2.4.2	Técnicas de Recolección de Datos .....	55
2.4.2.1	Para la variable Independiente .....	55
2.4.2.2	Para la variable dependiente .....	55
2.4.3	Técnicas de Instrumentos .....	55
2.4.3.1	Para la variable Independiente .....	55
2.4.3.2	Para la variable dependiente .....	55
2.4.4	Observación.....	55
2.5	Procedimiento de análisis de datos .....	56
2.5.1	Diagrama de Flujo de Procesos. ....	56
2.5.2	Recolección de Datos – Estudios Básicos.....	57
2.5.2.1	Topografía .....	57
2.5.2.2	Trafico .....	59
2.5.2.3	Mecánica de Suelos .....	59
2.5.3	Selección del tipo de Pavimento.....	61
2.5.4	Diseño del pavimento.....	61
2.5.4.1	Diseño de Espesores.....	61
2.5.4.2	Diseño del Tratamiento Bicapa .....	65
2.5.4.2.1	Por el Método McLeod.....	65



2.5.4.2.2	Por el Método Austroads .....	69
2.5.4.3	Comparaciones de los Diseños .....	72
2.6	Criterios Éticos .....	72
2.7	Criterios de rigor científico .....	72
<b>3.</b>	<b>Resultados .....</b>	<b>74</b>
3.1	Resultados de los Estudios Básicos .....	74
3.1.1	Estudio Topográfico.....	74
3.1.2	Estudio de Trafico.....	76
3.1.3	Estudio de Mecánica de Suelos.....	77
3.2	Resultados de la Selección de Pavimentos .....	78
3.3	Resultado del Diseño de Pavimentos .....	80
3.4	Análisis de Comparaciones .....	84
3.5	Discusión de Resultados .....	86
3.6	Aporte practico .....	90
<b>4.</b>	<b>Conclusiones y Recomendaciones .....</b>	<b>92</b>
4.1	Conclusiones .....	92
4.2	Recomendaciones.....	93
<b>5.</b>	<b>Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>94</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N° 1:	CARRETERAS CON IMDA IGUAL O MAYOR A 300 VEHÍCULOS .....	31
CUADRO N° 2:	CARRETERAS CON IMDA MENOR A 300 VEHÍCULOS .....	32
CUADRO N° 3:	NUMERO DE REPETICIONES ACUMULADAS DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TN., EN EL CARRIL DE DISEÑO. FUENTE: MTC, 2014 .....	32
CUADRO N° 4:	VALORES RECOMENDADOS DE ESPESORES MÍNIMOS DE CAPA SUPERFICIAL Y BASE GRANULAR. FUENTE: MTC, 2014.....	33
CUADRO N° 5:	LIMITACIONES DE TRÁNSITO Y GEOMETRÍA VIAL PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISTINTOS TIPOS DE CAPA SUPERFICIAL. FUENTE: MTC, 2014.....	34
CUADRO N° 6:	PERIODO DE VIDA ÚTIL PARA ALGUNOS DE LOS SELLOS O TRATAMIENTOS DE SUPERFICIE. FUENTE: SADC, 2003. ....	43
CUADRO N° 7:	IDONEIDAD DE VARIAS SUPERFICIES PARA SU USO EN CARRETERAS SELLADAS DE BAJO VOLUMEN. FUENTE: SADC, 2003.....	44
CUADRO N° 8:	CANTIDADES APROXIMADAS DE MATERIALES PARA TRATAMIENTOS SUPERFICIALES SIMPLE TS. FUENTE: MTC, 2013. ....	45
CUADRO N° 9:	CANTIDADES APROXIMADAS DE MATERIALES PARA TRATAMIENTOS SUPERFICIALES DOBLES TM. FUENTE: MTC, 2013 .....	46
CUADRO N° 10:	CANTIDADES APROXIMADAS DE MATERIALES PARA TRATAMIENTOS SUPERFICIALES TRIPE TM. FUENTE: MTC, 2013.....	46

CUADRO Nº 11: RANGOS DE CLASIFICACIÓN DEL TIPO DE TRÁFICO SEGÚN LAS GUÍAS DE DISEÑO PERUANAS VIGENTES. FUENTE: MTC, 2008 Y FUENTE: MTC, 2014. ....	47
CUADRO Nº 12: CLASIFICACIÓN DE LA SUBRASANTE SEGÚN LAS GUÍAS DE DISEÑO VIGENTES. FUENTE: MTC, 2008 Y FUENTE: MTC, 2014. ....	47
CUADRO Nº 13: CATÁLOGO DE ESTRUCTURAS TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA (TSB) PERIODO DE DISEÑO 10 AÑOS FUENTE: MTC, 2008. ....	48
CUADRO Nº 14: DIFERENTES TIPOS DE ESTRUCTURAS PARA TRATAMIENTOS SUPERFICIALES BICAPA (TSB) EN UN PERIODO DE DISEÑO 10 AÑOS. FUENTE: MTC, 2014. ....	49
CUADRO Nº 15: VARIABLES INDEPENDIENTES (CAUSA) .....	54
CUADRO Nº 16: VARIABLES DEPENDIENTES (EFECTO) .....	54
CUADRO Nº 17: PASO PEATONAL SAN CLEMENTE .....	57
CUADRO Nº 18: UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL AFORO VEHICULAR .....	59
CUADRO Nº 19: TRABAJOS DE LABORATORIO .....	60
CUADRO Nº 20: RANGOS DE CLASIFICACIÓN DEL TIPO DE TRAFICO SEGÚN LAS GUÍAS DE DISEÑO PERUANAS VIGENTES. FUENTE: MTC, 2008 Y FUENTE: MTC, 2014. ....	62
CUADRO Nº 21: CLASIFICACIÓN DE LA SUBRASANTE SEGÚN LAS GUÍAS DE DISEÑO PERUANAS VIGENTES. FUENTE: MTC, 2008 Y FUENTE: MTC, 2014. ....	62
CUADRO Nº 22: CATÁLOGO DE ESTRUCTURAS TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA (TSB) PERIODO DE DISEÑO 10 AÑOS FUENTE: MTC, 2008. ....	63
CUADRO Nº 23: DIFERENTES TIPOS DE ESTRUCTURAS PARA TRATAMIENTOS SUPERFICIALES BICAPA (TSB) EN UN PERIODO DE DISEÑO 10 AÑOS FUENTE: MTC, 2014. ....	64
CUADRO Nº 24: JUEGO DE TAMICES PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO .....	65
CUADRO Nº 25: GRAVEDAD ESPECIFICA POR TIPO DE AGREGADO (JANIS AND GAILARD, 1998). ....	66
CUADRO Nº 26: VALORES TÍPICOS DE ABSORCIÓN POR TIPO DE AGREGADO (JANIS AND GAILARD, 1998) .....	67
CUADRO Nº 27: FACTOR DE TRÁFICO (T) .....	67
CUADRO Nº 28: FACTOR DE PERDIDA DE AGREGADOS .....	67
CUADRO Nº 29: FACTOR DE CORRECCIÓN POR SUPERFICIE (S) .....	68
CUADRO Nº 30: TRAFICO DE DISEÑO DE CALZADA SIMPLE .....	69
CUADRO Nº 31: TRAFICO DE DISEÑO DE CALZADA DOBLE .....	69
CUADRO Nº 32: DOSIFICACIÓN DE ÁRIDOS POR CADA TIPO DE RIEGO O CAPA .....	70
CUADRO Nº 33: CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE DISEÑO .....	75
CUADRO Nº 34: ESTUDIO DE TRÁFICO .....	76
CUADRO Nº 35: ENSAYOS DE LABORATORIO PARA LA SUBRASANTE .....	77
CUADRO Nº 36: ENSAYOS DE LABORATORIO PARA LA SUBRASANTE - CBR .....	77
CUADRO Nº 37: PARÁMETROS DE DISEÑO .....	78
CUADRO Nº 38: VALORES RECOMENDADOS DE ESPESORES MÍNIMOS DE CAPA SUPERFICIAL Y BASE GRANULAR. FUENTE: MTC, 2014 (EN BASE A LA GUÍA AASHTO 93) .....	78
CUADRO Nº 39: LIMITACIONES DE TRÁNSITO Y GEOMETRÍA VIAL PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISTINTOS TIPOS DE CAPA SUPERFICIAL. FUENTE: MTC, 2014. ....	79
CUADRO Nº 40: TIPOS DE SELLADO. FUENTE: SADC, 2003. ....	79
CUADRO Nº 41: METODO RACIONAL (DOSIFICACIÓN AUSTROADS) .....	83
CUADRO Nº 42: DOSIFICACIÓN DE LIGANTE BITUMINOSO Y DE AGREGADOS PÉTREOS .....	84
CUADRO Nº 43: PARÁMETROS DE USO SEGÚN LA METODOLOGÍA A EMPLEAR .....	85
CUADRO Nº 44: LIMITACIONES DE TRÁNSITO Y GEOMETRÍA VIAL PARA LA APLICACIÓN DE LOS DISTINTOS TIPOS DE CAPA SUPERFICIAL. FUENTE: MTC, 2014. ....	86

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 : VISTA SATELITAL DEL DISTRITO SAN CLEMENTE .....	17
ILUSTRACIÓN 2: PROYECCIÓN DEL PASO A DESNIVEL SAN CLEMENTE – VISTA LATERAL .....	18
ILUSTRACIÓN 3: CALLE CIRO ALEGRÍA - VISTA DESDE LA AUTOPISTA.....	18
ILUSTRACIÓN 4: VISITA LATERAL.....	19
ILUSTRACIÓN 5: ACCESO PARA CRUZAR LA AUTOPISTA – AUTOS, MOTOS.....	19
ILUSTRACIÓN 6: VISTA LATERAL.....	20
ILUSTRACIÓN 7: COMPONENTES DE LA VÍA.....	23
ILUSTRACIÓN 8: ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE .....	26
ILUSTRACIÓN 9: PARTES DE UN PAVIMENTO RÍGIDO .....	26
ILUSTRACIÓN 10: OBJETIVO DE LOS TRATAMIENTOS SUPERFICIALES. FUENTE: TRATAMIENTOS SUPERFICIALES DE ALTO DESEMPEÑO, 2019. ....	35
ILUSTRACIÓN 11: CLASIFICACIÓN POR SU MOMENTO DE APLICACIÓN. FUENTE: TRATAMIENTOS SUPERFICIALES DE ALTO DESEMPEÑO, 2019. ....	36
ILUSTRACIÓN 12: RIEGO ANTIPOLVO.....	37
ILUSTRACIÓN 13: EXPECTATIVA DE VIDA EN SERVICIO (ESTIMACIÓN PROPIA). FUENTE: TRATAMIENTOS SUPERFICIALES DE ALTO DESEMPEÑO, 2019. ....	38
ILUSTRACIÓN 14: TRATAMIENTO SIMPLE .....	39
ILUSTRACIÓN 15: EXPECTATIVA DE VIDA EN SERVICIO (TOMADO DEL TRH3, SUDÁFRICA).....	40
ILUSTRACIÓN 16: TRATAMIENTO DOBLE .....	41
ILUSTRACIÓN 17: EXPECTATIVA DE VIDA EN SERVICIO (TOMADO DEL TRH3, SUDÁFRICA).....	42
ILUSTRACIÓN 18: DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	53
ILUSTRACIÓN 19: DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS.....	56
ILUSTRACIÓN 20: UBICACIÓN DE PUNTOS TOPOGRÁFICOS.....	57
ILUSTRACIÓN 21: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	58
ILUSTRACIÓN 22: EXCAVACIÓN DE CALICATAS.....	60
ILUSTRACIÓN 23: DETALLE DE LA ALTURA PROMEDIO Y LA ALTURA EMBEBIDA DEL AGREGADO EN EL ASFALTO .....	65
ILUSTRACIÓN 24: CÁLCULO LA DOSIFICACIÓN DE LIGANTES. FUENTE: TRATAMIENTOS SUPERFICIALES DE ALTO DESEMPEÑO, 2019. ....	71
ILUSTRACIÓN 25: PLANO TOPOGRÁFICO DEL PROYECTO .....	74
ILUSTRACIÓN 26: SECCIÓN TÍPICA DEL PASO PEATONAL INFERIOR PROYECTADO.....	75
ILUSTRACIÓN 27: CARACTERÍSTICAS IDEALES Y ERRÓNEAS QUE SUELE TENER UNA BASE ANTES DE RECIBIR UN TRATAMIENTO SUPERFICIAL. FUENTE: TRATAMIENTOS SUPERFICIALES DE ALTO DESEMPEÑO, 2019. ....	90
ILUSTRACIÓN 28: EVALUACION DE LA DUREZA DE LA SUPERFICIE .....	91

## ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1: MENOR DIMENSIÓN PROMEDIO ALD .....	66
ECUACIÓN 2: CANTIDAD DE VACÍOS EN EL AGREGADO SUELTO .....	66
ECUACIÓN 3: CANTIDAD DE AGREGADO .....	68
ECUACIÓN 4: CANTIDAD DE ASFALTO.....	68
ECUACIÓN 5: TRAFICO DE DISEÑO .....	69

## ÍNDICE DE ANEXOS

1. DISEÑO DE EJES EQUIVALENTES.....	98
2. REGISTRO, ENSAYOS DE LA SUBRASANTE .....	101
2.1. REGISTRO CALICATAS DE LA SUBRASANTE.....	102
2.2. ENSAYOS DE LA CALICATAS DE LA SUBRASANTE .....	105
3. ENSAYOS DE CANTERAS.....	125
3.1. ENSAYOS DEL AGREGADO PARA EL TRATAMIENTO SUPERFICIAL.....	126
3.2. RESUMEN DE ENSAYOS DE LA SUB BASE Y BASE.....	133
4. DISEÑO DE ESPESORES – METODO AASHTO... ..	138
5. DISEÑO POR METODOS PARA EL TRATAMIENTO SUPERFICIAL.....	140
5.1. DISEÑO POR EL METODO MacLEOD.....	141
5.2. DISEÑO POR EL METODO AUSTROADS .....	147
6. VARIOS – DIMENSIONES VEHICULARES .....	155

# **CAPÍTULO I: INTRODUCCION**

# 1. INTRODUCCIÓN.

## 1.1 Realidad problemática.

### 1.1.1 A nivel internacional.

#### **NORUEGA**

Al inicio de la década de los 60's, se crea el Otta Seal producto de la necesidad de colocar un pavimento económico pero a la vez que sea resistente a sus épocas de primavera durante los deshielos ya que se volvían intransitables que a la vez debería resistir deflexiones relativamente enormes. (Silva, 2017)

#### **COSTA RICA**

Los 71 kilómetros de los 106 totales son pavimentos de afirmados. Es así que el municipio de Silver Creek que se ubica en el condado de Wright en Minnesota con la misión de disminuir sus costos de mantenimiento e irregularidades, el constante polvo y barro que son productos de estos afirmados, la junta municipal halló la necesidad de encontrar una alternativa económica para asfaltar estas vías por su presupuesto ajustado, ya que no le permitía ejecutar pavimentos rígidos y en caliente. Es así que la municipalidad buscó mejoras para su red vial escogiendo que superficie cumpla con los requerimientos sobre la plataforma granular existente. (LanammeUCR, 2017)

#### **MEXICO**

“Los puentes peatonales no son la buena solución, son terribles, se debería de desaparecerlos y ejecutar estructuras más seguras para cruzar. Los automóviles son máquinas pueden detenerse si gastar energía. ¿Por qué nosotros debemos de usar nuestra energía que es cinco veces más que los autos? Además somos nosotros los que no contaminamos el medio ambiente, cuidando mi salud al caminar.

Entonces ¿Por qué nosotros deberíamos pagar el precio de subir a elevadas estructuras? Caso contrario que los autos hagan lo que no debemos hacer nosotros. Una solución muy sencilla y no lejana es enseñarles a los que conducen esas máquinas a detenerse y permitan que las crucen sin gastar más energía, cruzando al nivel". (David Sim, 2015).

## **COLOMBIA**

La falta de eficiencia de las vías de estar intercomunicadas con las municipalidades, atrae secuelas negativas en la producción y competencias en la región. Es así que se ve la muy elevada congestión por estas vías, ya sea por pasos restringidos, el mal estado de las vías aumentan el tiempo del viajero y lógicamente un costo adicional a la economía de los bolsillos por sus gastos de operación.

Tales déficit afectan el traslado de las personas, ya sea mediante una emergencia al hospital, estudios y los productos que se sobrevaloran de la región.

Es por tal motivo que las poblaciones aledañas cuenten con una vía de comunicación para mejorar su calidad de vida y genere menores costos al usuario y mejoras económicas en sus productos, servicios de salud y educación.

. (Proyectos Tipo, 2016).

### **1.1.2 A nivel nacional**

Actualmente el puerto Chinchipe, al lado izquierda del río del mismo nombre, es el punto de conexión de los poblados de San José de Lourdes y las Provincias de San Ignacio y Jaén de la región de Cajamarca. Los productores de la margen izquierda del Río Chichipe trasladan sus productos agrícolas como café, arroz, cacao, frijoles, yuca y frutales en balsas existentes en la zona y en la que los propietarios cobran precios elevados, el traslado no es oportuno y

por el cual se producen pérdidas económicas al producto rural y por último se ven obligados a arriesgar sus vidas y cruzar a pie por el río para llegar de un extremo a otro. (Revista Constructivo, 2020).

### **1.1.3 A nivel local**

Los grandes proyectos de infraestructura incrementan el desarrollo de una ciudad o población aumentando su calidad de vida de los que lo incorporan, pero a la vez también pueden generar un cambio social, cultural o financiero de los habitantes.

Incluso una vez terminados, los proyectos pueden generar vacíos a tal punto que no satisfagan las necesidades o la calidad de vida de los que están dentro o en su campo de acción de estas grandes estructuras.

Dichos cambios o proyectos de infraestructura generen proyectos a menor escala y la necesidad de las mismas hacen que sean tomados con pinza para que el proyecto en conjunto no sea un fracaso.

El uso de Pasos peatonal como para vehículos menores es fundamental para la seguridad de todas las personas, actualmente la población aledaña donde se proyectará el Paso Peatonal en la Prog. 85+290 en el poblado de San Clemente que cruza impetivamente la actual autopista generando un peligro para el peatón.

Los peatones, ciclistas, motociclistas son los conjuntos más vulnerables que sufren el mayor casos de accidentes en el Perú y a los largo del resto de la tierra.

Por eso, es importante la proyección del Paso Peatonal inferior y la articulación de los accesos entre el paso peatonal y el paso vehicular existente en esta zona ya que va ser el único medio seguro para cruzar la autopista y se puedan evitar tragedias que lamentar por una mala decisión.

Es así en la construcción de la doble calzada desde el ingreso a Chincha Alta, hasta San Andrés, obras que corresponden a la



Segunda Etapa de la Concesión, principalmente en el área de estudio del Centro Poblado San Clemente se observa que no existe un paso a desnivel peatonal o de tráfico ligero proyectado en el tramo.

Este Paso a Desnivel está localizada en el distrito de San Clemente, perteneciente a la provincia de Chiclayo del departamento de Ica, Perú.

**Norte:** Con el distrito de Chíncha.

**Este:** Con el Océano Pacífico.

**Sur:** Con el Distrito de Túpac Amaru y Pisco.

**Oeste:** Con el Distrito de Independencia.

**Altitud:** 52 m.s.n.m.



**Ilustración 1 : Vista satelital del Distrito San Clemente**  
**Fuente:** Google Earth



**Ilustración 2: Proyección del Paso a Desnivel San Clemente – vista lateral.**



**Ilustración 3: Calle Ciro Alegría - vista desde la Autopista.**



**Ilustración 4: Visita Lateral.**



**Ilustración 5: Acceso para cruzar la autopista – Autos, motos.**



**Ilustración 6: Vista Lateral.**

## **1.2 Antecedentes de Estudio.**

### **1.2.1 A nivel Internacional**

(Ignacio Kroger-Santiago Kroger, 2019) Redactaron un libro informativo “Tratamientos Superficiales de Alto Rendimiento” en la cual apunta a cumplir con los más altos niveles de exigencia, cumplir con las mejoras estándares de buenas prácticas en el mundo ya que compila información técnica de los tratamientos bituminosos superficiales en el mundo y resumir toda esa información en un manual claro y de fácil lectura. Este manual es un recurso no solo para los que actualmente están en formación sino también será como una guía valiosa para cualquier profesional del rubro, comprometidos con el mejoramiento y conservación vial.

### **1.2.2 A nivel Nacional**

PEQUEÑO, Daniel Andrés. En su trabajo de investigación titulado: Comparación de Costos y Tecnología de Mantenimiento utilizando Slurry Seal y Mantenimiento Convencional en un Pavimento Flexible. (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte. Cajamarca. 2015. Llegó a las siguientes conclusiones: - Comparando entre costos y tecnología se constató que el mantenerla vía con Slurry Seal brinda mejores ventajas económicas y tecnológicas que el mantenimiento habitual sobre el pavimento flexible. – El tratarlo con Slurry Seal genera mejor mantenimiento aplicado sobre los pavimentos, al no ser estructural el mantenimiento preserva de los agentes externos al pavimento, su modo de aplicación de espesor de un centímetro con tecnología de equipos le da un mayor tiempo de vida útil de unos cuatro años. - Su mantenimiento habitual bicapa es un procedimiento de mantenimiento de carreteras de mayor costo económico que mantenerlo con Slurry Seal, ya que económicamente hablando el m<sup>2</sup> del mantenimiento habitual es de 9.00 soles el m<sup>2</sup> en cambio mantenerlo con Slurry Seal son 4.26 soles el m<sup>2</sup>. - Por otro lado, se puede decir que es adecuado realizar a temprana edad un

mantenimiento con Slurry Seal al pavimento, para que tanto este como el pavimento sean cuidados, porque cuando se seca el mortero brinda un relieve llano y uniforme el cual nos da en los neumáticos un mejor deslizamiento.

En la tesis titulado: Diseño de la carretera Lucma - Alto Tambillo con tratamiento superficial bicapa, distrito de Lucma, Gran Chimú – La Libertad. (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo. La Libertad. 2019. Para el cálculo del diseño del pavimento flexible, para seleccionar el tipo de tráfico expresado en EE, la categoría de la sub rasante, los espesores del pavimento de acuerdo a su CBR y Modulo de resiliencia toma como referencia el capítulo XII del MTC-2014. Así mismo hace referencia y recomienda cumplir con los requisitos mínimos de las secciones 402 y 403 de las EG-2013 generales como también del manual de DG- 2018 del MTC. (Vásquez - Villegas, 2019).

### **1.2.3 A nivel Local**

(Morante - Jibaja, 2019). En la tesis titulada: Pavimento Flexible con Tratamiento Superficial para Aeródromo de Tráfico Ligero. (Tesis de pregrado). Universidad de Piura. Piura. 2019. En su capítulo 4 se presentan métodos para Tratamientos Bituminosos que mayormente se emplean, cuya finalidad es la determinación de dosificar los agregado pétreo y ligantes bituminoso.

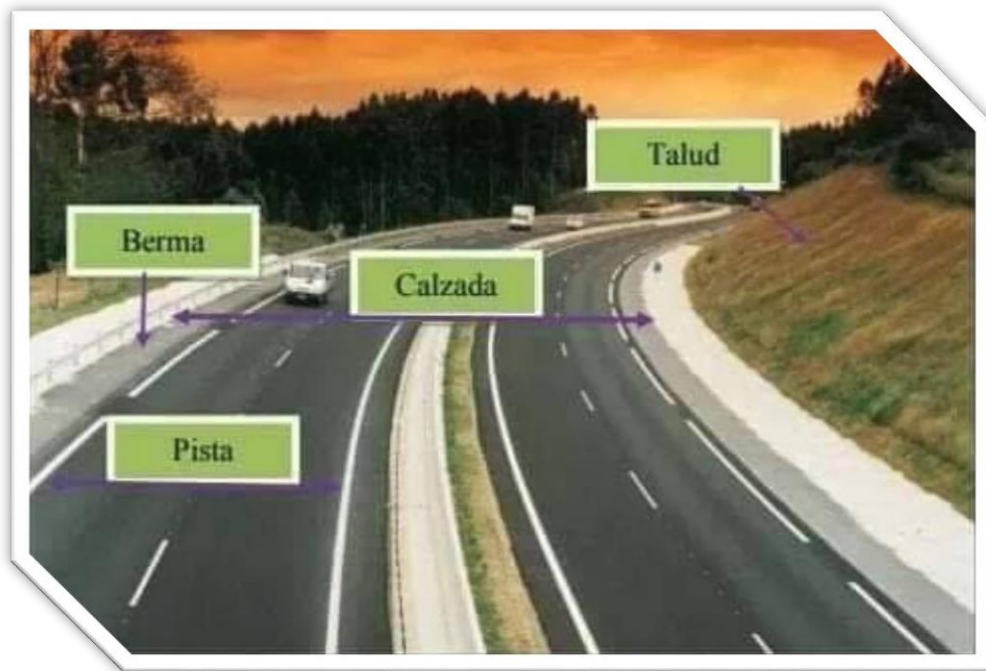
(Quenaya - Tarrillo, 2019). En la tesis titulada: Diseño de infraestructura vial para accesibilidad del tramo Capote Km 0+000 al C.P.R. Pancal Km 7+000, Picsi, Lambayeque. 2018. (Tesis de pregrado). Universidad Señor de Sipán. Pimentel. 2019. En su capítulo 2 – 2.5.2; presentan los procesos de toma de datos que seguiré para sustentar la información de mis variables independientes.

## 1.3 Teorías relacionadas al tema

### 1.3.1 Conceptos Iniciales

#### 1.3.1.1 Componentes en la infraestructura del camino

Trataremos los conceptos más primordiales.



**Ilustración 7: Componentes de la Vía**

#### **Explanación**

Son los coretes y rellenos que se realizan con los movimientos de tierras para llegar al nivel de sub-rasante.

#### **Terraplén**

Es el relleno donde va ir apoyada la estructura de pavimento.

#### **Corte**

Es la parte que tenemos que descontar para darle forma a la explanación y llegar a la subrasante.

**Rasante del camino**

Nivel final de la estructura del pavimento.

**Subrasante del camino**

Nivel donde se apoyará la estructura del pavimento.

**Berma**

Parte longitudinal del carril y paralela con el borde de la superficie superior de la carretera, confinando a la capa de rodadura, se usa como paradas de estacionamiento de emergencias de los vehículos.

**Carril**

Lugar donde puede circular solo una fila de vehículos.

**Calzada**

Parte de la carretera conformada por una o varios carriles.

**Superficie de rodadura**

Parte superior de la estructura del pavimento sin considerar las bermas.

**Cuneta**

Estructuras lateralmente que trabajan a cielo abierto que sirven para la circulación superficiales que provienen de la superficie, taludes, etc, a lo largo de la carretera, cuyo fin es de cuidar la estructura del pavimento.

**Base**

Parte de la estructura del pavimento de material granular, o de mezcla asfáltica o con tratamiento, triturado que va colocado entre la superficie de rodadura o una sub-base o rasante.

**Sub-base**

Capa inferior a la base y forma parte de la estructura del pavimento.



## **Pavimento**

Se apoya sobre la subrasante de la vía, su función es la de mejorar las condiciones de la vía distribuyendo las cargas y esfuerzos del vehículo dándole un confort al usuario.

## **Afirmado**

Material granularmente procesado, compactado para soportar las cargas vehiculares y posee un ligante fino entre sus partículas que funcionan cohesivamente para mantenerlas estables. Además sirve como superficie de rodado principal para vías de bajo volumen de tránsito no pavimentadas.

### **1.3.1.2 Pavimento**

#### **1.3.1.2.1 Concepto**

El pavimento es una estructura civil que tiene la función de permitir el tránsito vehicular desde liviano hasta pesados para cumplir una actividad o función.

**Capa de rodadura:** Puede ser flexible o de concreto.

**Base:** Debajo de la capa de rodadura y debe presentar un CBR superior a 80% y puede ser tratada.

**Sub-base:** Controla la capilaridad de la estructura y debe presentar un CBR superior a 40% y puede ser tratada.

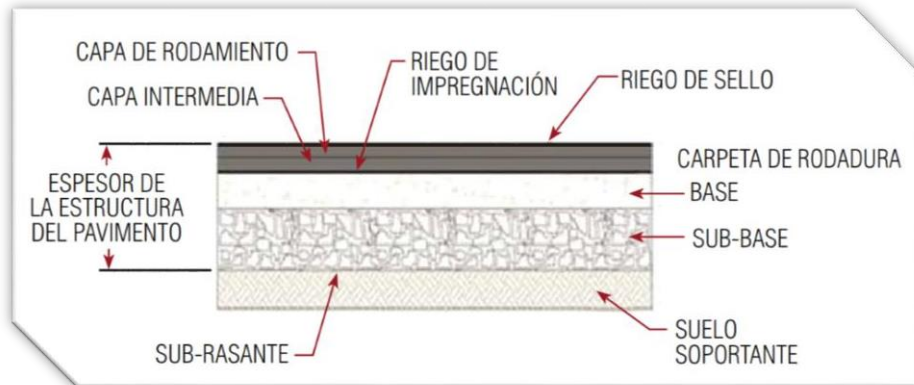
#### **1.3.1.2.2 Tipos de pavimentos**

Los tipos de pavimento son los siguientes:

- ✓ Pavimentos flexibles.
- ✓ Pavimentos semirrígidos.
- ✓ Pavimentos rígidos.

### El pavimento flexible

Está conformada de capas granulares más una capa bituminosa, en algunos casos con aditivos. Las capas de rodadura más comunes son de mortero asfáltico, tratamientos superficiales en una o más capas, micro pavimentos, MAC, o mezclas en frío.



**Ilustración 8: Estructura de un pavimento flexible**

### El pavimento semirrígido

Constituidas generalmente por capas de asfalto y bitúmenes sobre bases tratadas, pueden ser también los adoquinados.

### El pavimento rígido

Conformadas en capas de Base o Sub Base, granularmente o estabilizadas, debajo de una losa de hormigón. Dentro de los pavimentos rígidos existen tres categorías:



**Ilustración 9: Partes de un pavimento rígido**

### **1.3.1.3 Clasificación de caminos por tipo de superficie de rodadura**

Según el MTC-2014 se define los siguientes tipos: no pavimentado y pavimentado.

- a) **Caminos con superficie de rodadura no pavimentada.** Este grupo de caminos está conformado por:

#### **Caminos de tierra**

Suelo naturales + grava de selección zarandeadas.

#### **Caminos Latrados (grava)**

Revestidos con materiales naturales (pétreo) mayores a 75 mm.

#### **Afirmados**

Material de fuentes de cantera dosificados mecánicamente en tres tipo de materiales que pueden ser piedra + arena + arcillas con tamaños máximos de 25 mm.

#### **Afirmados con superficie de rodadura estabilizada con materiales industriales.**

Materiales con grava modificadas con asfalto + cemento o cal + aditivos químicamente controlados.

Suelos compuestos estabilizados con materiales granulares + finos para su liga + asfaltos + cal + más otros aditivos.

- b) **Caminos pavimentados**

Son los que se encuentran conformados por una superficie de rodadura del tipo:

#### **Pavimentos flexibles**

Conformado por una superficie de rodado bituminosa en frío como tratamiento superficial bicapa, lechada asfáltica o mortero asfáltico,

micropavimento en frío, macadam asfáltico, carpetas de mezclas asfálticas en frío, etc. y capas granulares (sub-base y base drenante).

Compuestos por capas granulares (sub-base y base drenante) y una capa de rodadura bituminosa de mezcla asfáltica en caliente de espesor variable, y capas granulares (sub-base y base drenante).

### **Pavimentos semirrígidos**

Conformado por una superficie de rodado de MAC; también se considera como pavimento semirrígido, la estructura compuesta por carpeta asfáltica en caliente sobre base tratada con cemento o base tratada con cal. Dentro del tipo de pavimento semirrígido se ha incluido, también, los pavimentos adoquinados.

### **Pavimentos rígidos**

Compuesto por una losa de hormigón y una base o sub-base granular.

#### **1.3.1.4 Pavimentos económicos (Soluciones básicas)**

También llamados Soluciones Básicas, no existe una normativa de definición pero se entienden por estar compuesto por estabilizados en sus suelos, bitúmenes recubiertos y otros. Para prestar un mejor servicio de vida útil.

Entre los más destacados tenemos:

#### ***Afirmados estabilizados s/recubrimiento***

Con suelos estabilizados con químicos en la cual se colocan un recubrimiento bituminoso.

#### ***Afirmados estabilizados c/recubrimiento***

Son suelos granulares con base estabilizada sobre la cual se coloca encima de ellas un TSM, TSB, Slurry, Micro o Mezclas frías, etc.

### ***Caminos con soluciones básicas pavimentadas***

Conformados por capas granulares, base estabilizada y con una superficie de rodadura bituminosa en frío como: TSM, Slurry, micropavimento en frío, carpetas de mezclas asfálticas en frío, etc.

#### **1.3.1.5 Tráfico de Vehículos**

La demanda de automóviles mediante un estudio de tráfico es un dato muy necesario e importante para los ingenieros diseñadores de pavimentos, donde el diseñador aplicara hasta que limites crecerá dicha demanda que afecta directamente a la estructura de la vía.

Es por eso que dicho estudio nos proporciona el IMDA en cada tramo del proyecto en estudio. A medida de recomendación es muy importante que los TDR (términos referenciales) en los estudios nos brinden identificaciones de tramos homogéneos.

En el diseño el conteo o demanda de ómnibus o camiones representan la mayor importancia.

Según la AASHTO (American Association of State Hyghway and Transportation Officials, Washintong, D.C.) este valor es medible por EE (Ejes equivalentes).

Ya en nuestros manuales nacionales se miden y clasifican en función de esta medida y la clasifican de la siguiente manera:

#### **Autopistas de Primera Categoría**

Son las contabilizadas con IMDA superiores a 6000veh/día, separadas centralmente sus calzadas cuyo separador debe tener un ancho mínimo de 6.00m. Las calzadas deben tener mínimo 02 carriles a más de 3.60m en ancho como mínimo. No deben contener flujos continuamente de vehículos en pasos a nivel y deben estar provistas de puentes peatonales en sus zonas urbanizadas. Sus vías son pavimentadas.

### **Autopistas de Segunda Categoría.**

Son las contabilizadas con IMDA que están en un rango de 4001 veh/día a 6000veh/día, separadas centralmente sus calzadas cuyo separador debe tener un ancho mínimo de 6.00m. o superiores/iguales a 1.00m; o caso contrario se colocara un sistema de contención para vehículos. Las calzadas deben tener mínimo 02 carriles a más de 3.60m en ancho como mínimo. No deben contener flujos continuamente de vehículos y pueden estar provistas de puentes peatonales o pasos a nivel en sus zonas urbanizadas. Sus vías son pavimentadas.

### **Carreteras de primera clase**

Son las contabilizadas con IMDA que están en un rango de 4000 veh/día a 2001veh/día. La calzada debe tener 02 carriles de 3.60m en ancho como mínimo. Compuestas por pasos a nivel y puentes peatonales en sus zonas urbanas pero no necesariamente. Sus vías son pavimentadas.

### **Carreteras de Segunda Clase**

Son las contabilizadas con IMDA que están en un rango de 2000 veh/día a 400veh/día. La calzada debe tener 02 carriles de 3.60m en ancho como mínimo. Compuestas por pasos a nivel y puentes peatonales en sus zonas urbanas pero no necesariamente. Sus vías son pavimentadas.

### **Carreteras de tercera clase**

Son las contabilizadas con IMDA inferiores a 400 veh/día. La calzada debe tener 02 carriles de 3.00m en ancho como mínimo y en algunos casos de 2.50m siempre y cuando se sustenten.

Sus vías son pavimentadas con soluciones básicas o las comúnmente llamadas económicas con emulsiones asfálticas, micros, etc, También pueden ser afirmadas.

### **Trochas /carrozables**

Estas vías no llegan según sus características geométricas o no cumplen para ser una carretera. Tienen un IMDA inferior a los 200veh/día. Sus anchos pueden ser como mínimos de 4.00m. Compuestas por plazoletas equitativamente 500m.

### **1.3.2 Alternativas tecnológicas de pavimentación.**

Se muestran las siguientes recomendaciones entre las alternativas de tecnología:

#### **Cuadro N° 1: Carreteras con IMDA igual o mayor a 300 vehículos.**

**Fuente: DGIP-MEF, 2015.**

<b>Pavimento</b>	<b>Característica</b>	<b>IRI Promedio en Operaciones</b>
Flexible	Compuesto por capas granulares (sub-base y base drenante) y una capa de rodadura bituminosa de mezcla asfáltica en caliente de espesor variable según sea necesario.	3.5
Semirrígido	Conformados con capas asfálticas (base asfáltica y carpeta asfáltica en caliente); también se considera como pavimento semirrígido, la estructura compuesta por carpeta asfáltica en caliente sobre base tratada con cemento o base tratada con cal.	3.5
Rígido	Conformado por losa de concreto de cemento hidráulico y una sub-base granular para uniformizar las características de cimentación de la losa.	3.5

## Cuadro N° 2: Carreteras con IMDA menor a 300 vehículos

Fuente: DGIP-MEF, 2015.

Pavimento	Característica	IRI Promedio en Operaciones
Pavimento económico	Compuesto por capas granulares, con base estabilizada y una capa de rodadura bituminosa en frío como: tratamiento superficial bicapa, lechada asfáltica o mortero asfáltico, micropavimento en frío, macadam asfáltico, carpetas de mezclas asfálticas en frío, etc.).	4
Afirmado con protección	Afirmados tratados o suelos estabilizados con una capa de protección bituminosa (monocapa, lechada asfáltica, etc.).	5
Afirmado mejorado	Afirmados con grava tratada con materiales como: asfalto, cemento, cal, aditivos químicos y otros. Suelos naturales estabilizados con asfalto, cemento, cal, aditivos químicos y otros.	7
Afirmado	Constituidos por una capa de revestimiento con materiales de cantera, dosificados naturalmente o por medios mecánicos (zarandeo), con una dosificación especificada, compuesta por una combinación apropiada de tres tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla, siendo el tamaño máximo de 25 mm.	10

### Catálogos de Estructuras

El manual del MTC-2014, tiene una calificación para caminos de bajo volumen de tránsito, expresado en Ejes Equivalentes (EE).

### Cuadro N° 3: Numero de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2 tn., en el carril de diseño. Fuente: MTC, 2014

Tipos tráfico pesado expresado en EE	Rangos de tráfico pesado expresado en EE
$T_{P0}$	>75,000 EE ≤ 150,000 EE
$T_{P1}$	>150,000 EE ≤ 300,000 EE
$T_{P2}$	>300,000 EE ≤ 500,000 EE
$T_{P3}$	>500,000 EE ≤ 750,000 EE
$T_{P4}$	>750,000 EE ≤ 1'000,000 EE



Lo mismo que recomienda los siguientes tipos de capa superficial asfáltica, con un espesor de base granular de 150 mm como mínimo.

- ❖ Tratamiento Superficial Bicapa (TSB).
- ❖ Mortero asfáltico o lechada asfáltica (Slurry Seal): 12 mm.
- ❖ Micropavimento: 25 mm.
- ❖ Carpeta asfáltica en Frío: 50 mm.

**Cuadro Nº 4: Valores recomendados de espesores mínimos de capa superficial y base granular. Fuente: MTC, 2014.**

Tipo de caminos	Trafico	EE acumulados	Capa Superficial	Base granular	
Caminos de bajo volumen de transito	TP1	150,001	300,000	TSB o Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12 mm; micropavimento: 25 mm; Carpeta asfáltica en frio: 50 mm; Carpeta asfáltica en caliente: 50 mm;	150 mm
	TP2	300,001	500,000	TSB o Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12 mm; micropavimento: 25 mm; Carpeta asfáltica en frio: 60 mm; Carpeta asfáltica en caliente: 60 mm;	150 mm
	TP3	500,001	750,000	micropavimento: 25 mm; Carpeta asfáltica en frio: 60 mm; Carpeta asfáltica en caliente: 70 mm;	150 mm
	TP4	750,001	1,000,000	micropavimento: 25 mm; Carpeta asfáltica en frio: 70 mm; Carpeta asfáltica en caliente: 80 mm;	200 mm
Resto de caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	MAC: 80 mm	200 mm
	TP6	1,500,001	3,000,000	MAC: 90 mm	200 mm
	TP7	3,000,001	5,000,000	MAC: 90 mm	200 mm
	TP8	5,000,001	7,500,000	MAC: 100 mm	250 mm
	TP9	7,500,001	10'000,000	MAC: 110 mm	250 mm
	TP10	10'000,001	12'500,000	MAC: 120 mm	250 mm
	TP11	12'500,001	15'000,000	MAC: 130 mm	250 mm
	TP12	15'000,001	20'000,000	MAC: 140 mm	250 mm
	TP13	20'000,001	25'000,000	MAC: 150 mm	300 mm
TP14	25'000,001	30'000,000	MAC: 150 mm	300 mm	

A continuación se muestra la siguiente tabla en función de sus limitaciones de Transito y de su geometría según los diversos tipos de capa de rodadura.

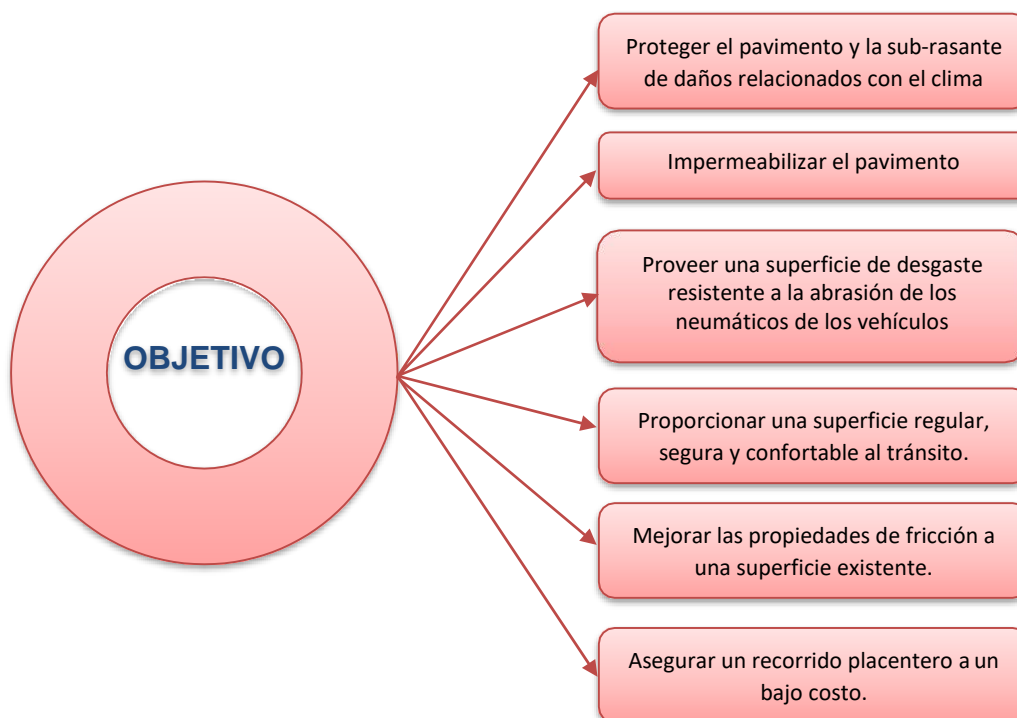
**Cuadro Nº 5: Limitaciones de tránsito y geometría vial para la aplicación de los distintos tipos de capa superficial. Fuente: MTC, 2014.**

Capa Superficial	Limitaciones de tránsito y geometría vial para la aplicación de los distintos tipos de capa superficial		
	Trafico en EE	Pendiente máxima	Curvatura horizontal
Carpeta asfáltica en caliente	Sin restricción	Sin restricción	Sin restricción
Carpeta asfáltica en frío, mezcla asfáltica con emulsión.	$\leq 1,000,000EE$	Sin restricción	Sin restricción
Micropavimento 25 mm	$\leq 1,000,000EE$	Sin restricción	Sin restricción
TSB	$\leq 500,000EE$	No aplica en tramos con $S > 8\%$	No aplica en tramos con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos.
Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12 mm	$\leq 500,000EE$	No aplica en tramos con $S > 8\%$	No aplica en tramos que obliguen al frenado de vehículos.

### 1.3.3 Tratamientos Superficiales

Consiste en la aplicación de una película continua de Emulsión Asfáltica, seguida por la distribución y compactación de una capa de áridos. La secuencia puede ser repetitiva varias veces generándose así los distintos tipos de tratamiento, desde monocapa hasta las múltiples (dobles, triples, etc.).

La función del tratamiento superficial es, entre otras cosas, la de proveer una superficie impermeable para proteger al pavimento del daño de los neumáticos y el clima, con una macrotextura que genere una superficie resistente al deslizamiento para que los usuarios circulen con seguridad en cualquier circunstancia. El éxito de cualquier tratamiento depende en gran medida de la calidad de la base subyacente, y debe ser aplicado sobre pavimentos que no han sufrido fallas estructurales.



**Ilustración 10: Objetivo de los tratamientos superficiales. Fuente: Tratamientos Superficiales de Alto Desempeño, 2019.**

#### 1.3.3.1 Clasificación por su momento de Aplicación.

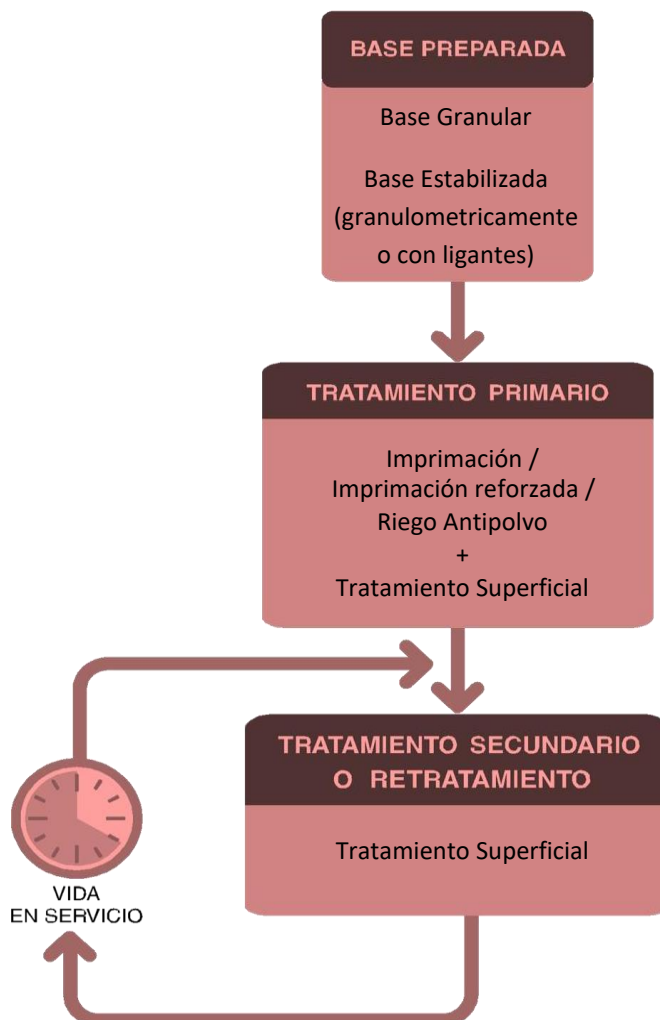
Una de las maneras como se categorizarán los tratamientos superficiales en este manual es según su momento de aplicación. Un típico ciclo de

vida de un pavimento que utilice tratamientos superficiales debería incluir un programa como se exhibe en la Figura 2.5:

**Tratamiento primario o inicial:** es la aplicación de una imprimación (común o reforzada) sobre una base preparada, seguido de un tratamiento superficial (como serán definidos en 1.3.3.2 Tipos de tratamientos superficiales)

**Tratamiento secundario:** se nombra de esta manera cuando el tratamiento superficial se aplica sobre un tratamiento inicial.

**Retratamiento:** En este caso el tratamiento superficial se aplica sobre cualquier superficie asfáltica, sea tratamiento bituminoso o carpeta.



**Ilustración 11: Clasificación por su momento de Aplicación. Fuente: Tratamientos Superficiales de Alto Desempeño, 2019.**

### 1.3.3.2 Tipos de Tratamientos Superficiales

#### 1.3.3.2.1 Riego Antipolvo

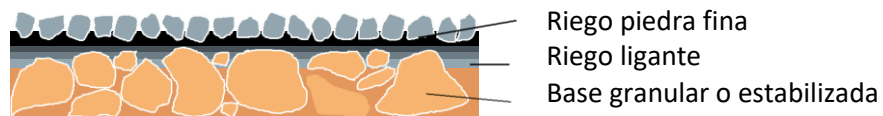
El riego antipolvo, o de curado, es la aplicación de emulsión seguido de una capa de piedra fina (2 - 6 mm) de modo que se permita liberar la circulación de vehículos protegiendo transitoriamente la base de la pérdida de sus partículas finas.

Eventualmente si el nivel de polvo es elevado, se puede aplicar en dos tandas separadas en el tiempo para permitir una buena absorción del ligante en la base.

#### **Cuando usar:**

Cuando se quiera aplacar el polvo y/o proteger una superficie a bajo costo o de forma temporal.

Adecuado para volúmenes de tránsito muy bajos.



#### **Ilustración 12: Riego Antipolvo.**

**Fuente: Tratamientos Superficiales de Alto Desempeño, 2019.**

#### **Ventajas:**

Bajo costo.

Otorga buena impermeabilización.

Controla el polvo por mayor tiempo que otras técnicas.

Fácil de construir.

Elevada velocidad de ejecución.

#### **Limitaciones:**

La piedra suelta puede ser riesgosa sobre rutas con pendiente o curvas pronunciadas.

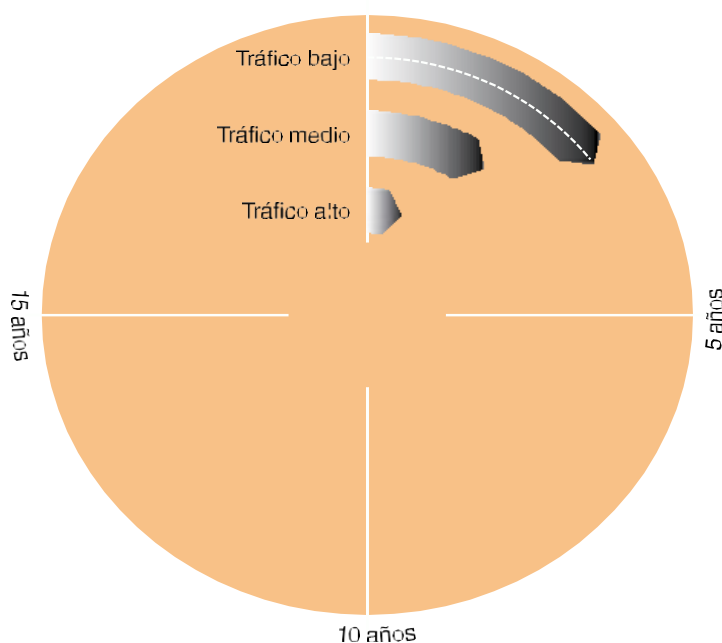
Poca durabilidad

**Resumen:**

Es una técnica que además de evitar la desintegración de la superficie por separación y pérdida de sus partículas finas, promueve la adhesión y la trabazón con el tratamiento posterior.

Es una superficie provisoria de desgaste que protege la base y permite un recorrido agradable sin presencia de polvo.

Es la solución más económica para situaciones donde el tráfico no es exigente



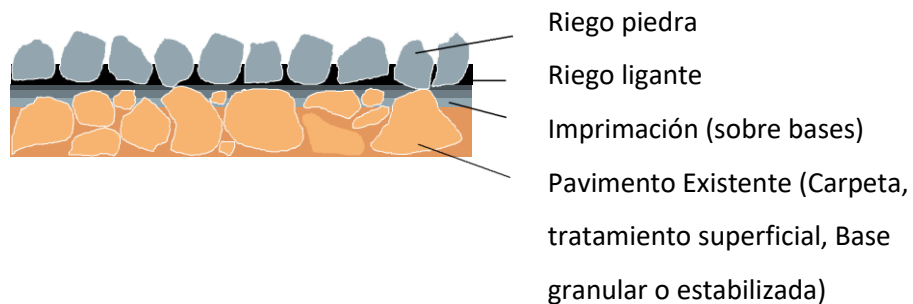
**Ilustración 13: Expectativa de vida en servicio (Estimación propia).  
Fuente: Tratamientos Superficiales de Alto Desempeño, 2019.**

### 1.3.3.2.2 Tratamiento Simple

El tratamiento simple consiste en un solo riego de ligante asáltico, seguido por un riego de piedra sobre superficies ya pavimentadas o sobre bases imprimadas. También puede aplicarse sobre bases estabilizadas con un riego de curado (o antipolvo).

#### Cuando usar:

- ✓ En situaciones donde los esfuerzos tangenciales del tráfico no son elevados.
- ✓ Adecuado para volúmenes de tránsito desde bajos a medios.
- ✓ Sobre bases cementadas ya que permite el resellado de las fisuras de retracción en verano.



#### Ilustración 14: Tratamiento Simple.

Fuente: Tratamientos Superficiales de Alto Desempeño, 2019.

#### Ventajas:

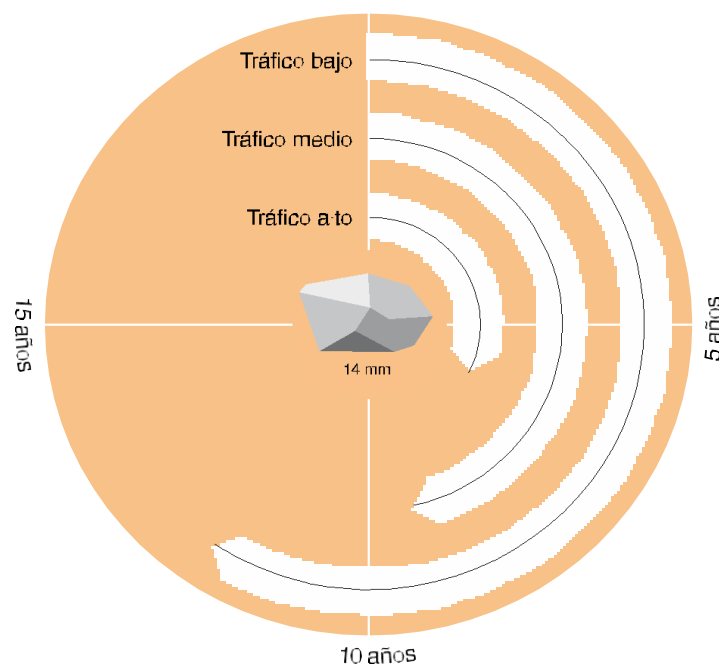
- ✓ Bajo costo.
- ✓ Otorga buena impermeabilización.
- ✓ Provee buena macrotextura.
- ✓ Fácil de construir.
- ✓ Elevada velocidad de ejecución.
- ✓ Puede desempeñarse bien en la mayoría de las situaciones.
- ✓ Elevada velocidad de ejecución.

### Limitaciones:

- ✓ Resistencia limitada en intersecciones pendientes o curvas pronunciadas.
- ✓ El uso de áridos muy gruesos puede dar una superficie muy ruidosa.
- ✓ No pueden ser aplicados como tratamientos iniciales sobre bases granulares con tráficos altos.

### Resumen:

- ✓ Es un tratamiento sencillo y rápido de construir.
- ✓ Es una solución económica para situaciones donde el tráfico no es exigente.
- ✓ Es un tratamiento óptimo para los tráficos siempre y cuando se prevea la aplicación de otro riego simple con el correr de los años.



**Ilustración 15: Expectativa de vida en servicio (Tomado del TRH3, Sudafrica)**



### 1.3.3.2.3 Tratamiento Doble

Este es un gravillado con dos aplicaciones de ligante asfáltico y dos aplicaciones de piedra de distinto tamaño. Habitualmente son llamados Riego A y Riego B y son aplicados uno sobre otro con poco tiempo de demora entre ellos.

#### Riego A:

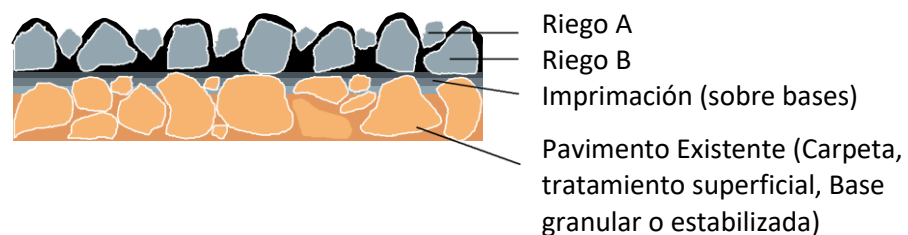
Es la aplicación de riego asfáltico seguido inmediatamente por el esparcido de piedra de mayor tamaño.

#### Riego B:

Es una segunda aplicación de ligante, seguido de la piedra de menor tamaño.

#### Cuando usar:

- ✓ Adecuado para volúmenes de tránsito desde muy bajos a altos.
- ✓ En situaciones de esfuerzos de tráfico elevados.
- ✓ Cuando se debe mejorar la retención de la piedra y la impermeabilización de la calzada.
- ✓ Cuando se quiere lograr una macrotextura más “cerrada”.



#### Ilustración 16: Tratamiento Doble.

Fuente: Tratamientos Superficiales de Alto Desempeño, 2019.

#### Ventajas:

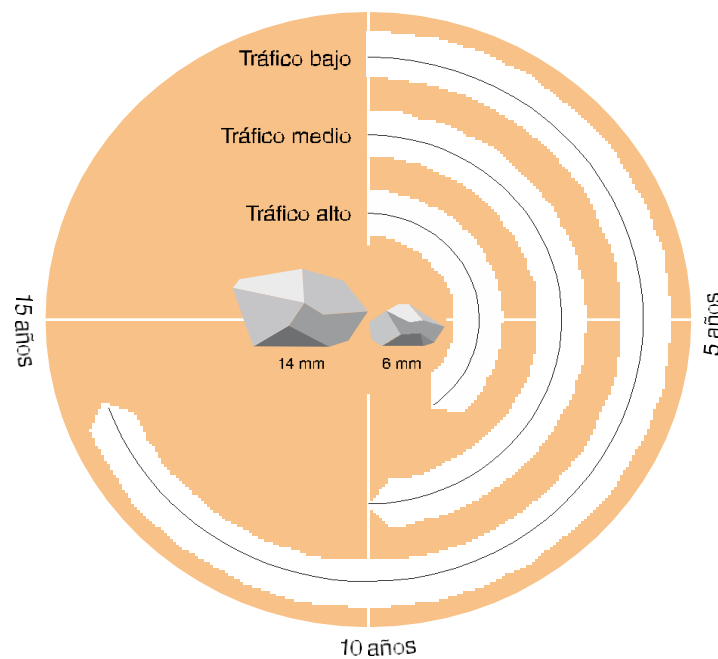
- ✓ Capaz de soportar mayores esfuerzos del tráfico.
- ✓ Conservan una vida más prolongada debido al intertrabado de piedras de las dos capas y a un mayor contenido de ligante asfáltico inicial.

### Limitaciones:

- ✓ Son más costosos que los tratamientos simples.
- ✓ La apariencia y el desempeño depende de la técnica constructiva.
- ✓ La compatibilidad entre los tamaños de piedra y las tasas de aplicación son críticos, y afectan directamente el resultado final.

### Resumen:

- ✓ Es una solución efectiva y duradera.
- ✓ Su desempeño y apariencia dependen en la calidad de ejecución y el tamaño de piedra.
- ✓ Es un pavimento robusto que soporta altos esfuerzos.



**Ilustración 17: Expectativa de vida en servicio (Tomado del TRH3, Sudáfrica)**

### 1.3.3.3 Selección de Tratamientos Superficiales

Los Tratamientos Superficiales son alternativas de superficies de rodadura que se aplican en camino de bajo nivel de tránsito, pero como también como alternativas de mantenimiento periódico en caminos donde se desea reducir la tasa de deterioro, recuperar la resistencia al deslizamiento o proteger la superficie de rodadura.

Los Tratamientos Superficiales son seleccionados en funciones de diferentes variables tales como el tráfico esperado, vida útil, pendiente de camino, calidad de los materiales, condiciones de mantenimiento y la experiencia del constructor. A continuación, se presenta una tabla según la vida útil del pavimento.

**Cuadro N° 6: Periodo de vida útil para algunos de los sellos o tratamientos de superficie. Fuente: SADC, 2003.**

Tipo de Sellado	Vida Útil Típica (años)
Sellado de Arena	2-4
Sellado Slurry	2-6
Sellado Monocapa	4-6
Sellado doble de arena	6-9
Sellado Bicapa	7-10
Sellado simple "tipo Otta" mas sellado de arena	8-10
Sellado "capa de sello" (13 mm + slurry simple)	8-10
Sellado "capa de sello" (19 mm + slurry doble)	12-16
Sellado doble "tipo Otta"	10-14

**Cuadro Nº 7: Idoneidad de varias superficies para su uso en carreteras selladas de bajo volumen. Fuente: SADC, 2003.**

(Clave: SS=Sello de arena, SIS=Slurry, SCS=Monocapa, DCS=bicapa, CS=Capa de sello, SOS+SS=Tratamiento simple Otta + Sello de arena, DOS=Sellado doble tipo Otta, AC=Concreto Asfáltico).

Parámetro	Grado	Tipo de Superficie							
		SS	SIS	SCS	DCS	CS	SOS+ SS	DOS	AC
Vida de Servicio requerido	Corto								
	Medio								
	Largo								
Nivel de Trafico	Ligero								
	Medio								
	Pesado								
Impacto de la acción de giro del tráfico	Bajo								
	Medio								
	Alto								
Gradiente	Leve								
	Moderado								
	Inclinado								
Calidad Material	Pobre								
	Moderado								
	Bueno								
Pavimento y calidad base	Pobre								
	Moderado								
	Bueno								
Idoneidad o adecuación para métodos basados en mano de obra.									
Experiencia / capacidad del contratista	Bajo								
	Moderado								
	Alto								
Capacidad de mantenimiento	Bajo								
	Moderado								
	Alto								

	Adecuado/ Preferido		Menos adecuada / no preferida		No apta / no aplicable
--	------------------------	--	----------------------------------	--	------------------------

**Clave**

## Características de los Tratamientos.

Las características de los Tipos de Tratamiento Superficiales más comunes de acuerdo a las especificaciones generales del MTC (2013) las presentamos de la siguiente manera:

### 1.3.3.3.1 Tratamientos Superficiales con Agregados.

Consiste en incluir una tras otra capa de TSB sobre bases con imprimación según sus especificaciones y criterios del proyecto.

Lo mismo para TSM (Múltiples) en su segunda capa se debe repetir el mismo procedimientos.

#### 1.3.3.3.1.1 Tratamiento Superficial Simple.

En el siguiente cuadro se dan cantidades aproximadas o referenciales del manual del MTC-2013.

**Cuadro N° 8: Cantidades aproximadas de materiales para tratamientos superficiales simple TS. Fuente: MTC, 2013.**

Tamaño nominal de agregado	No huso <sup>(b)</sup> granulométrico	Cantidad de agregado m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	Cantidad de <sup>(a)</sup> asfalto l/m <sup>2</sup>	Tipo y agregado de asfalto	
				Tiempo cálido (+26,7°C)	Tiempo frío (06 a 26,7°C)
25,0 mm a 12,5 mm (1" a ½")	5	0,017	1,90	MC 3000, RC 3000, RS 2, CRS 2, PEN 120-150	MC 3000, RC 3000, RS 2, CRS 1, 2, PEN 120-150
19,0 mm a 9,5 mm (¾" a 3/8")	6	0,012	1,68	MC 3000, RC 3000, RS 2, CRS 1, 2, PEN 120-150	MC 800, RC 800, RS 2, CRS 1, 2,
12,5 mm a 4,75 mm (1/2" a No 4)	7	0,008	1,04	MC 3000, RC 800, 3000, RS 2, CRS 1, 2, PEN 200-300	MC 800, RC 250, 800, RS 2, CRS 1, 2,
9,5 mm a 2,36 mm (3/8" a No 8)	8	0,006	0,86	RC 250, 800, RS 1, 2, CRS 1, 2	RC 250, 800, RS 1, 2, CRS 1, 2,
4,75 mm a 1,18 mm (No 4 a No 16)	9	0,004	0,59	RC 250, 800, RS 1, 2, CRS 1, 2,	RC 250, 800, RS 1, 2, CRS 1, 2,

### 1.3.3.3.1.2 Tratamiento Superficial Multiple.

Consistente por tener dos capa o más mediante ligantes bituminosos con agregados, sus tasas correspondientes de aplicación serán las que se calculen en su diseño. En el siguiente cuadro se dan cantidades aproximadas o referenciales del manual del MTC-2013.

**Cuadro N° 9: Cantidades aproximadas de materiales para tratamientos superficiales dobles TM. Fuente: MTC, 2013.**

Aplicaciones	Tamaño nominal de agregado	No huso <sup>(b)</sup> granulométrico	Cantidad de agregado m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	Cantidad de <sup>(a)</sup> asfalto l/m <sup>2</sup>
Primera aplicación	25,0 mm a 12,5 mm (1" a ½")	5	0,017	1,90
Segunda aplicación	12,5 mm a 4,75 mm (1/2" a No 4)	7	0,008	1,18
Primera aplicación	19,0 mm a 9,5 mm (¾" a ⅜")	6	0,012	1,68
Segunda aplicación	9,5 mm a 2,36 mm (¾" a No 8)	8	0,006	0,91

**Cuadro N° 10: Cantidades aproximadas de materiales para tratamientos superficiales tripe TM. Fuente: MTC, 2013.**

Aplicaciones	Tamaño nominal de agregado	No huso <sup>(b)</sup> granulométrico	Cantidad de agregado m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	Cantidad de <sup>(a)</sup> asfalto l/m <sup>2</sup>
Primera aplicación	25,0 mm a 12,5 mm (1" a ½")	5	0,017	1,90
Segunda aplicación	12,5 mm a 4,75 mm (1/2" a No 4)	7	0,008	1,18
Tercera aplicación	4,75 mm a 1,18 mm (No 4 a No 16)	9	0,004	0,63
Primera aplicación	19,0 mm a 9,5 mm (¾" a ⅜")	6	0,012	1,68
Segunda aplicación	9,5 mm a 2,36 mm (¾" a No 8)	8	0,006	0,91
Tercera aplicación	4,75 mm a 1,18 mm (No 4 a No 16)	9	0,004	0,63

### 1.3.3.4 Diseño de Espesores.

Para este diseño nos podemos guiar de diseño o manuales peruanos del MTC (2008), MTC (2014).

Las guías de diseño peruanas usan actualmente métodos de diseño ya conocido como es el método de la Guía para diseño de estructuras de pavimentos Aashto (1993) la cual predomina 02 parámetros básicos:

1. Cargas vehiculares.
2. La característica de la subrasante.

La guía de diseño MTC (2008) y MTC (2014) clasifican de diferentes formas para caminos de bajo volumen de tráfico, según los rangos de sus EE:

**Cuadro N° 11: Rangos de Clasificación del Tipo De Tráfico según las guías de diseño peruanas vigentes. Fuente: MTC, 2008 y Fuente: MTC, 2014.**

MTC (2008)		MTC (2014)	
Tipo Trafico	Rangos de Trafico en EE	Tipo Trafico	Rangos de Trafico en EE
T1	50,000 a 150,000	TP0	>75,000 a ≤150,000
T2	150,000 a 300,000	TP1	>150,000 a ≤300,000
T3	300,000 a 600,000	TP2	>300,000 a ≤500,000
T4	600,000 a 1'000,000	TP3	>500,000 a ≤750,000
		TP4	>750,000 a ≤1'000,000

Luego lo determinan por el tipo de suelo de fundación.

**Cuadro N° 12: Clasificación de la subrasante según las guías de diseño vigentes. Fuente: MTC, 2008 y Fuente: MTC, 2014.**

MTC (2008)		MTC (2014)	
Clasificación	CBR <small>diseño</small>	Clasificación	CBR
So: Subrasante muy pobre	< 3%	So: Subrasante inadecuada	< 3%
S1: Subrasante pobre	3% - 5%	S1: Subrasante insuficiente	≥3% a <6%
S2: Subrasante regular	6% - 10%	S2: Subrasante regular	≥6% a <10%
S3: Subrasante buena	11% - 19%	S3: Subrasante buena	≥10% a <20%
S4: Subrasante muy buena	≥20%	S4: Subrasante muy buena	≥20% a <30%
		S5: Subrasante excelente	≥30%

Luego se definen los parámetros de confiabilidad y serviciabilidad según las recomendaciones de la guía de diseño Aashto (1993).

Con toda esta información se ingresa a los catálogos descritos a continuación por las guías de diseño:

**Cuadro Nº 13: Catálogo de estructuras Tratamiento Superficial Bicapa (TSB) Periodo de diseño 10 años Fuente: MTC, 2008.**

Clase de Trafico	T1	T1	T1	T1	T1
Numero de repeticiones de EE	50,000 a 150,000	50,000 a 150,000	50,000 a 150,000	50,000 a 150,000	50,000 a 150,000
Periodo de diseño	10 años	10 años	10 años	10 años	10 años
Tipo de subrasante	Muy pobre	Pobre	Regular	Buena	Muy Buena
CBR	<3%	3% - 5%	6% - 10%	11% - 19%	≥20%
Confiabilidad	60%	60%	60%	60%	60%
Desviación Estándar Combinada	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Índice de Serviciabilidad inicial	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Índice de Serviciabilidad final	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Numero estructural (SN)	2,890	2,510	1,950	1,830	1,680
Subrasante sin mejoramiento					
Superficie de rodadura	TSB	TSB	TSB	TSB	TSB
Base granular (cm)	Ver acápite referido a mejoramiento de subrasante (*)	Ver acápite referido a mejoramiento de subrasante (*)	20,0	20,0	15,0
Sub-base granular (cm)			15,0	15,0	15,0
Total (cm)			35,0	35,0	30,0



**Cuadro N° 14: Diferentes tipos de Estructuras para Tratamientos Superficiales Bicapa (TSB) en un Periodo de diseño 10 años. Fuente: MTC, 2014.**

EE		Tp0		Tp1		Tp2	
		75,001-150,000		150,001-300,000		300,001-500,000	
CB R %	Mg $2555 \times \text{CBR}^{0.64}$	T.S.B.		T.S.B.		T.S.B.	
		25 cm		30 cm		30 cm	
CBR	$\leq 8,040$ psi (55.4 MPa)	18 cm		20 cm		25 cm	
		(*)		(*)		(*)	
$\geq 6\%$	$> 8,040$ psi (55.4 MPa)	T.S.B.		T.S.B.		T.S.B.	
CBR		25 cm		30 cm		30 cm	
$< 10\%$	$\leq 11,150$ psi (76.9 MPa)	18 cm		20 cm		25 cm	
$\geq 10\%$	$> 11,150$ psi (76.9 MPa)	T.S.B.		T.S.B.		T.S.B.	
CBR		25 cm		25 cm		25 cm	
$< 20\%$	$\leq 17,380$ psi (119.8 MPa)	15 cm		20 cm		23 cm	
$\geq 20\%$	$> 17,380$ psi (119.8 MPa)	T.S.B.		T.S.B.		T.S.B.	
CBR		18 cm		20 cm		25 cm	
$< 30\%$	$\leq 22,530$ psi (155.3 MPa)	15 cm		17 cm		15 cm	
CBR		T.S.B.		T.S.B.		T.S.B.	
$\geq 30\%$	$> 22,530$ psi (155.3 MPa)	27 cm		32 cm		35 cm	



T.S.B.



Base granular



Subbase granular

Fuente: MTC - 2014.

#### **1.4 Formulación del problema**

¿La superficie de Tratamiento Superficial Bicapa será la mejor alternativa para un pavimento de bajo volumen de tráfico?

#### **1.5 Justificación e importancia de la investigación.**

##### **1.5.1 Justificación Tecnológica**

Contar con un pavimento que cumpla con los estándares nacionales e internacionales, recopilando las mejores prácticas que sea resumido y de fácil comprensión analizando las exigencias nacionales e internacionales.

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

Teniendo en cuenta que la mayoría de pavimentos de bajo volumen de tránsito se encuentran sin una capa de rodadura, ocasionando grandes emisiones de polvo perjudicando al ente usuario y más tratándose de una localidad, se proyecta una alternativa que cumpla con la calidad de vida de las personas y además económica.

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

Ofrecer adecuada transitabilidad de peatones y vehículos menores entre ambos lados de la Autopista Panamericana, eliminando los peligros de accidentes, reduciendo las pérdidas de tiempo e incomodidades para los pobladores. Como obra nueva se está proyectando un paso a desnivel para dar continuidad a la vía que comunica a la población con zonas urbanas, agrícolas y zona de playa.

#### **1.6 Hipótesis.**

Sera posible que la superficie de Tratamiento Superficial Bicapa será la mejor alternativa de diseño para el pavimento de bajo volumen de tráfico del Paso a desnivel San Clemente.

## **1.7 Objetivos.**

### **1.7.1 Objetivo general**

Diseñar un pavimento de bajo volumen de tráfico en el Paso a desnivel San Clemente con tratamiento superficial bicapa.

### **1.7.2 Objetivos específicos**

- Realizar los estudios básicos primordiales para el diseño y selección del pavimento como son la Topografía, Tráfico, la Mecánica de Suelos.
- Seleccionar la mejor alternativa de pavimentación.
- Diseñar los Espesores y del Tratamiento superficial del pavimento.
- Comparar los resultados de la cantidad de ligante y agregados por el Método McLeods y el Método Austroads con el Manual Básico de Emulsiones Asfálticas y las Especificaciones Técnicas Peruanas EG-2013.

## **CAPITULO II**

# **MATERIAL Y METODO**

## 2. MATERIAL Y METODO

### 2.1 Tipo y diseño de la investigación.

#### 2.1.1 Tipo de investigación

Cuantitativo.

#### 2.1.2. Diseño de la Investigación

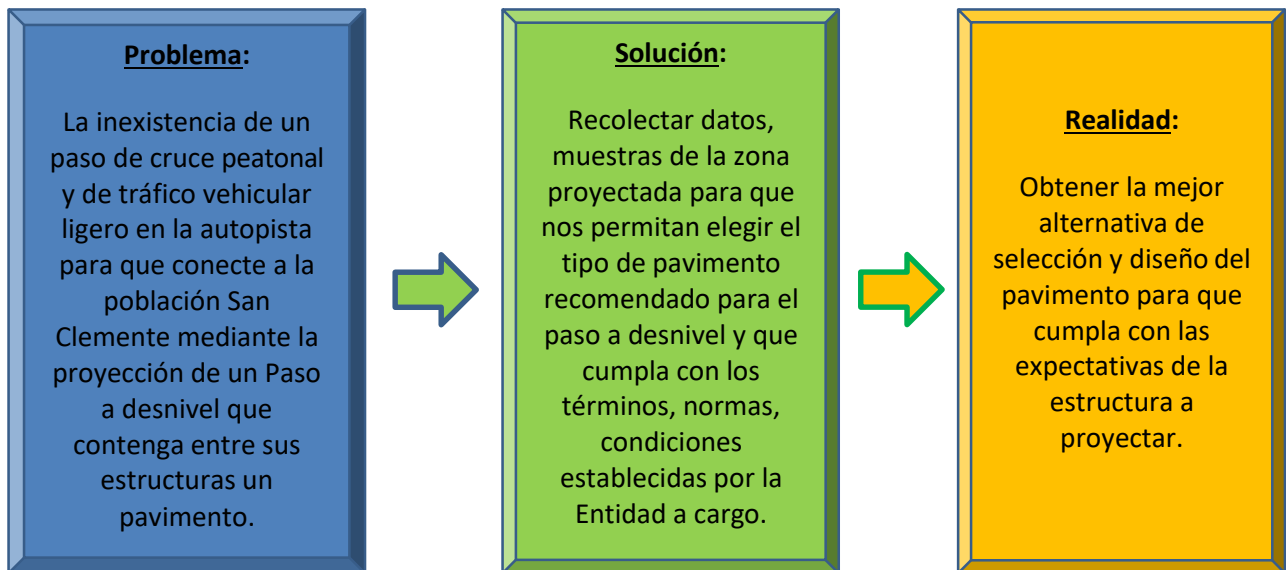


Ilustración 18: Diseño de la Investigación

### 2.2 Población y muestra:

#### 2.3.1 Población

Para el presente proyecto se tomó toda la población afectada del centro poblado San Clemente.

#### 2.3.2 Muestra.

La muestra estará circunscrita por el área afectada del centro poblado San Clemente.

### 2.3 Variables

#### Variables Independientes (Causa)

- Topografía.
- Suelos.

- Trafico Vial.
- Clima.

**Variables Dependientes (Efecto)**

- Selección del Tipo de Pavimento.
- Diseño del Pavimento.
- 

**Cuadro N° 15: Variables Independientes (Causa)**

Tipo de Variable Independiente	Dimensiones	Indicadores	Item	Técnicas e Instrumentos de recolección de Datos
Topografía	Levantamiento Topográfico	Planimetría, Altimetría.		Estación total, nivel, Gps.
Suelos	Ensayo Laboratorio	Ensayos estándares y especiales.		Exploración de suelos y obtención de muestras.
Trafico	Conteo de Vehículos.	Clasificación Vehicular.		Observación visual y apuntes.
Clima	Temperatura	Grados		Compra de Información.

**Cuadro N° 16: Variables Dependientes (Efecto)**

Tipo de Variable Dependiente	Dimensiones	Indicadores	Ítem	Técnicas e Instrumentos de recolección de Datos
Selección del Tipo de Pavimento	Pavimento Flexible. Pavimento Rígido	Tratamiento Superficial.		Manuales, guías de diseño.
Diseño del Pavimento	Tratamiento Superficial	Tratamiento Superficial Bicapa.		Manuales, guías de diseño.

## **2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, valides y confiabilidad.**

### **2.4.1 Técnicas de recolección de datos e información.**

Recopilar los requerimientos necesarios del cliente para desarrollar el proyecto.

### **2.4.2 Técnicas de Recolección de Datos**

#### **2.4.2.1 Para la variable Independiente**

Se realizó el levantamiento topográfico, se realizó el conteo vehicular, se obtuvo información del clima y se obtuvo muestras del suelo de la zona.

#### **2.4.2.2 Para la variable dependiente**

Se obtuvo guías de diseño y análisis documentados, libros, manuales, etc.

### **2.4.3 Técnicas de Instrumentos**

#### **2.4.3.1 Para la variable Independiente**

Con la información recogida se procesó los planos topográficos, se realizaron los ensayos de laboratorio correspondientes, se obtuvo el IMD de la zona.

#### **2.4.3.2 Para la variable dependiente**

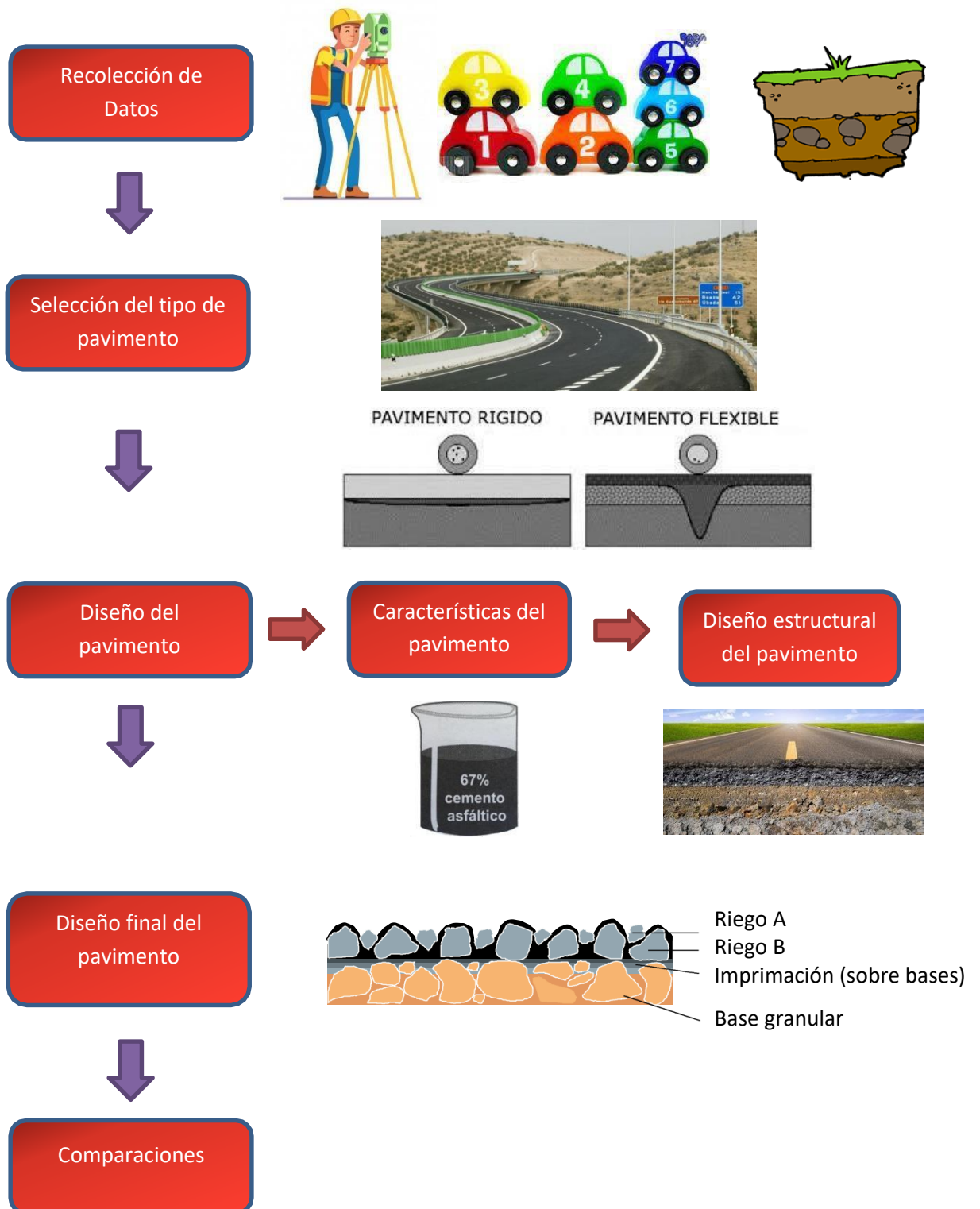
Con la información procesada se procedió a seleccionar y diseñar la mejor alternativa con las guías, manuales, etc., para el diseño del pavimento.

### **2.4.4 Observación.**

Con esta metodología se obtuvieron los resultados cuantitativos para la aprobación del proyecto.

## 2.5 Procedimiento de análisis de datos:

### 2.5.1 Diagrama de Flujo de Procesos.



Fuente: *Elaboración Propia.*

**Ilustración 19: Diagrama de Flujo de Procesos.**



## 2.5.2 Recolección de Datos – Estudios Básicos.

### 2.5.2.1 Topografía

Para los trabajos de topografía del presente proyecto, se escogieron y tomaron los puntos geodésicos y BMs más cercanos de la Concesión Pucusana – Ica, los cuales nos fueron alcanzados por el cliente.



**Ilustración 20: Ubicación de puntos topográficos**

Antes de iniciar las mediciones, se realizó la monumentación de puntos auxiliares que fueron medidos a partir de los puntos de control del proyecto del Anexo A ubicados a lo largo del tramo en estudio. Estos puntos auxiliares son los siguientes:

**Cuadro Nº 17: PASO PEATONAL SAN CLEMENTE**

PTO	PASO	NORTE	ESTE	COTA
A-85	SAN CLEMENTE	8487292.364	374149.817	56.028
B-85	85+290	8487165.253	374188.517	52.606

### LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Luego de la obtención de las coordenadas topográficas de los puntos auxiliares jalados de los puntos control de las concesiones cercanas, se procedió a realizar el levantamiento topográfico general.

Según los detalles mostrados en el terreno se efectuó el levantamiento con las herramientas necesarias como son los niveles y estaciones totales.



**Ilustración 21: Levantamiento topográfico**

Se levantaron los detalles de planimetría que existen en el área, croquis de campo, obras existentes, y una coordinación para el procesamiento de las curvas a nivel.

Todo el levantamiento obtenido de las estaciones se transmitió a los programas de trabajo con el TOPOGRAPH.

Para el procesamiento de información para el uso en CAD se realizó previamente unas hojas de cálculo que se obtuvieron los siguientes datos:

Nº Punto, Norte, Este, Elevación y descripción.

Esto nos permitió utilizar el programa “Colección de Datos” Topcon link, para los efectos de utilizar luego los programas que trabajan en Plataforma de AutoCAD para la confección de los planos de curvas de nivel según escalas indicadas.

### 2.5.2.2 Trafico

El trabajo de campo para determinar el volumen y clasificación vehicular en los “Intercambios y Pasos a desnivel proyectados en la prolongación de la Concesión de la red 6 “Autopista Pucusana-Ica”, tramo Cañete-San Andrés”, ubicados en la Región Ica, provincia de Pisco, distrito de San Clemente. La cual se hizo un conteo durante 7 días las 24 horas. Para el relevamiento de los datos de campo se consideró el trabajo una Brigada de Tráfico, compuesta por un Jefe de Brigada con experiencia.

**Cuadro N° 18: UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL AFORO VEHICULAR**

CÓDIGO	TRAMO	UBICACIÓN PASO DESNIVEL AUTOPISTA	UBICACIÓN PASO DESNIVEL PE 01S	UBICACIÓN PUNTO DE CONTROL
E.7	5. Paso a Desnivel San Clemente.	Autopista Km 85+220)	PE 1S Km 224+420	Autopista Km. 85+180

### 2.5.2.3 Mecánica de Suelos

Su objetivo principal del Estudio de suelo ha sido estudiar los suelos que se presentan en el perímetro del paso peatonal proyectado, con el fin de evaluar y estableciendo las características físico-mecánicas del terreno natural y la estructura de la subrasante sobre la que se proyectará el pavimento, además de establecer los sectores críticos que pudieran ofrecer condiciones desfavorables para el comportamiento del futuro pavimento, para fines de diseño.

#### **Trabajos de Campo**

Los trabajos de campo se ejecutaron entre los meses de octubre del 2018, con este propósito se excavaron un total de 2 calicatas Muestras que permitieron la clasificación de suelos, además se extrajeron las muestras de las 2 calicatas para la realización de ensayos de proctor y CBR.

**Excavación de calicatas:** Se realizaron excavaciones manuales realizadas con pico y pala, además del apoyo de una excavadora a cielo abierto (calicatas). En cada caso, estas fueron ejecutadas en forma

intercalada en ambos lados de la plataforma actual (autopista existente) y con una profundidad mínima de 1.50 m, siempre y cuando la naturaleza del suelo lo haya permitido.



**Ilustración 22: Excavación de calicatas**

### **Trabajos de Laboratorio**

Con las muestras obtenidas en campo producto de las prospecciones en campo se comenzaron a calcular o ensayar mediante los ensayos Estándar y los Ensayos de Compactación para obtener el tipo de suelo, se determinan sus características físico-mecánicas y su capacidad de soporte del terreno.

Dichos ensayos fueron elaborados en laboratorio de la ciudad de Lima, guiándose de las normas actuales:

### **Cuadro N° 19: Trabajos de Laboratorio**

<b>Ensayos estándar de clasificación de suelos</b>	<b>Norma</b>
Análisis granulométrico por tamizado	MTC E-107
Límite líquido y Límite plástico	MTC E-110, E-111
Contenido de humedad	MTC E-108
Clasificación SUCS	ASTM D-2487
Clasificación AASHTO	<u>AASHTO M-145</u>
<b>Ensayos de compactación</b>	<b>Norma</b>
Proctor Modificado	MTC E-115
Relación de soporte de California (CBR)	MTC E-132

Conforme señala la norma MTC E-132 y EG-2000, la relación de soporte de los suelos es reportada a 0.1”.

### **2.5.3 Selección del tipo de Pavimento**

Dependiendo del tránsito vehicular se clasifica en pavimentadas o no pavimentadas, en función del número de repeticiones de sus ejes equivalentes y de su requerimiento.

Se clasifica si es una vía de bajo o alto volumen, se selecciona el tipo de Pavimento, luego se ve su Vida Útil típica del pavimento en años según su periodo de diseño requeridos por la entidad y los diferentes Manuales nacionales e internacionales, además del perfil de la vía si es una zona de pendientes, dependiendo de las exigencias de ella se conjugan las alternativas basadas en su diseño de tráfico, su suelo de fundación y otras alternativas, calidad de sus materiales a conformar, experiencia en el proceso constructivo para seleccionar las características de la Capa de Rodadura.

### **2.5.4 Diseño del pavimento**

#### **2.5.4.1 Diseño de Espesores**

Para el diseño de los espesores nos podemos guiar de diseño o manuales peruanos del MTC (2008), MTC (2014).

Las guías de diseño peruanas usan actualmente métodos de diseño ya conocido como es el método de la Guía para diseño de estructuras de pavimentos Aashto (1993) la cual predomina dos parámetros básicos:

1. Las Cargas de tráfico vehicular.
2. La característica de la subrasante o suelo de fundación.

La guía de diseño MTC (2008) y MTC (2014) clasifican de diferentes formas para caminos de bajo volumen de tráfico, según los rangos de sus EE:

**Cuadro Nº 20: Rangos de Clasificación del Tipo de Trafico según las guías de diseño peruanas vigentes. Fuente: MTC, 2008 y Fuente: MTC, 2014.**

MTC (2008)		MTC (2014)	
Tipo Trafico	Rangos de Trafico en EE	Tipo Trafico	Rangos de Trafico en EE
T1	50,000 a 150,000	TP0	>75,000 a ≤150,000
T2	150,000 a 300,000	TP1	>150,000 a ≤300,000
T3	300,000 a 600,000	TP2	>300,000 a ≤500,000
T4	600,000 a 1'000,000	TP3	>500,000 a ≤750,000
		TP4	>750,000 a ≤1'000,000

Luego lo determinan por el tipo de suelo de fundación.

**Cuadro Nº 21: Clasificación de la subrasante según las guías de diseño peruanas vigentes. Fuente: MTC, 2008 y Fuente: MTC, 2014.**

MTC (2008)		MTC (2014)	
Clasificación	CBR <sub>diseño</sub>	Clasificación	CBR
So: Subrasante muy pobre	< 3%	So: Subrasante inadecuada	< 3%
S1: Subrasante pobre	3% - 5%	S1: Subrasante insuficiente	≥3% a <6%
S2: Subrasante regular	6% - 10%	S2: Subrasante regular	≥6% a <10%
S3: Subrasante buena	11% - 19%	S3: Subrasante buena	≥10% a <20%
S4: Subrasante muy buena	≥20%	S4: Subrasante muy buena	≥20% a <30%
		S5: Subrasante excelente	≥30%

Luego se definen las variables de confiabilidad, desviación estándar y serviciabilidad que están en función de los EE acumulados, se halla el módulo resiliente en función del CBR de diseño, cuyo resultado va ser el SNreq (Num. Estructural requerido) para luego en función de este se determina el SNdis (Num. Estructural de diseño) que tiene que ser superior al requerido, según las recomendaciones de la guía de diseño Aashto (1993).

A manera de corroborar esta información se puede ingresar a los catálogos descritos a continuación por las guías de diseño:

**Cuadro Nº 22: Catálogo de estructuras Tratamiento Superficial Bicapa (TSB) Periodo de diseño 10 años Fuente: MTC, 2008.**

Clase de Trafico	T1	T1	T1	T1	T1
Numero de repeticiones de EE	50,000 a 150,000	50,000 a 150,000	50,000 a 150,000	50,000 a 150,000	50,000 a 150,000
Periodo de diseño	10 años	10 años	10 años	10 años	10 años
Tipo de subrasante	Muy pobre	Pobre	Regular	Buena	Muy Buena
CBR	<3%	3% - 5%	6% - 10%	11% - 19%	≥20%
Confiabilidad	60%	60%	60%	60%	60%
Desviación Estándar Combinada	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Índice de Serviciabilidad inicial	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Índice de Serviciabilidad final	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Numero estructural (SN)	2,890	2,510	1,950	1,830	1,680
Subrasante sin mejoramiento					
Superficie de rodadura	TSB	TSB	TSB	TSB	TSB
Base granular (cm)	Ver acápite referido a mejoramiento de subrasante (*)	Ver acápite referido a mejoramiento de subrasante (*)	20,0	20,0	15,0
Sub-base granular (cm)			15,0	15,0	15,0
Total (cm)			35,0	35,0	30,0

**Cuadro N° 23: Diferentes tipos de Estructuras para Tratamientos Superficiales Bicapa (TSB) en un Periodo de diseño 10 años Fuente: MTC, 2014.**

EE		Tp0		Tp1		Tp2	
		75,001-150,000		150,001-300,000		300,001-500,000	
CB R %	Mg $2555 \times \text{CBR}^{0.64}$	T.S.B.		T.S.B.		T.S.B.	
		25 cm		30 cm		30 cm	
CBR < 6%	≤ 8,040 psi (55.4 MPa)	18 cm (*)		20 cm (*)		25 cm (*)	
≥ 6% CBR < 10%	> 8,040 psi (55.4 MPa)  ≤ 11,150 psi (76.9 MPa)	T.S.B.		T.S.B.		T.S.B.	
		25 cm		30 cm		30 cm	
		18 cm		20 cm		25 cm	
≥ 10% CBR < 20%	> 11,150 psi (76.9 MPa)  ≤ 17,380 psi (119.8 MPa)	T.S.B.		T.S.B.		T.S.B.	
		25 cm		25 cm		25 cm	
		15 cm		20 cm		23 cm	
≥ 20% CBR < 30%	> 17,380 psi (119.8 MPa)  ≤ 22,530 psi (155.3 MPa)	T.S.B.		T.S.B.		T.S.B.	
		18 cm		20 cm		25 cm	
		15 cm		17 cm		15 cm	
CBR ≥ 30%	> 22,530 psi (155.3 MPa)	T.S.B.		T.S.B.		T.S.B.	
		27 cm		32 cm		35 cm	



T.S.B.



Base granular



Subbase granular

Fuente: MTC - 2014.



## 2.5.4.2 Diseño del Tratamiento Bicapa

### 2.5.4.2.1 Por el Método McLeod

Se calcula la cantidad de aplicación de asfalto para un determinado agregado la cual será calculada considerando solamente el espesor de una piedra. La cantidad de agregado permanecerá constante sin importar el tipo de asfalto o la condición del pavimento.

Los vacíos en la capa del agregado necesitan ser llenado en un 70% con cemento asfáltico para que el comportamiento de un pavimento con tráfico moderado se adecuado.

Altura promedio del agregado (H)



**Ilustración 23: Detalle de la altura promedio y la altura embebida del agregado en el asfalto**

El procedimiento de diseño es el siguiente:

Primero se determinan el tamaño medio de las partículas del agregado en función de su ensayo granulométrico. El tamaño medio corresponde a la abertura del tamiz donde se tiene un pasante del 50%.

### Cuadro N° 24: Juego de tamices para el análisis granulométrico.

Nombre del tamiz	Unidades de EE.UU.	Unidades del S.I. métrico
1 pulgada	1.000 pulg	25.0 mm
3/4 pulgada	0.750 pulg	19.0 mm
1/2 pulgada	0.500 pulg	12.5 mm
3/8 pulgada	0.375 pulg	9.5 mm
1/4 pulgada	0.250 pulg	6.3 mm
N° 4	0.187 pulg	4.75 mm
N° 8	0.0937 pulg	2.36 mm
N° 16	0.0469 pulg	1.18 mm
N° 50	0.0117 pulg	300 $\mu$ m
N° 200	0.0029 pulg	75 $\mu$ m

Se Calcula el índice de lajas (FI) en laboratorio las cuales representaran una medida del porcentaje en peso de las partículas planas. Mediante el ensayo de Índice Laminar

Se calcular la menor dimensión promedio ALD o H (esta se calcula en función del tamaño medio de las partículas (M) y el índice de lajas (FI)).

$$H = \frac{TM}{1.139285 + 0.011506IL}$$

**Ecuación 1: Menor dimensión promedio ALD**

Se calcula en laboratorio el peso unitario suelto de los agregados (W). Este valor depende de la gradación, forma y gravedad específica de los agregados.

Procedemos a calcular la cantidad de vacíos en el agregado suelto (V) representando aproximadamente la cantidad de vacíos en los agregados al momento de ser colocados en el pavimento.

$$V = 1 - \frac{w}{1000}$$

**Ecuación 2: Cantidad de vacíos en el agregado suelto**

Se calcula la gravedad específica y la absorción de los agregados en laboratorio, como consulta se puede considerar los valores mostrados en las siguientes tablas. Se debe indicar que McLeod sugiere un calor de corrección por absorción (A) de 0,09 l/m<sup>2</sup>, si la absorción del agregado es alrededor de 2%.

**Cuadro N° 25: Gravedad específica por tipo de agregado (Janis and Gailard, 1998).**

Tipo de agregado		Clase A			Clase B		
		Granito	Cuarcita	Basalto	Caliza	Roca roja	Roca de gravilla
Gravedad específica aparente	Min.	2.60	2.59	2.95	2.40	2.50	2.55
	Max.	2.75	2.63	2.98	2.67	2.52	2.66
	Promedio	2.68	2.62	2.97	2.61	2.51	2.62

**Cuadro N° 26: Valores típicos de absorción por tipo de agregado (Janis and Gailard, 1998).**

Tipo de agregado		Clase A			Clase B		
		Granito	Cuarcita	Basalto	Caliza	Roca roja	Roca de gravilla
Porcentaje Absorción	Min.	0.40	0.61	0.31	1.75	Sin datos	1.14
	Max.	0.92	0.72	0.59	5.44	Sin datos	2.32
	Promedio	0.59	0.67	0.43	2.80	-	1.69

Aplicamos un factor de corrección por tráfico (T), el cual está en función del tráfico promedio diario anual (AADT). A mayor tráfico, es menor la cantidad de asfalto a usar en él ya que las cargas de los vehículos forzarán a las partículas a acomodarse a su lado más plano.

**Cuadro N° 27: Factor de tráfico (T).**

Factor tráfico				
El porcentaje es expresado como un decimal del ultimo 20% de espacio vacío en la cubierta del agregado para ser llenado con asfalto				
Tráfico – vehículos al día				
Debajo de 100	100 a 50	500 a 1000	1000 a 2000	Por encima de 2000
0.85	0.75	0.70	0.65	0.60

Nota: Los factores de arriba no incluyen la absorción de la superficie de la carretera o del agregado.

Pérdida de agregados (E), esto sucede en el proceso del curado. Un 5% en vías de bajo volumen de tráfico, 10% en vías de mayor tráfico y volumen de vehículos.

**Cuadro N° 28: Factor de pérdida de agregados**

Porcentaje de material que se perderá por el paso del tráfico		Factor de desperdicio, E
1		1.01
2		1.02
3		1.03
4		1.04
5		1.05
6		1.06
7		1.07

8	1.08
9	1.09
10	1.10
11	1.11
12	1.12
13	1.13
14	1.14
15	1.15

El factor de corrección por superficie (S) se aplica dependiendo de la textura de la superficie donde se aplicara el tratamiento.

**Cuadro Nº 29: Factor de corrección por superficie (S)**

Textura del pavimento existente	S.I. Métrico (L/m <sup>2</sup> )
Negro, con exudaciones	-0.04 a -0.27
Suave, no poroso.	0.00
Un poco poroso y oxidado	+0.14
Con desprendimientos ligeros, poroso y oxidado	+0.27
Con muchos desprendimientos, poroso y oxidado	+0.40

Con todas estas correcciones se aplican para hallar las cantidades de agregado y asfalto que deben ser aplicados.

Cantidad de agregado:

$$C = M(1 - 0.4V)HGE$$

**Ecuación 3: Cantidad de agregado**

Cantidad de asfalto:

$$B = \frac{0.4HTV + S + A}{R}$$

**Ecuación 4: Cantidad de asfalto**

Donde R= cantidad de asfalto residual que depende si se aplica un diluido o una emulsión.

### 2.5.4.2.2 Por el Método Austroads

#### Trafico de Diseño

El trafico con el que se ingresa al método debe estar en vehículos por carril por día, motivo por el que se debe procesar el TPDA en función de la calzada o las condiciones a la que estará expuesta el tramo.

Si los Vehículos pesados superan el 65% se aplica la siguiente ecuación:

$$\text{Trafico de diseño (v/c/d)} = (VP * 10) + VL$$

#### Ecuación 5: Trafico de diseño

**Cuadro Nº 30: Trafico de Diseño de Calzada Simple.**

Ancho de calzada simple (m)	Trafico de diseño por carril/día (v/c/d)
3,6 - 5,6	TPDA
5,6 - 7,2	TPDA / 2
Carril de sobrepaso	60% - 80% de TPDA / 2
Banquina	Adoptar < 100

**Cuadro Nº 31: Trafico de Diseño de Calzada Doble.**

Condiciones en calzada doble (de 3,6 m)	Tráfico de diseño por carril/día (v/c/d)
Alto tránsito con camiones (zona urbana)	TPDA / 4 ó (TPDA/2) * % tráfico por carril
Tránsito normal carril derecho	60% - 80% de TPDA/2 *
Tránsito normal carril izquierdo	40% - 20% de TPDA/2 **
Banquina	Adoptar < 100
* 60% zona urbana / 80% zona rural	
** 40% zona urbana / 20% zona rural	

### **Dosificación de Áridos**

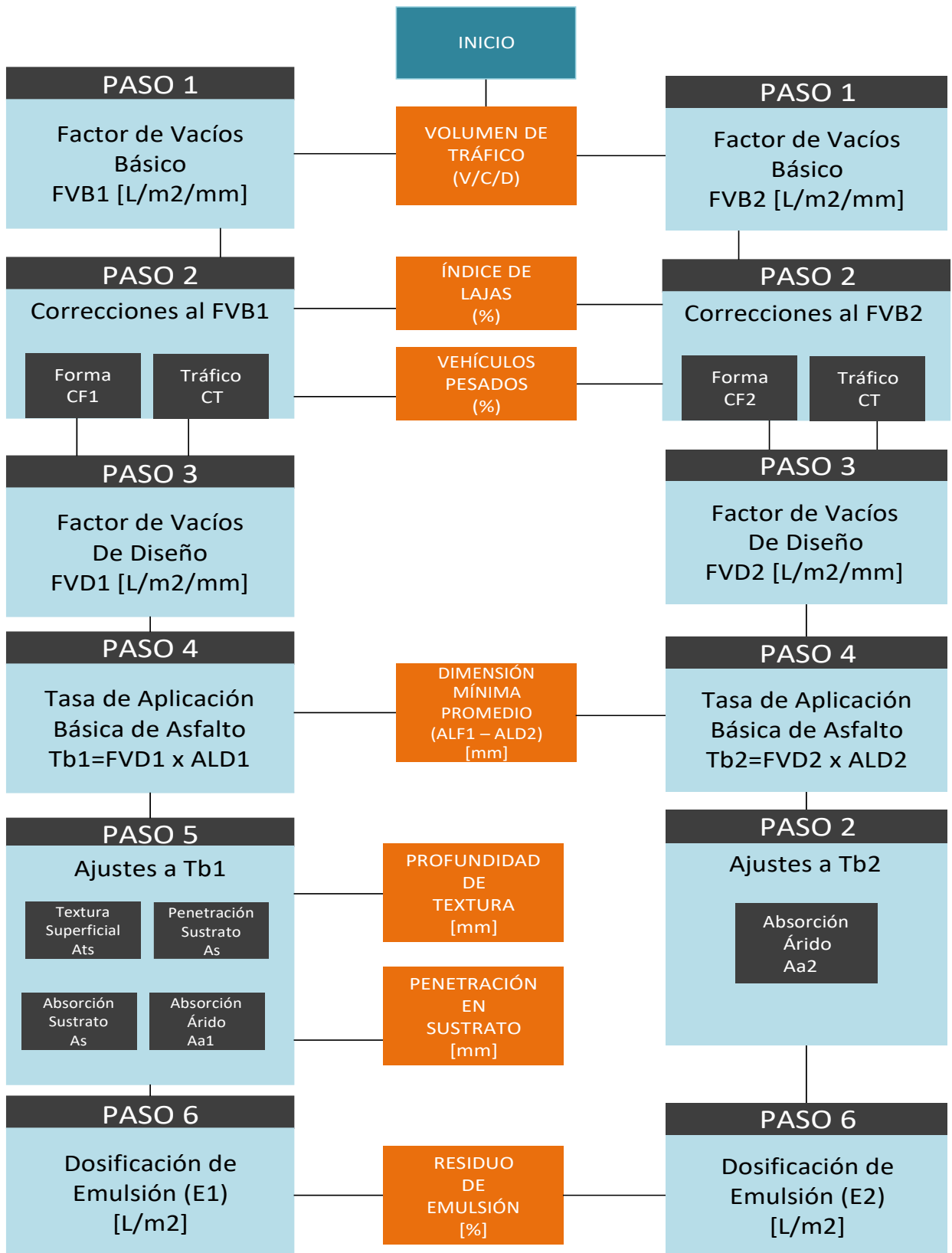
Primero calculamos la Dosificación de Áridos en función de su ALD o Tamaño mínimo promedio y su tránsito que expresado en vehículos/carril/día (v/c/d), visto en el tráfico de diseño.

**Cuadro N° 32: Dosificación de Áridos por cada Tipo de Riego o Capa.**

Trafico (v/c/d)	Dotación de árido A (L/m <sup>2</sup> )
< 200	1,25 * ALD(mm)
> 200	1,20 * ALD(mm)

### **Dosificación de Emulsión**

Para calcular la Dosificación de Ligantes se obtienen a partir de los siguientes pasos.



**Ilustración 24: Cálculo la Dosificación de Ligantes. Fuente: Tratamientos Superficiales de Alto Desempeño, 2019.**

### **2.5.4.3 Comparaciones de los Diseños**

Una vez tomados los resultados de los diferentes métodos que se aplicaron en el cálculo del contenido de agregados como también el contenido de la emulsión asfáltica, para luego compararlas con las normativas y manuales nacionales e internacionales.

## **2.6 Criterios Éticos**

Los formatos que utilice para ensayar las muestras en campo son los correspondientes usados en laboratorio de la empresa donde laboro.

Para la obtención de las muestras se tuvo mucho criterio y cuidado con el medio ambiente, tratando el lo menos posible de hacer un daño de los recursos naturales.

Algunos de los formatos de excell fueron tomados de algunos autores otros fueron creados y adecuado para estimar los resultados, dichos formatos pueden servir para futuros desarrolladores.

La recolección de la información obtenida en campo nos sirvió para analizar e interpretar el diseño tomado.

## **2.7 Criterios de rigor científico**

Los criterios tomados para la obtención de datos fueron planteados en base a una investigación e información de manuales nacionales e internacionales.

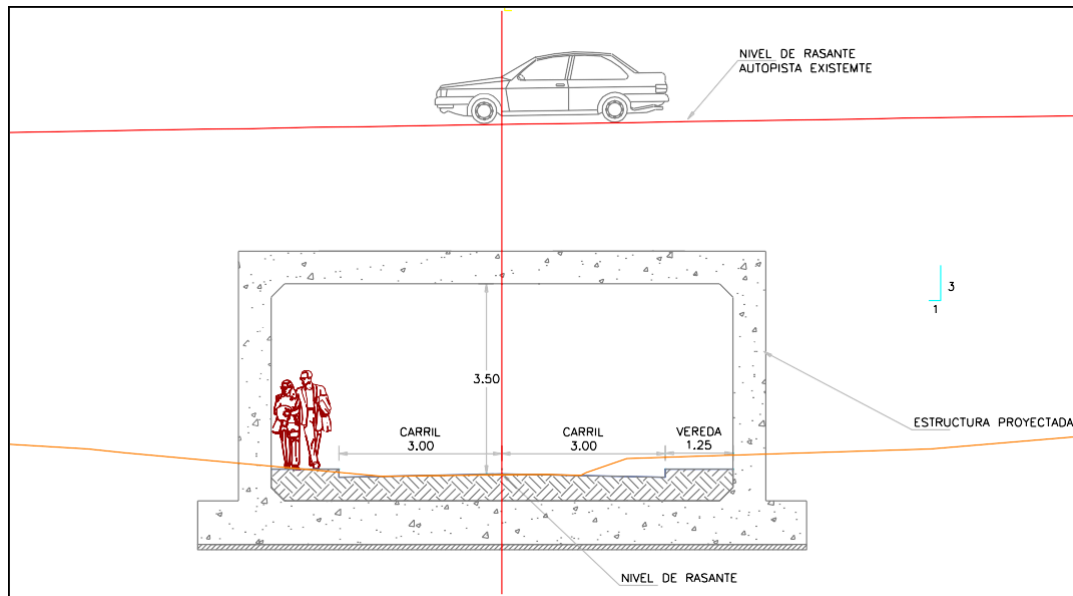
Los diseños de nuestras muestras fueron sometidas a factores tecnológicos que contribuyen de algún modo con la veracidad de los resultados.



## **CAPITULO III**

## **RESULTADOS**





**Ilustración 26: SECCIÓN TÍPICA DEL PASO PEATONAL INFERIOR PROYECTADO**

### Características Geométricas de Diseño

Las características geométricas de diseño han sido determinadas en base al Manual de Diseño de Carreteras (DG-2014) y se da de la siguiente manera:

**Cuadro Nº 33: Características Geométricas de Diseño**

PARAMETROS DE DISEÑO PASO PEATONAL INFERIOR		
DESCRIPCION	VALOR	UNIDAD
<b>Estructura</b>		
Galibo para el paso peatonal Inferior	3.5	m
<b>Anchos mínimos de calzada y veredas</b>		
Ancho de calzada	6.0	m
Ancho de vereda	1.25	m
Pendiente de calzada	6.0	%

### 3.1.2 Estudio de Tráfico

Del conteo de tráfico se obtuvieron el IMD de los vehículos y su correspondientes EE. Para el diseño.

**Cuadro N° 34: Estudio de Tráfico**

Tipo de Vehículo	% Tasa Anual	FCA (10 AÑOS)
Vehículos Ligeros	7.9	14.42
Omnibus	7.9	14.42
Camiones	8.5	14.84

Tipo de Vehículo	IMD	Fvpi	Fca	Dias	ESAL Diseño
Auto	111	7E-05	14.42	365	38
Rural Combi	5	7E-05	14.42	365	2
Micro	4	4.504	14.42	365	94,803
Omnibus 2 Ejes	14	4.504	14.42	365	331,810
Omnibus 3 Ejes	0	2.631	14.42	365	-
Camión 2ejes	36	4.504	14.84	365	877,979
Camión 3 Ejes	0	3.285	14.84	365	-
Semi Trayler T3S3	7	4.991	14.84	365	189,177
<b>Total de Vehículos</b>	<b>177</b>		<b>ESAL</b>		<b>1,493,809.4</b>
					<b>FD</b> 0.50
					<b>FC</b> 1.00
					<b>Fp</b> 1.00

<b>ESAL Diseño</b>	<b>7.47E+05</b>
--------------------	-----------------

**LEYENDA**

- IMD            Índice Medio Diario según tipo de vehiculo seleccionado
- Fvpi           Factor vehiculo pesado del tipo seleccionado
- FCA            Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehiculo pesado
- FD             Factor direccional
- FC             Factor carril de diseño
- Fp             Factor de presión de neumático

### 3.1.3 Estudio de Mecánica de Suelos

**Cuadro Nº 35: Ensayos de Laboratorio para la Subrasante**

COORDENADAS		MUESTRA	PROF.	% DE MATERIAL QUE PASA												LIMITES DE ATTERBERG			CLASIFICACION	
NORTE	ESTE			1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	# 4	# 10	# 20	# 40	# 60	# 140	# 200	L.L.	L.P.	I.P.	AASHTO	SUCS	
374208	8487213			C1-M1	0.00 - 1.50	100.0	95.4	90.3	80.3	68.2	62.4	56.4	49.3	41.4	36.8	35.6	21	18	3	A-2-4 (0)
374139	8487230	C2-M1	0.00 - 1.50	100.0	94.4	84.4	75.5	68.2	63.1	58.4	52.9	48.5	43.9	42.6	19	17	2	A-4 (1)	GM	

#### ➤ Ensayos CBR

Se ha obtenido valores de CBR al 95% de su máxima densidad seca, se han obtenido muestras en dos calicatas de las 06 ejecutadas, obteniéndose de 24.1% hasta 31.6% para suelos tipo A-2-4 y A-4 respectivamente.

**Cuadro Nº 36: Ensayos de Laboratorio para la Subrasante - CBR**

COORDENADAS		MUESTRA	PROF.	% HUM NAT.	% SALES.	PROCTOR		CBR			
NORTE	ESTE					MDS (g/cm3)	OCH (%)	0.1"		0.2"	
								100%	95%	100%	95%
374208	8487213	C1-M1	0.00 - 1.50	10.0	0.06	1.890	10.7	27.9	<b>24.1</b>	32.7	28.3
374139	8487230	C2-M1	0.00 - 1.50	6.4	0.03	2.075	8.5	35.2	<b>31.6</b>	41.8	37.5

### 3.2 Resultados de la Selección de Pavimentos

Para seleccionar el tipo de pavimento debemos tener en cuenta estos parámetros de diseño:

**Cuadro Nº 37: Parámetros de diseño.**

Descripción	Resultados
IMDA	156 uni.
EE	486, 411
PENDIENTE	6%
PERIOD DE DISENO	10 años
GEOMETRIA	RECTA

Luego apoyándose de unas tablas del manuales nacionales e internacionales se selecciona el Tipo de Pavimento a diseñar.

**Cuadro Nº 38: Valores recomendados de Espesores Mínimos de Capa Superficial y Base Granular. Fuente: MTC, 2014 (En base a la Guía AASHTO 93).**

Tipo de caminos	Trafico	EE acumulados	Capa Superficial	Base granular	
Caminos de bajo volumen de transito	TP1	150,001	300,000	TSB o Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12 mm; micropavimento: 25 mm; Carpeta asfáltica en frio: 50 mm; Carpeta asfáltica en caliente: 50 mm;	150 mm
	TP2	300,001	500,000	TSB o Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12 mm; micropavimento: 25 mm; Carpeta asfáltica en frio: 60 mm; Carpeta asfáltica en caliente: 60 mm;	150 mm
	TP3	500,001	750,000	micropavimento: 25 mm; Carpeta asfáltica en frio: 60 mm; Carpeta asfáltica en caliente: 70 mm;	150 mm
	TP4	750,001	1,000,000	micropavimento: 25 mm; Carpeta asfáltica en frio: 70 mm; Carpeta asfáltica en caliente: 80 mm;	200 mm
Resto de caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	MAC: 80 mm	200 mm
	TP6 a TP13				
	TP14	25'000,001	30'000,000	MAC: 150 mm	300 mm

**Cuadro N° 39: Limitaciones de tránsito y geometría vial para la aplicación de los distintos tipos de capa superficial. Fuente: MTC, 2014.**

Capa Superficial	Limitaciones de tránsito y geometría vial para la aplicación de los distintos tipos de capa superficial		
	Trafico en EE	Pendiente máxima	Curvatura horizontal
Carpeta asfáltica en caliente	Sin restricción	Sin restricción	Sin restricción
Carpeta asfáltica en frío, mezcla asfáltica con emulsión.	≤1,000,000EE	Sin restricción	Sin restricción
Micropavimento 25 mm	≤1,000,000EE	Sin restricción	Sin restricción
TSB	≤500,000EE	No aplica en tramos con S>8%	No aplica en tramos con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos.
Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12 mm	≤500,000EE	No aplica en tramos con S>8%	No aplica en tramos que obliguen al frenado de vehículos.

**Cuadro N° 40: Tipos de Sellado. Fuente: SADC, 2003.**

Tipo de Sellado	Vida Útil Típica (años)
Sellado de Arena	2-4
Sellado Slurry	2-6
Sellado Monocapa	4-6
Sellado doble de arena	6-9
Sellado Bicapa	7-10
Sellado simple "tipo Otta" mas sellado de arena	8-10
Sellado "capa de sello" (13 mm + slurry simple)	8-10
Sellado "capa de sello" (19 mm + slurry doble)	12-16
Sellado doble "tipo Otta"	10-14

### 3.3 Resultado del Diseño de Pavimentos

Para su diseño de Espesores se empleó la metodología AASHTO. Donde se obtuvieron espesores de Base de 15 y Sub-base de 20.

#### DATOS DE ENTRADA :

##### 1. DATOS DE TRÁFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

A. Número de Ejes Equivalente Total (W18)	4.94E+05
B. Factor de Confiabilidad ( R )	75%
Desviación Est. Normal (Zr)	-0.674
Desviación Estándar (So)	0.45
C. Módulo de Resiliencia de la Subrasante	19583
D. Serviciabilidad Inicial (pi)	3.8
E. Serviciabilidad Final (pt)	2.0
	1.8
F. Periodo de Diseño (años)	10

##### 2. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

A. Coeficientes Estructurales de Capa	
Tratamiento Superficial Doble (a1)	0.000 /cm
Base Granular (a2)	0.052 /cm
Sub-Base Granular (a3)	0.047 /cm
B. Coeficientes de Drenaje de Capa	
Base Granular (m2)	1.15
Sub-Base Granular (m3)	1.15

##### 3. DATOS DE SALIDA

NUMERO ESTRUCTURAL TOTAL REQUERIDO	1.91
------------------------------------	------

##### ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO (Según diseño)

Espesor (cm)	SN por capa	SN Diseño
Tratamiento Superficial Doble	0.00	0.0
Base Granular	0.90	0.90
Sub-base Granular	1.08	1.98



Para el diseño del Tratamiento se emplearon dos metodologías como son el Método planteado por McLeod y el Método racional de Dosificación Austroads del Departamento de Transporte, Infraestructura y Energía de Australia. Ambos métodos están en función de su ALD que viene hacer su dimensión mínima promedio.

Para el diseño del tratamiento superficial se obtuvieron los siguientes datos, apoyados de unas hojas de cálculo, como se muestra a continuación:

### Método de MacLeod. – CAPA 01

#### Aplicación del Agregado

Tamaño máximo Agregado grueso triturado	1
Tamaño medio del agregado (mm)	13.75
$TM=10 \wedge (((LOG D1- LOG D2)*(P50-P2)/(P1-P2))+LOG D2)$	

Índice Laminar (Manual del instituto de asfalto MS-19 Apéndice D )	IL	17.18
Peso unitario del agregado en estado suelto (kg/m3)	W	1458.6
Peso específico bruto (Bulk specific gravity) (g/cm3)	G	2.762
Promd. menor dimensión (Manual del instituto de asfalto MS-19 Apéndice D )	H	10.6395

Vacíos en el agregado pétreo, $V = 1 - W/(1000 * G)$	V	0.47
---	---	------

Factor de transito	T	0.75
Corrección por textura (lt/m2)	S	0
Factor de merma	E	1.05
Corrección por absorción del agregado asfalto residual, R = 0.65 CRS-2P	A	0.00
Factor de evaluación	R	0.65
Factor de evaluación	M	0.9
Factor de evaluación	K	0.9

#### Aplicación de la emulsión asfáltica de rotura rápida CRS-2

Distribución del agregado	$B = K \left[ \frac{0.40HTV + S + A}{R} \right]$	B	2.09
$C = M [(1-0.4V) H G E]$		C	22.5

RESUMEN	CALCULADO	
	CRS-2HP L/m2	AGREGADO PÉTREO Kg/m2
TRATAMIENTO SUPERFICIAL MÚLTIPLE (1ra. CAPA)	2.41	26.5

## Método de MacLeod. – CAPA 02

### Aplicación del Agregado

Tamaño máximo Agregado grueso triturado (mm)		1/2
Tamaño medio del agregado	TM	6.96

$$TM = 10^{((\text{LOG } D1 - \text{LOG } D2) * (P50 - P2) / (P1 - P2)) + \text{LOG } D2}$$

Índice Laminar (Manual del instituto de asfalto MS-19 Apéndice D )		20.12
Peso unitario del agregado en estado suelto (kg/m3)	W	1477.1
Peso específico bruto (Bulk specific gravity) (g/cm3)	G	2.651
Promed. menor dimensión (Manual del instituto de asfalto MS-19 Apéndice D )	H	5.075

$$H = TM / (1.09 + (0.118 * IL))$$

Vacíos en el agregado pétreo,

$$V = 1 - W / (1000 * G) \quad \quad \quad V \quad \boxed{0.44}$$

Factor de tránsito		0.75
Corrección por textura (lt/m2)	S	0.1
Factor de merma	E	1.05
Corrección por absorción del agregado	A	0
asfalto residual, R = 0.65 CRS-2P	R	0.65
Factor de evaluación	M	0.9
Factor de evaluación	K	0.9

### Aplicación de la emulsión asfáltica de rotura rápida CRS-2P

$$B = K \left[ \frac{0.40HTV + S + A}{R} \right]$$

$$B \quad \boxed{1.07}$$

### Distribución del agregado

$$C = M [(1 - 0.4V) H G E] \quad \quad \quad C \quad \boxed{10.5}$$

RESUMEN	CALCULADO	
	CRS-2P L/m2	AGREGADO PÉTREO Kg/m2
TRATAMIENTO SUPERFICIAL MÚLTIPLE (2DA CAPA)	1.07	10.5

### APLICACIÓN RECOMENDADA

RESUMEN	CALCULADO	
	CRS-2P L/m2	AGREGADO PÉTREO Kg/m2
TRATAMIENTO SUPERFICIAL MÚLTIPLE (1 ra. CAPA)	1.42	22.5
TRATAMIENTO SUPERFICIAL MÚLTIPLE (2 DA CAPA)	1.74	10.5

## Método Dosificación Austroads.

**Cuadro N° 41: METODO RACIONAL (DOSIFICACIÓN AUSTROADS)**

<b>METODO RACIONAL (DOSIFICACION AUSTROADS)</b>	
TDPA	157
TRAFICO DISENO	78.5 v/c/d
TM H6	13.75
TM H8	6.96
ALD H6	10.28 mm
ALD H8	5.08 mm
IL H6	17.18 %
IL H8	20.12 %

<b>DOSIFICACION DE ARIDOS</b>	
RIEGO A	12.85 L/m2
RIEGO B	5.00 L/m2

<b>DOSIFICACION DE EMULSION PASOS</b>						
TIPO	FVB	CORRECCION FVB		FVD	TASA APLICACIÓN	
		CF	CT		Tb	
RIEGO A	0.16	0	-0.03	0.13	1.34	L/m2
RIEGO B	0.21	0	-0.03	0.18	0.91	L/m2

TIPO	AJUSTES Tb					
	Ats	Ap	As	Aa	E	INVERTIR
RIEGO A	0	0	0.1	0	2.21	1.63 L/m2
RIEGO B			0		1.41	1.99 L/m2

### 3.4 Análisis de Comparaciones

**Cuadro N° 42: Dosificación de Ligante Bituminoso y de Agregados Pétreos**

<b>DOSIFICACION DE LIGANTE BITUMINOSO</b>					
<b>Capa</b>	<b>Nro Huso</b>	<b>EG-2013</b>	<b>McLeod</b>	<b>Austroroads</b>	<b>MBEA</b>
		<b>l/m<sup>2</sup></b>	<b>l/m<sup>2</sup></b>	<b>l/m<sup>2</sup></b>	<b>l/m<sup>2</sup></b>
1era	6	1.68	1.42	1.60	1.1 - 1.6
2da	8	0.91	1.74	2.00	1.4 - 1.8
<b>DOSIFICACION DE AGREGADOS PETREOS</b>					
<b>Capa</b>	<b>Nro Huso</b>	<b>EG-2013</b>	<b>McLeod</b>	<b>Austroroads</b>	<b>MBEA</b>
		<b>Kg/m<sup>2</sup></b>	<b>Kg/m<sup>2</sup></b>	<b>Kg/m<sup>2</sup></b>	<b>Kg/m<sup>2</sup></b>
1era	6	16.34	22.53	13.00	19 - 25
2da	8	7.56	10.46	5.00	11 - 14

- Se hizo unos criterios de comparación de las dosificaciones propuestas por los métodos del agregado y de los ligantes bituminosos entre los manuales básicos de las Emulsiones Asfálticas y las Especificaciones Técnicas Peruanas EG-2013.
- También se hicieron unas comparaciones en la cantidad de parámetros que utilizan los métodos para la aplicación de su diseño.

**Cuadro Nº 43: Parámetros de uso según la metodología a emplear.**

<b>PARAMETROS PARA SU DISEÑO</b>	<b>McLEOD</b>	<b>AUSTROADS</b>
<b><u>DOSIFICACION DEL AGREGADO</u></b>		
Tamaño del Agregado	x	x
Dimension Minima Promedio	x	x
Indice de Lajas	x	x
Factor Clima	x	
Vacios existentes en el agregado	x	
Densidad Real Seca del agregado	x	
Factor de desperdicio	x	
Trafico		x
<b><u>DOSIFICACION DEL LIGANTE</u></b>		
Tamaño del Agregado	x	x
Dimension Minima Promedio	x	x
Indice de Lajas	x	x
Factor Clima	x	
Vacios existentes en el agregado	x	x
Correccion por Textura Superficial	x	x
Correccion por Absorcion del agregado	x	x
Residuo asphaltico del ligante	x	x
Correccion forma del arido		x
Factor Trafico	x	x
Vehículos pesados		x
Pendiente		x
Ajustes por penetración en el sustrato		x
Ajustes por absorción en el sustrato		x

### 3.5 Discusión de Resultados

- Luego de que se generaron las curvas de nivel mediante el procesamiento de datos topográficos, se orientó el terreno natural de la estructura a proyectar mediante su perfil longitudinal, obteniéndose una pendiente de 6%, este dato fue de suma importancia para seleccionar el tipo de superficie de rodadura del tratamiento.

**Cuadro Nº 44: Limitaciones de tránsito y geometría vial para la aplicación de los distintos tipos de capa superficial. Fuente: MTC, 2014.**

Capa Superficial	Limitaciones de tránsito y geometría vial para la aplicación de los distintos tipos de capa superficial		
	Trafico en EE	Pendiente máxima	Curvatura horizontal
Carpeta asfáltica en caliente	Sin restricción	Sin restricción	Sin restricción
Carpeta asfáltica en frío, mezcla asfáltica con emulsión.	$\leq 1,000,000EE$	Sin restricción	Sin restricción
Micropavimento 25 mm	$\leq 1,000,000EE$	Sin restricción	Sin restricción
TSB	$\leq 500,000EE$	No aplica en tramos con $S > 8\%$	No aplica en tramos con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos.
Lechada Asfáltica (Slurry seal): 12 mm	$\leq 500,000EE$	No aplica en tramos con $S > 8\%$	No aplica en tramos que obliguen al frenado de vehículos.

- Para hallar el IMDA se tuvo que descartar los vehículos que no cumplirían con las características de la estructura a proyectar ya que dicha estructura tiene un galibo de 3.50 m., a pesar que solo se está diseñando para tráfico vehicular más ligeros se tuvo que considerar vehículos que podrían pasar por la estructura proyectada, teniendo en cuenta estos detalles el resultado fue de 156 veh/día, considerando la vía en una de tercera clase según el manual de la DG-2018, donde la considera como un pavimento económico. Dicho parámetro me va a servir para mi diseño de espesores, selección del tipo de pavimento, y diseño del tratamiento. Es así como a manera descarte se consideró aquellos vehículos menores a la altura del Galibo proyectado, quedando el número de vehículos de la siguiente manera:

### Cuadro Nº 45: Estudio de Tráfico – De Diseño

Tipo de Vehículo	% Tasa Anual	FCA (10 AÑOS)
Vehículos Ligeros	7.9	14.42
Omnibus	7.9	14.42
Camiones	8.5	14.84

Tipo de Vehículo	IMD	Fvpi	Fca		ESAL Diseño
Auto	111	7E-05	14.42	365	38
Rural Combi	5	7E-05	14.42	365	2
Micro	4	4.504	14.42	365	94,803
Omnibus 2 Ejes	0	4.504	14.42	365	-
Omnibus 3 Ejes	0	2.631	14.42	365	-
Camión 2ejes	36	4.504	14.84	365	877,979
Camión 3 Ejes	0	3.285	14.84	365	-
Semi Trayler T3S3	0	4.991	14.84	365	-
<b>Total de Vehículos</b>	<b>156</b>		<b>ESAL</b>		<b>972,822.2</b>
				<b>FD</b>	0.50
				<b>FC</b>	1.00
				<b>Fp</b>	1.00

<b>ESAL Diseño</b>	<b>4.86E+05</b>
--------------------	-----------------

- Los resultados de las prospecciones de la subrasante de apoyo dieron como resultado un CBR de 24%, calificando una subrasante como buena. Dicho parámetro me va a servir para el diseño de espesores.

- Para la selección del tipo de Tratamiento superficial se tomaron en cuenta el volumen de Tráfico y su Vida Útil típica del pavimento en años según su periodo de diseño requeridos por la entidad y los diferentes Manuales nacionales e internacionales, el perfil de la vía si es una zona de pendientes, dependiendo de las exigencias de ella, llegando a la conclusión que la mejor alternativa es un Tratamiento Superficial Bicapa.
- Para su diseño de Espesores se empleó la metodología AASHTO y para el diseño del Tratamiento se emplearon dos metodologías como son el Método planteado por McLeod y el Método racional de Dosificación Austroads del Departamento de Transporte, Infraestructura y Energía de Australia. Ambos métodos están en función de su ALD que viene hacer su dimensión mínima promedio.
- Como se muestra en el cuadro **Cuadro N° 42: Dosificación de Ligante Bituminoso y de Agregados Pétreos de comparaciones**, se ve que el Método de McLeod es el que más se acerca al manual de emulsiones asfálticas. y el Metodo de Austroads se acerca a nuestro manual según la EG -2013 en la dosificación de sus agregados.
- En cambio para el cálculo de los Ligantes los métodos incluido nuestro manual en la primera capa se acercan con las dosificaciones al Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, en cambio en la segunda capa, nuestro manual de la EG-2013 tiende a disminuir según las capas superiores esto en campo es muy dificultoso de aplicar dosificaciones muy bajas como 0.91 l/m<sup>2</sup>. ya que de aplicarse podrían producirse vacíos que no serán llenados causando las fisuras y agrietamientos.
- Tener presente que el manual de la EG-2013 son netamente referenciales y pueden ser modificadas por los diseñadores.



- Como se puede ver en el Cuadro N° 43: Parámetros de uso según la metodología a emplear. La Metodología McLeod usa mayores parámetros para el cálculo de la cantidad de sus agregados, caso contrario lo hace para hallar la cantidad de Ligante en su diseño, donde el Método Austroads usa más parámetros de ajustes en su diseño para hallar la cantidad de ligante.

### 3.6 Aporte practico

#### DISEÑO DE UNA BUENA BASE

Un punto muy importante para nuestro diseño es una buena base, como todo sabemos que los tratamientos superficiales no tienen aporte estructural, entonces si la base es mala probablemente el Tratamiento Superficial fallaría.



Densa, dura,  
homogénea, de textura  
uniforme y Ag. Visibles.



Delaminaciones, exceso  
de finos, no homogénea,  
no compacta



**Ilustración 27: Características ideales y erróneas que suele tener una base antes de recibir un tratamiento superficial. Fuente: Tratamientos Superficiales de Alto Desempeño, 2019.**

## EVALUACION DE LA DUREZA DE LA SUPERFICIE

Se desarrolla con el Ensayo de penetración de bola. Consiste en la caída de una bola con un martillo tipo Marshall. Se promedia 5 veces. Nos va medir cuanto va penetrar una piedra en una base que se lo permite. *Tener en cuenta donde realiza el golpe.*



(Austroads, 2006) establece:  
Penetración <4 mm - Ideal  
Penetración <6 mm - base tratada  
Penetración >6 mm - Riesgo falla por exudación.

**Ilustración 28: Equipo para determinar la penetración del árido en la base.**

## **4. Conclusiones y Recomendaciones**

### **4.1 Conclusiones**

Al realizar los estudios básicos se llegó a la conclusión de que el TPDA era de 156 veh/día, considerándose una vía de tercera clase según la DG-2018, la cual la consideran como un pavimento económico. Los resultados de su estructura de apoyo dieron como resultado un CBR de 24%, calificando una subrasante como buena.

Para la selección del tipo de Tratamiento superficial se tomaron en cuenta el volumen de Tráfico y su Vida Útil típica del pavimento en años según su periodo de diseño requeridos por la entidad y los diferentes Manuales nacionales e internacionales, el perfil de la vía si es una zona de pendientes, dependiendo de las exigencias de ella, llegando a la conclusión que la mejor alternativa es un Tratamiento Superficial Bicapa.

Para su diseño de Espesores se empleó la metodología AASHTO y para el diseño del Tratamiento se emplearon dos metodologías como son el Método planteado por McLeod y el Método racional de Dosificación Austroads del Departamento de Transporte, Infraestructura y Energía de Australia. Ambos métodos están en función de su ALD que viene hacer su dimensión mínima promedio.

Se hizo unos criterios de comparación de las dosificaciones propuestas por los métodos del agregado y de los ligantes bituminosos entre los manuales básicos de las Emulsiones Asfálticas y las Especificaciones Técnicas Peruanas EG-2013.

Los dos métodos diseñados se acercan con las dosificaciones al Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, caso contrario sucede con las dosificaciones que nos brinda el Manual de Carreteras EG-2013, donde va disminuyendo sus dosificaciones de la capa inferior hacia la superior, pero teniendo siempre presente que el manual de la EG-2013 son netamente referenciales y pueden ser modificadas por los diseñadores.

## 4.2 Recomendaciones

Un punto muy importante para nuestro diseño es una buena base, como todo sabemos que los tratamientos superficiales no tienen aporte estructural, entonces si la base es mala probablemente el Tratamiento Superficial fallaría por más buena subrasante que encontremos sobre la estructura a proyectar, por eso se recomendaría reforzar la base sino lo tuviera ya sea con estabilizados granulométricos o agentes hidráulicos, etc.

Clasificar según las exigencias del pavimento, el tipo de Tratamiento a utilizar, ya sea categorizando por tipo de Tratamiento superficial un ligante, ya que de esta manera nos pondría un límite hasta donde usar dichos Tratamientos por que siendo realistas el tratamiento superficial no se usa para cualquier tipo de tránsito, sino que tiene sus limitaciones.

El ALD o la dimensión mínima promedio es un parámetro de mucha incidencia en el diseño, a la vista pasa desapercibido en obra, pero sino se calcula con precisión puede inferir en la dosificación del ligante en más de un 10%.

El Perú carece de un Manual práctico de diseño y ejecución para Tratamientos Superficiales generando ciertos grados de desorientación, para ello las entidades pertinentes públicas y privadas que pueden ser la administración Pública por parte del estado, consultores, contratistas, proveedores de materiales, laboratorios, etc., deberían trabajar en conjunto y en base a sus experiencias elaborar un manual con sus especificaciones para generar una guía conjuntamente con un compendio de buenas prácticas pero para Perú ya que cada país es diferente ya sea por su forma de trabajo o métodos.

## 5. Referencias Bibliográficas

- AASHTO (1993). *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washinton, D.C.: ASSHTO.
- ADC (2003). *Guideline Low-Volume Sealed Roads. Southern Africa Transport and Communications Comision*. Gabore, Botswana: ADC.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2016). “*Mejoramiento de vías terciarias - vías de tercer orden*”, “*Proyecto Tipo*”. Bogotá: DNP. Obtenido de [https://proyectostipo.dnp.gov.co/index.php?option=com\\_k2&view=item&id=157:mejoramiento-de-vias-terciarias-vias-de-tercer-orden&Itemid=113](https://proyectostipo.dnp.gov.co/index.php?option=com_k2&view=item&id=157:mejoramiento-de-vias-terciarias-vias-de-tercer-orden&Itemid=113). [Consulta: 22 de mayo de 2020].
- Dirección General de Inversión Pública (DGIP), Ministerio de Economía y Finanzas (2015). “*Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras*”. Lima: DGIP-MEF
- Kroguer, I., Kroguer, S. (2018). *Tratamientos Superficiales de Alto Desempeño*. 2ª Ed. Montevideo: Asociación Uruguaya de Caminos
- MTDCB. (2018). *Manuales Técnicos para el Diseño de Carreteras en Bolivia, VOLUMEN 4. ENSAYOS DE SUELOS Y MATERIALES, A0705. MÉTODO DE DISEÑO DE TRATAMIENTOS SUPERFICIALES*, Recuperado de [https://www.abc.gob.bo/wp-content/uploads/2018/09/manual\\_de\\_ensayo\\_de\\_suelo\\_y\\_material\\_es\\_asfaltos.pdf](https://www.abc.gob.bo/wp-content/uploads/2018/09/manual_de_ensayo_de_suelo_y_material_es_asfaltos.pdf).
- Menéndez, J. (2016). *Ingeniería de Pavimentos – Diseño de Pavimentos*. 2ª Ed. Lima: Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG).

- Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú (MTC). (2008). *Manual de Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito*. Lima: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles - MTC.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú (MTC). (2013). *Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013*. Lima: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles – MTC.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú (MTC). (2014). “Sección de Suelos y Pavimentos, R.D. N° 10-2014-MTC/14”. En G. Delgado (Ed.), “*Manual de Carreteras*”, *Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. (pp. 1-302). Lima: Dirección General de Ferrocarriles – MTC.
- Morante, H. (2019). *Pavimento Flexible con Tratamiento Superficial para Aeródromo de Tráfico Ligero*. (Tesis de licenciatura, Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería) Recuperado de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4082/ICl\\_270.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4082/ICl_270.pdf?sequence=1&isAllowed=y). [Consulta: 02 de junio de 2020].
- Pequeño, A. (2015) *Comparación de Costos y Tecnología de Mantenimiento utilizando Slurry Seal y Mantenimiento Convencional en un Pavimento Flexible*. (Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería. Cajamarca, Perú). Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/6823/Peque%C3%B1o%20Otoya%20Daniel%20Andr%C3%A9s.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Consulta: 24 de marzo de 2020].
- Quenaya, X., Tarrillo, F. (2019). *Diseño de infraestructura vial para accesibilidad del tramo C.P.U. Capote Km 0+000 al C.P.R. Pancal Km 7+000, Pícsi, Lambayeque. 2018*. (Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán, Facultad de Ingeniería, Arquitectura y

Urbanismo. Pimentel, Perú). Obtenido de <http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/6517/Quenaya%20Uceda%20Xenia%20Xyomara%20%26%20Tarrillo%20Mendoza%20Frank%20Edgar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Consulta: 24 de abril de 2020].

Revista Constructivo. (Febrero - marzo 2020). Puente Chinchipe - Solución estructural de Alta Precisión. *Revista Constructivo*, 22 (140), 34 – 44.

Silva (Setiembre, 2017). *Pavimentos económicos de buen desempeño con Otta Seal*. Lima: Ingeniería Nacional – Construyendo Obras & Vías.

Sim, D. (18 setiembre 2015). ¿Por qué los puentes peatonales no son la solución? *Ciudad Secuencia*. Recuperado de <https://ciudadsecuencia.wordpress.com/2015/09/18/por-que-los-puentes-peatonales-no-son-la-solucion/>. [Consulta: 25 de marzo 2020].

Tratamiento Superficial (sf.). Obtenido de: <https://docplayer.es/28981013-Tratamientosuperficial-html>

Vásquez, M., Villegas, B. (2019). *Diseño de la carretera Lucma - Alto Tambillo con tratamiento superficial bicapa, distrito de Lucma, Gran Chimú – La Libertad*. (Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería. La Libertad, Perú). Obtenido de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/41338?locale-attribute=en>. [Consulta: 16 de mayo de 2020].