

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



**TESIS**

**“PROPUESTA ECONÓMICA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL  
INTERCAMBIO VIAL A DESNIVEL EN LA AV. JORGE BASADRE  
GROHMANN, TRAMO: AVENIDA INTIORKO – CALLE VENEZUELA,  
ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2020”**

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

**PRESENTADO POR:  
Bach. ELMER FERNANDO CONDORI CHÁVEZ**

**TACNA – PERÚ  
2020**

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

**TESIS**

**“PROPUESTA ECONÓMICA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL  
INTERCAMBIO VIAL A DESNIVEL EN LA AV. JORGE BASADRE  
GROHMANN, TRAMO: AVENIDA INTIORKO – CALLE VENEZUELA,  
ALTO DE LA ALIANZA, TACNA – 2020”**

Tesis sustentada y aprobada el 24 de mayo del 2021, estando el jurado calificador integrado por:

**PRESIDENTE**

:

Mag. PEDRO VALERIO MAQUERA CRUZ

**SECRETARIO**

:

Mag. MARTÍN PAUCARA ROJAS

**VOCAL**

:

Mtro. SANTOS TITO GOMEZ CHOQUEJAHUA

**ASESOR**

:

Mtro. ROLANDO GONZALO SALAZAR CALDERON-JUAREZ

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Elmer Fernando Condori Chávez, en calidad de: Bachiller en Ingeniería Civil de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 70569775.

Declaramos bajo juramento que:

1. Soy autor de la tesis titulada: **“PROPUESTA ECONÓMICA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL INTERCAMBIO VIAL A DESNIVEL EN LA AV. JORGE BASADRE GROHMANN, TRAMO: AVENIDA INTIORKO – CALLE VENEZUELA, ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2020”** la misma que presento para optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

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

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

Tacna, 04 de mayo del 2021



Bach. Elmer Fernando Condori Chávez  
DNI. 70569775

## **DEDICATORIA**

A mi padre Faustino y hermano Jorge, por el respaldo incondicional brindado a lo largo de mi vida, propiciando mi superación personal y profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento especial al equipo de proyectos viales de la Subgerencia de Estudio del Gobierno Regional de Tacna, por las facilidades brindadas durante la etapa de recolección de información.

A mi asesor, Mtro. Rolando Gonzalo Salazar Calderón Juárez, quien con su paciencia y entrega oriento el perfeccionamiento de la presente investigación.

A mis docentes universitarios por inculcarme los conocimientos necesarios para poder sobrellevar mi sendero profesional.

## ÍNDICE GENERAL

	Página
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE GENERAL .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>2</b>
1.1 Descripción del problema.....	2
1.2 Formulación del problema.....	5
1.2.1 Problema general .....	5
1.2.2 Problemas específicos.....	5
1.3 Justificación e importancia .....	6
1.4 Objetivos.....	7
1.4.1 Objetivo General.....	7
1.4.2 Objetivos Específicos .....	7
1.5 Hipótesis.....	8
1.5.1 Hipótesis Principal .....	8
1.5.2 Hipótesis Especificas.....	8
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>9</b>
2.1 Antecedentes del estudio.....	9
2.1.1 A nivel Internacional.....	9
2.1.2 A nivel Nacional .....	10
2.2 Bases Teóricas .....	13

2.3	Definición de términos.....	45
<b>CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....</b>		<b>47</b>
3.1	Tipo y Nivel de la investigación .....	47
3.2	Población y/o muestra de estudio .....	47
3.3	Operacionalización de variables.....	49
3.4	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos .....	50
3.5	Procesamiento y análisis de datos .....	51
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS .....</b>		<b>52</b>
4.1	Diseño de Pavimento Flexible por la metodología AASHTO 1993 .....	52
4.2	Diseño de Pavimento Rígido por la metodología AASHTO 1993 .....	62
4.3	Evaluación Económica.....	73
4.3.1	Evaluación económica del pavimento flexible .....	74
4.3.2	Evaluación económica del pavimento rígido .....	78
4.3.3	Evaluación económica de la fase de mantenimiento y selección de la propuesta más factible .....	82
<b>CAPÍTULO V: DISCUSIÓN .....</b>		<b>94</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>95</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>96</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>97</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>99</b>
	ANEXO 1: DOCUMENTOS ACTUADOS .....	100
	ANEXO 2: RESULTADOS DEL SOFTWARE HDM-4.....	110
	ANEXO 3: MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	113

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 1: Zona de investigación Av. Jorge Basadre Grohmann L= 430 m.....	3
Figura 2: Zona de investigación Av. Tarata.....	3
Figura 3: Zona de investigación Intersección Av. Tarata/ Av.JBG .....	4
Figura 4: Sección de un pavimento flexible convencional .....	14
Figura 5: Sección de un pavimento rígido convencional .....	15
Figura 6: Procedimiento de diseño AASHTO 1993 para pavimento flexible .....	24
Figura 7: Coeficiente estructural a2 en función de diferentes parámetros de fuerza de la base .....	29
Figura 8: Coeficiente estructural a2 en función de diferentes parámetros de fuerza de la base .....	30
Figura 9: Coeficiente estructural a3 en función de diferentes parámetros de fuerza de la subbase .....	31
Figura 10: Nomograma para el cálculo del número estructural (SN) en pavimentos flexibles .....	33
Figura 11: Procedimiento de diseño AASHTO 1993 para pavimento rígido .....	34
Figura 12: Carta para estimar el módulo de reacción compuesto asumiendo una profundidad semi-infinita de la capa de soporte .....	37
Figura 13: Carta para modificar el módulo de reacción de la subrasante por la presencia de un estrato rocoso próximo a la superficie .....	38
Figura 14: Carta para modificar el módulo de reacción de la subrasante por pérdida potencial de soporte de la subbase .....	39
Figura 15: Nomograma para el cálculo del espesor (D) en pavimentos rígidos.....	42
Figura 16: Zona de estudio del intercambio vial desnivel proyectado en la Av. Jorge Basadre Grohmann, tramo: Avenida Intiorko – Calle Venezuela.....	48
Figura 17: Ubicación de puntos de aforo vehicular clasificado.....	52
Figura 18: Gráfico de Mr y (%) obtenidos .....	55
Figura 19: Cálculo del número estructural (SN) en el nomograma sugerido por la guía de la AASHTO para pavimentos flexibles .....	58
Figura 20: Cálculo de espesores de capa de la estructura de pavimento .....	60
Figura 21: Sección de pavimento flexible diseñado .....	61
Figura 22: Estimación de módulo de reacción compuesto .....	65
Figura 23: Corrección de módulo de reacción compuesto (Kc) por factor de pérdida de soporte (Ls) .....	66

Figura 24: Cálculo del espesor de losa de concreto (D) en el nomograma sugerido por la guía de la AASHTO .....	69
Figura 25: Sección de pavimento rígido diseñado.....	70
Figura 26: Acceso a la cantera Arunta .....	73
Figura 27: Planilla de metrados de la estructura de pavimento flexible diseñado....	74
Figura 28: Partida: Perfilado, nivelación y compactación .....	75
Figura 29: Partida: Subbase granular $e=0.40$ m.....	75
Figura 30: Partida: Base granular $e=0.30$ m .....	75
Figura 31: Partida: Imprimación asfáltica .....	76
Figura 32: Partida: Pavimento de concreto asfáltico en caliente $e= 0.05$ m .....	76
Figura 33: Partida: Transporte de material granular $D\leq 1$ Km .....	76
Figura 34: Partida: Transporte de material granular $D>1$ Km .....	77
Figura 35: Partida: Transporte de mezcla asfáltica para $D\leq 1$ Km .....	77
Figura 36: Partida: Transporte de mezcla asfáltica para $D>1$ Km .....	77
Figura 37: Presupuesto de la estructura de pavimento flexible diseñado.....	77
Figura 38: Planilla de metrados de la estructura de pavimento rígido diseñado.....	78
Figura 39: Partida: Subbase granular $e= 0.30$ m.....	79
Figura 40: Partida: Pavimento de concreto hidráulico $f'c= 280$ kg/cm <sup>2</sup> $e= 0.15$ m...79	
Figura 41: Partida: Encofrado y desencofrado para pavimento.....	79
Figura 42: Partida: Curado de concreto con aditivo .....	80
Figura 43: Partida: Dowells de acero liso $D= 1"$ .....	80
Figura 44: Partida: Barras de anclaje $D=1/2"$ .....	80
Figura 45: Partida: Aserrado y acordonado de juntas .....	81
Figura 46: Partida: Juntas de expansión (Tecnoport $e= 1/2"$ + sellador) .....	81
Figura 47: Presupuesto de la estructura de pavimento rígido diseñado .....	81
Figura 48: Partida: Limpieza de calzada y bermas.....	83
Figura 49: Partida: Sellado de fisuras en pavimento flexible .....	83
Figura 50: Partida: Parchado superficial en calzada .....	84
Figura 51: Sub Partida: Remoción de carpeta .....	84
Figura 52: Sub Partida: Perfilado y compactado manual.....	84
Figura 53: Sub Partida: Imprimación de parche .....	85
Figura 54: Sub Partida: Extendido y compactado manual de mezcla.....	85
Figura 55: Partida: Fresado y recapeo asfáltico de $e= 1"$ .....	85
Figura 56: Sub Partida: Fresado de pavimento asfáltico $e= 1"$ .....	85
Figura 57: Sub Partida: Riego de liga .....	86
Figura 58: Partida: Sellado de fisuras en pavimento rígido .....	86
Figura 59: Partida: Resellado de juntas .....	86

Figura 60: Sub Partida: Limpieza de juntas.....	87
Figura 61: Sub Partida: Sellado de juntas.....	87
Figura 62: Partida: Cepillado de 5mm de losas de concreto .....	87
Figura 63: Costos acumulados(s/.) Pavimento Flexible vs. Pavimento Rígido .....	92

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
Tabla 1: Requerimientos granulométricos de la subbase granular .....	22
Tabla 2: Requerimientos de calidad de la subbase granular .....	22
Tabla 3: Requerimientos granulométricos de la base granular.....	23
Tabla 4: Valores sugeridos de confiabilidad.....	25
Tabla 5: Valores de desviación estándar normal (ZR) para varios valores de confiabilidad.....	26
Tabla 6 Índice de Serviciabilidad Final (Pt) .....	27
Tabla 7 Calidad de Drenaje .....	28
Tabla 8 Valores recomendados del coeficiente de Drenaje (mi) para bases y subbases granulares no tratadas en Pavimentos Flexibles.....	28
Tabla 9: Valores de coeficientes de transferencia de carga para diversos tipos de pavimentos y distintas condiciones de diseño.....	40
Tabla 10: Operacionalización de Variables .....	49
Tabla 11: Resumen de ESAL de diseño a 20 años para pavimento flexible.....	53
Tabla 12: Resumen de ensayos CBR realizados .....	54
Tabla 13: Valores percentiles de Mr.....	55
Tabla 14: Percentiles de diseño.....	55
Tabla 15: Resumen de datos necesarios para el cálculo del Número Estructural (SN).....	57
Tabla 16: Espesores mínimos en pulgadas para carpeta asfáltica y base granular	59
Tabla 17: Requisitos mínimos para diseño de pavimento .....	59
Tabla 18: Resumen de ESAL de diseño a 20 años para pavimento rígido.....	62
Tabla 19: Resumen de datos necesarios para el cálculo del espesor de losa de concreto (D).....	67
Tabla 20: Dimensiones de losa según ancho de carril .....	71
Tabla 21: Diámetros, longitudes y separación recomendados en pasadores.....	71
Tabla 22: Diámetros, longitudes y separación recomendados en barras de amarr.	72
Tabla 23: Niveles de servicio y estándares de mantenimiento establecidos para pavimento flexible .....	82
Tabla 24: Niveles de servicio y estándares de mantenimiento establecidos para pavimento rígido .....	83
Tabla 25: Costos de las actividades de mantenimiento por tipo de pavimento.....	88
Tabla 26: Trafico actual por tipo de vehículo - Estación 01 .....	89

Tabla 27: Uniformización del tráfico de la Estación 01 según la clasificación de la OPP MTC (mayo 2011) .....	89
Tabla 28: Trafico actual por tipo de vehículo - Estación 06 .....	90
Tabla 29: Uniformización del tráfico de la Estación 06 según la clasificación de la OPP MTC (mayo 2011) .....	90
Tabla 30: Resumen de actividades de conservación: Pavimento Flexible .....	91
Tabla 31: Resumen de actividades de conservación: Pavimento Rígido .....	92

## RESUMEN

El trazo de la Vía Nacional PE-38 que se extiende por el distrito Alto de la Alianza requiere el cumplimiento de funciones viales urbanas, por lo que el Gobierno Regional de Tacna ha identificado intervenir un tramo de dicha vía comprendido entre la Av. Intiorko y la Calle Venezuela mediante el proyecto de inversión pública: “Creación del Intercambio Vial a Desnivel en la Av. Jorge Basadre Grohmann, intersecciones con la Av. Tarata e Internacional, Distrito de Alto de la Alianza – Provincia de Tacna – Departamento de Tacna” con código único de inversiones 2454759, proponiendo un paso a desnivel deprimido, el cual tiene una longitud total de 430 metros. En ese sentido la presente tesis tiene como propósito contribuir con el diseño del pavimento de la zona deprimida utilizando la metodología AASHTO 93, proponiendo dos alternativas, pavimento rígido y pavimento flexible, considerando las variables de diseño propias de los estudios de ingeniería básica que se ejecutaron para el proyecto, para simular un escenario totalmente real, asimismo se buscó determinar la propuesta más rentable, llevando a cabo una evaluación económica que incluye los costos iniciales de construcción y los costos de conservación de la estructura durante todo su periodo de diseño.

Para lograr ese objetivo se ha empleado el software de cómputo estimativo de obra PRESUPUESTOS 4.00 y el software de gestión vial HDM-4 en su versión 2.10, con el cual se simuló escenarios de deterioro y conservación del pavimento, en base a niveles de servicio y estándares de mantenimiento establecidos.

Finalmente se ha determinado que a nivel constructivo, es más conveniente optar por cimentar un pavimento rígido con una inversión total de s/.590,235.71 al final de su periodo de diseño, siendo su costo inicial de construcción de s/.584,442.23 con un monto íntegro de mantenimiento ascendente a s/.5,793.48.

**Palabras Claves:** Intercambio vial, propuesta económica, pavimento flexible, pavimento rígido.

## ABSTRACT

The line of the National Road PE-38 that extends through the district High of the Alliance requires the fulfillment of urban road functions, for which the Regional Government of Tacna has identified to intervene a section of this road between the Av. Intiorko and street Venezuela through the project of public investment: "Creation of the Interchange Road to Unevenness in the Av. Jorge Basadre Grohmann, intersections with Av. Tarata and International, Alto de la Alianza District - Tacna Province - Tacna Department" with unique investment code 2454759, proposing a depressed slope, which has a total length of 430 meters. In this sense, the present thesis aims to contribute with the design of the pavement of the depressed area by making use of the methodology AASHTO 93, proposing two alternatives, rigid pavement and flexible pavement, considering the design variables of the basic engineering studies that were carried out for the project, to simulate a totally real scenario, it was also sought to determine the most cost-effective proposal, carrying out an economic evaluation that takes into account the initial construction costs and the maintenance costs of the structure throughout its design period.

To achieve this objective, I have used the PRESUPUESTOS 4.00 construction estimation software and the HDM-4 road management software in version 2.10, with which we simulated scenarios of deterioration and maintenance of the pavement, based on established service levels and maintenance standards.

Finally, it has been determined that at the construction level, it is more convenient to choose to cement a rigid pavement with a total investment of s/.590,235.71 at the end of its design period, with its initial construction cost of s/.584442.23 with a full amount of maintenance up to s/.5,793.48.

**Keywords:** Road interchange, economic proposal, flexible pavement, rigid pavement.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años el Perú aún no ha logrado resolver los problemas suscitados por el congestionamiento vehicular, debiéndose ello esencialmente a la ineficiente infraestructura vial y al creciente parque automotor, careciendo en la mayoría de sus departamentos de una planificación urbana.

Asimismo, este es uno de los principales problemas de la región de Tacna, debido a que el número de usuarios que necesita transportarse es cada vez mayor. Esta situación se agudiza debido a que el transporte no es exclusivo de los usuarios, ya que productos que se consumen y comercializan también necesitan ser transportados. Por lo que afecta en gran medida al incremento de vehículos que transitan por la ciudad.

Actualmente en el distrito de Alto de la Alianza se desarrollan grandes actividades comerciales lo que da como consecuencia que el trazo de la carretera PE-38 cumpla funciones viales urbanas, por lo que se ha identificado la necesidad de intervenir un tramo de la Vía Nacional PE-38 comprendido entre la Av. Intiorko y la Calle Venezuela, mediante un paso a desnivel deprimido, el cual mejorará las condiciones de seguridad y niveles de servicio del flujo de vehículos que pasan a lo largo de la Av. Jorge Basadre Grohmann.

Por lo mencionado se vuelve necesario un correcto diseño de pavimento, ya sea flexible o rígido, de la zona deprimida, que pueda satisfacer las necesidades de los usuarios de la vía; además de una evaluación económica, que incluya los costos de construcción y los costos de mantenimiento, con el propósito de optimizar recursos, precisando que ambas alternativas de estructura de pavimento se proyectaron para un adecuado comportamiento.

Recordando en todo momento que el buen desempeño del pavimento está influenciado por la calidad de los materiales, un adecuado proceso constructivo y un programa de mantenimiento conveniente. Finalmente percibir que los costos son fundamentales para la selección de una alternativa de pavimento a emplear, asumiendo una orientación de rentabilidad.

## CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción del problema

La congestión vehicular generada en las horas pico en la intersección de la Av. Jorge Basadre Grohmann con la Av. Tarata ubicado en el distrito Alto de la Alianza de la ciudad de Tacna, presenta altísima demanda de vehículos por la proximidad de las salidas a la provincia de Tarata y Candarave, los cuales generan flujos lentos; el descoordinado diseño de semaforización, falta de mantenimiento a las señales de tránsito y falta de tiempos para la circulación de los peatones, denotan la necesidad de intervenir parte de la Av. Jorge Basadre Grohmann, por lo que el Gobierno Regional de Tacna ha venido desarrollando el proyecto de inversión pública: “Creación del Intercambio Vial a Desnivel en la Av. Jorge Basadre Grohmann, intersecciones con la Av. Tarata e Internacional, Distrito de Alto de la Alianza – Provincia de Tacna – Departamento de Tacna” con código único de inversiones 2454759, en el cual plantean la modificación un tramo del trazo de la Vía Nacional PE-38 desde la Av. Intiorko hasta la Calle Venezuela, mediante un paso a desnivel deprimido el cual permitirá que el flujo de vehículos circulantes mejoren sus condiciones de seguridad y niveles de servicio.

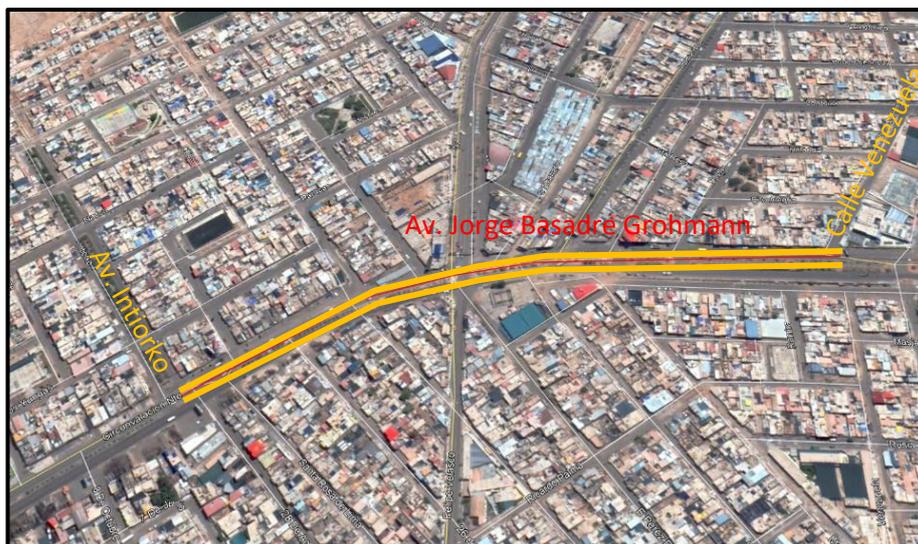
Teniendo en cuenta que un buen diseño de pavimentos consiste en establecer espesores y rigideces de los materiales para mantener la vía bajo un cierto nivel de deterioro y confort, tomando en consideración la naturaleza de la subrasante, los aspectos ambientales, densidad y composición del tráfico, y las condiciones de mantenimiento, con el propósito que la estructura de pavimento cumpla las funciones que requiere el usuario (circulación segura y confortable bajo cualquier condición de clima), la estructura (evitar daño a la subrasante, resistencia al tráfico y al clima y la impermeabilización de la estructura y/o mejora del drenaje) y el medio ambiente (Limitar el ruido, reducir impactos y emisiones y conciliar con los semblantes estéticos del entorno).

En ese sentido, se busca contribuir con el desarrollo del proyecto previamente mencionado, mediante el diseño de pavimento de la zona deprimida, planteando dos diferentes opciones; pavimento flexible y pavimento rígido, con lo cual se busca determinar la opción más factible

tomando en cuenta factores técnico - económicos, considerando las variables de diseño propias de los estudios de ingeniería básica que se realizaron para el proyecto, para poder simular un escenario totalmente real.

**Figura 1**

Zona de investigación Av. Jorge Basadre Grohmann L= 430 m



Nota: Elaboración propia – Google Earth

**Figura 2**

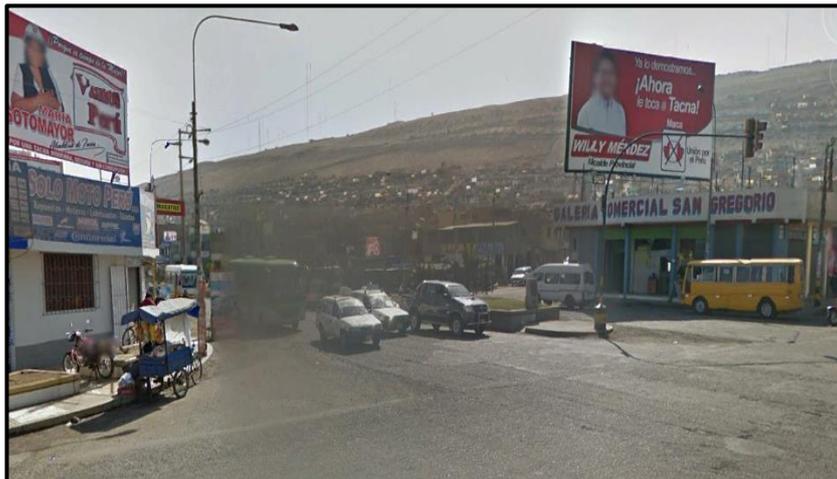
Zona de investigación Av. Tarata



Nota: Elaboración propia

**Figura 3**

Zona de investigación Intersección Av. Tarata/ Av.JBG



Nota: Elaboración propia

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cómo se determina la propuesta económica de diseño de pavimento para el intercambio vial a desnivel en la Av. Jorge Basadre Grohmann, tramo: Avenida Intiorko – Calle Venezuela, Alto de la Alianza, Tacna - 2020?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- a) ¿Cómo determinar una propuesta económica para un pavimento flexible diseñado según el método AASHTO 93 para el intercambio vial a desnivel en la Av. Jorge Basadre Grohmann?
- b) ¿Cómo determinar una propuesta económica para un pavimento rígido diseñado según el método AASHTO 93 para el intercambio vial a desnivel en la Av. Jorge Basadre Grohmann?
- c) ¿Cuál de los diseños de pavimento determina una propuesta económica menor, para el intercambio vial a desnivel en la Av. Jorge Basadre Grohmann?

### 1.3 Justificación e importancia

El presente trabajo de investigación “PROPUESTA ECONÓMICA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL INTERCAMBIO VIAL A DESNIVEL EN LA AV. JORGE BASADRE GROHMANN, TRAMO: AVENIDA INTIORKO – CALLE VENEZUELA, ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2020”, se justifica desde varios puntos de vista que se describen a continuación.

Desde el punto de vista Científico: Es imprescindible efectuar un adecuado diseño de pavimentos para el intercambio vial a desnivel proyectado en la Avenida Jorge Basadre Grohmann, lo cual conlleva determinar los espesores, materiales y conservación, para así mantener un cierto nivel de servicio durante el periodo de diseño, con el fin que la estructura de pavimento pueda evitar el daño a la subrasante por deformación excesiva y proporcione resistencia al tráfico y al clima.

Desde el punto de vista Social: Un apropiado diseño de pavimentos favorece a una circulación segura y confortable sin demoras excesivas, reduciendo costos de operación vehicular, tiempo de viaje y accidentes; asimismo contar con una evaluación económica adecuada facilita priorizar una propuesta acorde a las necesidades existentes, por lo que resulta de aplicación fundamental en el intercambio vial a desnivel proyectado en la Avenida Jorge Basadre Grohmann.

Desde el punto de vista Económico: Es importante realizar una correcta evaluación económica que permita contribuir a la selección de la mejor propuesta de diseño de pavimento a emplear para el intercambio vial a desnivel proyectado en la Avenida Jorge Basadre Grohmann y con ello evitar gastos mayores en intervenciones posteriores a realizarse durante la vida útil del proyecto, ya que la concepción de elegir una alternativa de diseño basada en solo los costos iniciales de construcción es insuficiente.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Determinar la propuesta económica de diseño de pavimento para el intercambio vial a desnivel en la Av. Jorge Basadre Grohmann, tramo: Avenida Intiorko – Calle Venezuela, Alto de la Alianza, Tacna – 2020.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- a) Determinar la propuesta económica para un pavimento flexible diseñado según el método AASHTO 93 para el intercambio vial a desnivel en la Av. Jorge Basadre Grohmann.
- b) Determinar la propuesta económica para un pavimento rígido diseñado según el método AASHTO 93 para el intercambio vial a desnivel en la Av. Jorge Basadre Grohmann.
- c) Determinar el diseño de pavimento que proporciona la evaluación más económica para el intercambio vial a desnivel en la Av. Jorge Basadre Grohmann.

## **1.5 Hipótesis**

### **1.5.1 Hipótesis Principal**

Según la estructura de los pavimentos diseñados se determina la propuesta económica menor para el intercambio vial a desnivel en la Av. Jorge Basadre Grohmann, tramo: Avenida Intiorko – Calle Venezuela, Alto de la Alianza, Tacna – 2020.

### **1.5.2 Hipótesis Especificas**

- a) La propuesta económica para un pavimento flexible diseñado según el método AASHTO 93 para el intercambio vial a desnivel en la Av. Jorge Basadre Grohmann, no es factible.
- b) La propuesta económica para un pavimento rígido diseñado según el método AASHTO 93 para el intercambio vial a desnivel en la Av. Jorge Basadre Grohmann, es factible.
- c) El diseño de pavimento rígido determina una propuesta económica menor, para el intercambio vial a desnivel en la Av. Jorge Basadre Grohmann.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes del estudio

A lo largo del tiempo se han realizado investigaciones relacionadas con la comparación de parámetros de pavimentos flexibles y pavimentos rígidos en varios países, así como también en el Perú citándose alguno de ellos a continuación.

#### 2.1.1 A nivel Internacional

(Hurtado, 2016) presentó su tesis “Análisis comparativo entre pavimento flexible y rígido para uso en ruta cantonal de El Guarco”, realizado como aporte al proyecto del camino Guayabal – Guatuso de la red Cantonal de El Guarco (Costa Rica), donde analizó 3 escenarios de pavimento flexible y tres escenarios de pavimento rígido haciendo uso de parámetros económicos como el VAN y el TIR, concluyendo que solo uno de los escenarios analizados presentó un VAN positivo, siendo este concerniente a pavimento flexible.

(Ruiz & Rodriguez, 2016) presentó su tesis “Comparación técnico – económica del uso de pavimento rígido y pavimento flexible en Nicaragua. Estudio de caso: Tramo Unikwas – Mulukuku.” realizado sobre el corredor Rio Blanco – Siuna – Puerto Cabezas, que une los poblados de Unikwas – Mulukuku, en el cual diseñó los pavimentos tanto rígido como flexible, para luego realizar una investigación y análisis técnico (evaluando el tiempo de duración del proyecto, confort, confiabilidad y seguridad a los usuarios) y económico (basado en costo iniciales y de mantenimientos requeridos), concluyendo que el pavimento rígido es la mejor alternativa por tener mayor periodo de vida, por su capacidad de absorber y disipar los esfuerzos producidos por los efectos del tránsito, asimismo por sus bajos costos de mantenimiento, resaltando a su vez que, de adopta dicha alternativa en un país de bajo nivel económico, muchas carreteras quedarían sin pavimentarse por la significativa inversión inicial.

(Farinango, 2014) presentó su tesis “Análisis comparativo de costo entre el pavimento rígido y pavimento flexible” realizado sobre el proyecto Escalón N°2, el cual tiene su inicio en el Corredor Sur Oriental Avenida Simón Bolívar y como punto de llegada el Periférico Sur Occidental (Ecuador), en el cual realizó el diseño de pavimento rígido y pavimento flexible teniendo en cuenta los mismos parámetros de diseño, para luego ejecutar un presupuesto y un análisis económico, concluyendo que el costo de la construcción de la estructura de pavimento flexible representa el 59.4% del costo del pavimento rígido, reportando aun así que la mejor alternativa a emplear es la de pavimento rígido, por las ventajas que presenta, resaltando la menor cantidad de material granular que requiere (50% menos) durante su construcción, su periodo de vida útil (20 a 40 años), su mejor capacidad de drenaje superficial, su resistencia al derrame de combustibles, su menor costo de mantenimiento rutinario y el aumento de resistencia que va adquiriendo con el tiempo.

### **2.1.2 A nivel Nacional**

(Rojas, 2019) presentó su tesis “Análisis comparativo técnico, económico para determinar propuesta de pavimentación: flexible, articulado y rígido del asentamiento humano maría augusta oliva Pimentel” realizado sobre las calles del asentamiento humano María Augusta de la Oliva, en el cual planteo diseños de pavimentos flexible, articulado y rígido, para luego proseguir con el análisis comparativo alusivo al costo total de construcción y al costo por año de servicio de las tres alternativas, reportando que el costo de construcción de la alternativa de pavimento rígido es un 29% más elevado respecto de la alternativa de pavimento flexible, asimismo el costo de construcción de la alternativa de pavimento articulado es un 36% más elevado respecto a la alternativa de pavimento flexible, concluyendo que el empleo de pavimento flexible es más económico, seguido de la alternativa de pavimento rígido y por último de la de pavimento articulado.

(Paredes & Delgado, 2019) presentó su tesis “Análisis comparativo de pavimento flexible y rígido para la reparación de las

calles del centro del Distrito de Tarapoto” realizado sobre las calles céntricas del distrito de Tarapoto, en el cual realizo una evaluación visual de las fallas existentes en el pavimento, para luego plantear diseños de pavimentos flexible y rígido y proceder con el análisis comparativo referido del tiempo empleado en la ejecución del proyecto de pavimentación y el costo por metro cuadrado de ambas alternativas, concluyendo que el pavimento flexible tiene un menor tiempo de ejecución y un menor costo, por lo que reporto a esta alternativa como la más práctica, debido a la escasas de recursos públicos.

(Vega, 2018) presentó su tesis “Diseño de los pavimentos de la carretera de acceso al Nuevo Puerto de Yurimaguas (Km 1+000 a 2+000)” realizado sobre la carretera de acceso de 9.4 kilómetros que interconecta la vía Interoceánica Norte tramo Tarapoto – Yurimaguas con el Nuevo Puerto de Yurimaguas, en la presente investigación se diseñó los pavimentos tanto rígido como flexible, para luego realizar un análisis económico considerando el costo inicial de construcción y costo de mantenimiento de ambas alternativas, concluyendo que el costo inicial de la estructura de pavimento rígido es mayor en 4.8% al del pavimento flexible, pero el mantenimiento de pavimento rígido tiene una mayor rentabilidad que el de pavimento flexible, siendo más notorio a partir de los 10 años de su periodo de vida, por lo que se seleccionó al pavimento rígido como la mejor alternativa de diseño.

(Ramírez & Roger, 2017) presentó su tesis “Estudio comparativo del diseño del pavimento rígido, semirrígido con adoquines de concreto y flexible para las calles del Sector VI C – El Milagro Trujillo – La Libertad” realizado sobre las calles del Sector VI C del distrito de Huanchaco, en el cual realizó diseños de pavimento flexible, rígido y semirrígido considerando los mismos parámetros de diseño, concluyendo que por las condiciones de suelo (CBR= 49.70 %) y tráfico (3 millones de ejes equivalentes) la mejor solución económica es la alternativa de pavimento flexible, reportando conjuntamente que el costo del pavimento rígido es mayor en 41% al del pavimento flexible y a su vez el costo de pavimento rígido es mayor en 9% al del pavimento semirrígido.

(Becerra, 2013) presentó su tesis de maestría “Comparación técnico económica de las alternativas de pavimentación flexible y rígida a nivel de costo de inversión”, realizando modelos técnicos y económicos equivalentes para ambos tipos de pavimentos las cuales fueron comparadas, concluyendo que los costos de inversión entre dichas alternativas varían en +/-20%, los cuales están relacionados a las condiciones de suelo, denotando que para suelos con CBR de 3%, los pavimentos de concreto son más económicos; para suelos con CBR de 25%, los pavimentos de asfalto son más económicos y para suelos con CBR del orden de 10% el costo es similar en ambas alternativas de pavimento.

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1 Pavimento**

(Universidad Mayor de San Simón, 2004) Lo define como una estructura formada por varias capas de espesores de diseño de material seleccionado, construido sobre el suelo de cimentación, también llamado subrasante.

Dicha estructura está proyectada para transferir y distribuir eficientemente las cargas a las que se encuentre sometida, sean estas estáticas o dinámicas durante un tiempo predeterminado, en el cual deberá percibir algún tipo de tratamiento propendiendo extender su vida de servicio.

### **2.2.2 Clasificación de los pavimentos**

(Vivar, 1995) Nos brinda una clasificación genérica de los pavimentos según.

- La calidad de los materiales utilizados en su ejecución: estabilizados, afirmados, de cemento Portland y mezclas asfálticas.
- El tipo de sollicitación o uso al que serán destinados: industriales, de carreteras, urbanos, de aeropuertos o deportivos.
- El periodo de vida para el que son diseñados y ejecutados: temporales y definitivos.
- La forma en que distribuyen las cargas al terreno: flexibles, rígidos y semirrígidos. Estos dos primeros serán motivo de estudio en la presente investigación.

#### **2.2.2.1 Pavimento flexible**

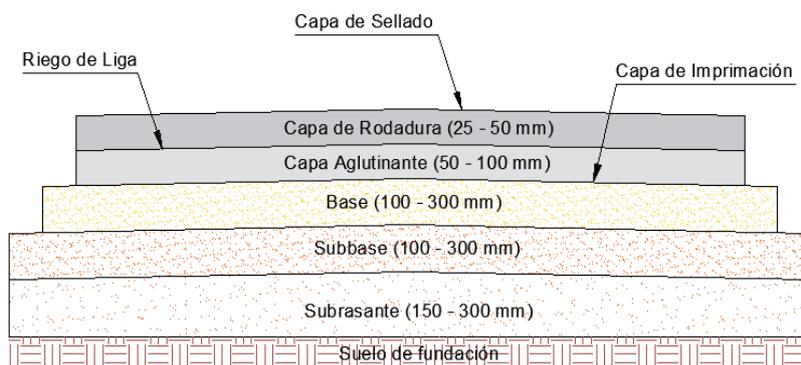
La estructura de este tipo de pavimento está formada por varias capas de espesores y calidades variables, con materiales de mejor calidad en la parte superior y de menor calidad en la parte inferior, debido al rebajamiento de los esfuerzos con el incremento de la profundidad en la estructura.

(Minaya & A., 2006) Manifiesta que el pavimento flexible presenta un módulo de elasticidad similar al de la subrasante, concentrando las cargas bajo el punto de aplicación, siendo a su vez la resistencia al corte de la subrasante muy baja, conllevando ello a originar grandes presiones en la misma.

(Huang, 2004) Señala que la sección de un pavimento flexible está constituida, iniciando de la parte externa, de la siguiente manera: capa de sellado, capa de rodadura, riego de liga, capa aglutinante, capa de imprimación, base, subbase, subrasante y suelo de fundación.

**Figura 4**

Sección de un pavimento flexible convencional



Nota: (Huang, 2004).

### 2.2.2.2 Pavimento rígido

La estructura de este tipo de pavimento está formada por una losa de concreto apoyada sobre una capa de material seleccionado o directamente sobre la subrasante, esto dependiendo de las propiedades de la subrasante y de las cargas de tráfico.

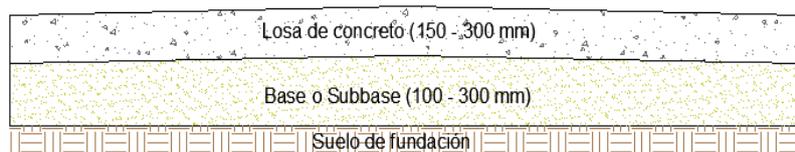
El pavimento rígido por tener un elevado módulo de elasticidad con referencia a la subrasante, reparte las cargas

sobre una mayor superficie, generando por ello menores presiones sobre la fundación del pavimento.

(Huang, 2004) Señala que la sección de un pavimento rígido está constituida de una losa de concreto y una capa de base o subbase.

### Figura 5

Sección de un pavimento rígido convencional



Nota: (Huang, 2004).

(Huang, 2004) Señala que los pavimentos rígidos se clasifican en cuatro tipos:

- Pavimento articulado de concreto simple (JPCP): Este tipo de pavimento rígido es el más común, controlando las grietas por medio de juntas de contracción separadas entre 4.5 y 9 m. JPCP no utiliza ningún tipo de refuerzo de acero pero utiliza pasadores (dowels) en las juntas transversales y barras de unión en las juntas longitudinales.
- Pavimento articulado de concreto reforzado (JRCP): El acero de refuerzo no incrementa la capacidad resistente de la estructura; por otro lado, si favorece aun mayor espaciamiento entre juntas alrededor de 9 a 30 m. El refuerzo de acero es diseñado para sostener firmemente juntas las grietas transversales. Debido al mayor espaciamiento entre paneles, el uso de pasadores y barras de unión también se utilizan en las juntas transversales y longitudinales.

- Pavimento continuo de concreto reforzado (CRCP): Este tipo de pavimento no requiere juntas de contracción y permite la formación de grietas transversales que se mantienen unidas con el acero de refuerzo continuo. Las grietas se forman generalmente a intervalos de 1.1 hasta 2.4 m. El acero de refuerzo solo es útil para controlar los espaciamientos y anchos de las grietas mas no como contribución estructural al pavimento.
- Pavimento de concreto preesforzado (PCP): La preaplicación de un esfuerzo de compresión al concreto reduce los esfuerzos de tracción causados por las cargas de tráfico y como consecuencia se reduce el espesor de la losa de concreto. Este tipo de pavimento tiene menos posibilidades de agrietarse y tienen un menor número de juntas transversales.

Para el desarrollo de la presente tesis se considerará para el caso de pavimento flexible el uso de una subrasante, subbase granular, base granular y carpeta asfáltica; y para el caso del pavimento rígido se considerará el uso de una subrasante, base granular y losa de concreto.

### **2.2.3 Datos necesarios para el diseño**

Para determinar las variables fundamentales que participarán en el diseño, construcción y comportamiento de las estructuras de los pavimentos, es indispensable realizar estudios técnicos.

#### **2.2.3.1 Estudio de tráfico**

El flujo vehicular es el variable más notable a considerar para el diseño de los pavimentos, haciendo referencia a los tipos de vehículos que van a circular en el área de estudio y la frecuencia con que lo realizarán.

(Montejo, 2002) Señala que la finalidad del estudio de tráfico es el de expresar el flujo vehicular en términos de carga equivalente de eje simple o también llamado ESAL.

El método a utilizar para el cálculo del tráfico corresponderá a la transformación de los diferentes tipos de vehículos a un eje estándar equivalente (EALF), seguidamente se calculará el número de repeticiones de ejes equivalentes durante el periodo de diseño del pavimento (ESAL).

### Índice Medio Diario Anual (IMDA)

(Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018) Indica que el IMDA es el resultado de los conteos volumétricos y clasificación vehicular en campo durante una semana influenciado por un factor de corrección, obteniéndose la siguiente formula.

$$\text{IMDA} = \text{IMDS} \times \text{FC}$$

Donde.

- IMDS es el índice medio diario semanal.
- FC representa el factor de corrección estacional.

### Tasa de crecimiento anual

Este factor se suele estimar con información histórica del crecimiento del tráfico o mediante indicadores macroeconómicos.

Puesto que la tasa de crecimiento no es uniforme, se usa diferentes tasas de crecimiento para diferentes tipos de vehículos, haciendo uso de las siguientes formulas.

Vehículos ligeros.

$$r_{VL} = r_{pob} \times r_{percápita} \times E_{VL}$$

Ómnibus.

$$r_O = r_{PBI} \times E_O$$

Vehículos de carga.

$$r_{VC} = r_{PBI} \times E_{VC}$$

Donde.

- $r_{VL}$  es la tasa de crecimiento anual de vehículos de ligeros, camioneta rural y micros.
- $r_{pob}$  es la tasa de crecimiento anual poblacional.
- $r_{percápita}$  es la tasa de crecimiento anual de PBI percápita.
- $E_{VL}$  es la elasticidad de la demanda del tráfico de vehículos ligeros, camioneta rural y micros.
- $r_O$  es la tasa de crecimiento anual de ómnibus.
- $r_{PBI}$  es la tasa de crecimiento del PBI.
- $E_O$  es la elasticidad de la demanda de ómnibus.
- $r_{VC}$  es la tasa de crecimiento anual de vehículos de carga.
- $E_{VC}$  es la elasticidad de la demanda del tráfico de vehículos de carga.

#### Factor de carga equivalente por eje (EALF)

A continuación, se presenta las ecuaciones empleadas para el cálculo del EALF según la AASHTO para pavimentos flexibles.

$$\log \frac{W_{tX}}{W_{t18}} = 4.79 \log(18 + 1) - 4.79 \log(L_X + L_2) + 4.33 \log L_2$$

$$+ \frac{G_t}{\beta_X} - \frac{G_t}{\beta_{18}}$$

$$G_t = \log \left( \frac{4.2 - p_t}{4.2 - 1.5} \right)$$

$$\beta_x = 0.40 + \frac{0.081 (L_x + L_2)^{3.23}}{(SN + 1)^{5.19} L_2^{3.23}}$$

Donde:

- $W_{tx}/W_{18}$  es el factor de carga equivalente por eje.
- $L_2$  es el factor que depende del tipo de eje (1 para ejes simples, 2 para ejes tándem y 3 para ejes trídem).
- $L_x$  es la carga por eje en kips.
- SN es el número estructural de diseño.
- $G_t$  es función de  $p_t$
- $P_t$  es el índice de serviciabilidad final.
- $\beta_{18}$  es el valor que toma  $\beta_x$  cuando  $L_x$  es igual a 18 y  $L_2$  es igual a 1.

Por otra parte, las ecuaciones usadas para el cálculo del EALF según el AASHTO para pavimentos rígidos se presentan a continuación.

$$\log \frac{W_{tx}}{W_{t18}} = 4.62 \log(18 + 1) - 4.62 \log(L_x + L_2) + 3.28 \log L_2$$

$$+ \frac{G_t}{\beta_x} - \frac{G_t}{\beta_{18}}$$

$$G_t = \log \left( \frac{4.5 - p_t}{4.5 - 1.5} \right)$$

$$\beta_x = 1.00 + \frac{3.63 (L_x + L_2)^{5.20}}{(D + 1)^{8.46} L_2^{3.52}}$$

Donde las variables empleadas tienen el mismo significado que para el caso de pavimentos flexibles con excepción de la variable D que no está definida, ya que representa el espesor de la losa de concreto.

### Tráfico de diseño

La expresión de cálculo es la siguiente.

$$n_i = (n_0)_i \times G \times D \times L \times 365 \times Y$$

Donde.

- $n_i$  es el número total de repeticiones por día para el grupo de carga  $i$ .
- $(n_0)_i$  es el número inicial de repeticiones por día para el grupo de carga  $i$ .
- $Y$  es el periodo de diseño en años.
- $L$  es el factor de distribución de carril.
- $D$  es el factor de distribución direccional.
- $G$  es el factor de crecimiento.

Luego de haber obtenido los datos anteriores se calcula el valor de ESAL, que representa el número de ejes equivalentes al cual estará sometido el pavimento a largo de su periodo de diseño.

$$ESAL = \sum_{i=1}^m p_i F_i \times ADT_0 \times G \times D \times L \times 365 \times Y$$

El valor de:

$$ESAL = \sum_{i=1}^m p_i F_i \times ADT_0$$

Representa la sumatoria de la multiplicación del número de repeticiones de un vehículo por su respectivo EALF.

### **2.2.3.2 Estudio de mecánica de suelos y canteras**

El objetivo del estudio de mecánica de suelos es determinar las características físico mecánicas de los materiales que conforman el suelo de fundación de la estructura de pavimento, es decir la capacidad de soporte que presenta la subrasante (módulo de resiliencia para pavimentos flexibles y módulo de reacción de la subrasante para pavimentos rígidos), a su vez el estudio de canteras tiene por finalidad calificar el material granular que será empleado como subbase y base del pavimento.

#### Subrasante

Para el caso de pavimentos flexibles, el módulo resiliente ( $M_r$ ) se puede hallar mediante el uso de fórmulas que lo correlacionan directamente con los resultados del ensayo CBR (%).

Para el caso de pavimentos rígidos, la metodología AASHTO 93 presenta algunas diferencias para el cálculo del módulo de reacción de la subrasante, por lo que este punto se detalla más adelante.

#### Subbase

(Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013)  
Señala que material de subbase debe ajustarse a una de las franjas granulométricas indicadas en la siguiente tabla.

**Tabla 1**

Requerimientos granulométricos de la subbase granular.

Tamiz	% Pasante en peso			
	Gradación A*	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm. (2")	100	100	-	-
25 mm. (1")	-	75 - 95	100	100
9.5 mm. (3/8")	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100
4.75 mm. (N°4)	25 - 55	30 - 60	35 - 65	50 - 85
2 mm. (N°4)	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70
425 µm. (N°40)	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45
75 µm. (N°200)	2 - 8	5 - 15	5 - 15	8 - 15

\* En zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 msnm

Nota: (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013).

Además, el material también deberá satisfacer los siguientes requisitos de calidad.

**Tabla 2**

Requerimientos de calidad de la subbase granular.

Ensayo	Norma MTC	Requerimiento	
		<3000 msnm	≥3000 msnm
Abrasión	MTC E 207	50 % máx.	50 % máx.
CBR (100% MDS)	MTC E 132	40 % mín.	40 % mín.
Límite Líquido	MTC E 110	25 % máx.	25 % máx.
Índice de Plasticidad	MTC E 111	6 % máx.	4 % máx.
Equivalente Arena	MTC E 114	25 % mín.	35 % mín.
Sales Solubles	MTC E 219	1 % máx.	1 % máx.
Partículas Chatas y Alargadas	-	20 % máx.	20 % máx.

Nota: (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013).

(Ministerio de Vivienda, 2010) Indica que el CBR mínimo a considerar para una subbase granular es de 40%.

## Base

(Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013)

Señala que el material de base debe ajustarse a una de las franjas granulométricas indicadas en la siguiente tabla.

**Tabla 3**

Requerimientos granulométricos de la base granular.

Tamiz	% Pasante en peso			
	Gradación A*	Gradación B	Gradación C	Gradación D
<b>50 mm. (2")</b>	100	100	-	-
<b>25 mm. (1")</b>	-	75 - 95	100	100
<b>9.5 mm. (3/8")</b>	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100
<b>4.75 mm. (N°4)</b>	25 - 55	30 - 60	35 - 65	50 - 85
<b>2 mm. (N°4)</b>	15 - 40	20 - 45	25 - 50	40 - 70
<b>425 µm. (N°40)</b>	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45
<b>75 µm. (N°200)</b>	2 - 8	5 - 15	5 - 15	8 - 15

**\* En zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 msnm**

Nota: (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013).

(Ministerio de Vivienda, 2010) Indica que el CBR mínimo a considerar para una base granular es de 80%.

### **2.2.3.3 Estudio pluviométrico y meteorológico**

Con referencia a los estudios efectuados por el SENAMHI, clasifica al clima de Tacna como cálido, semi – árido y húmedo cuyas precipitaciones son escasas, que por lo general no son superiores a 900 mm. Para la metodología AASHTO es necesario definir la variable de coeficiente de drenaje, la cual está relacionada con el porcentaje de tiempo que el pavimento se encuentra sometido a niveles próximos a la saturación. Dicho porcentaje varía en valores de menores a 1%, entre 1% y 5%, entre 5% y 25% y mayores a 25%. Por lo descrito preliminarmente, se concluye que el porcentaje de tiempo que el pavimento se encuentra sometido a niveles próximos a la saturación es de mayor a 25%, debido a la variabilidad de precipitaciones durante todo el año en la zona de estudio.

A su vez en Tacna se reporta una temperatura media anual de 21.5 °C, registrándose temperaturas que durante el día llegan a los 27 °C y durante la noche no bajan de los 16 °C.

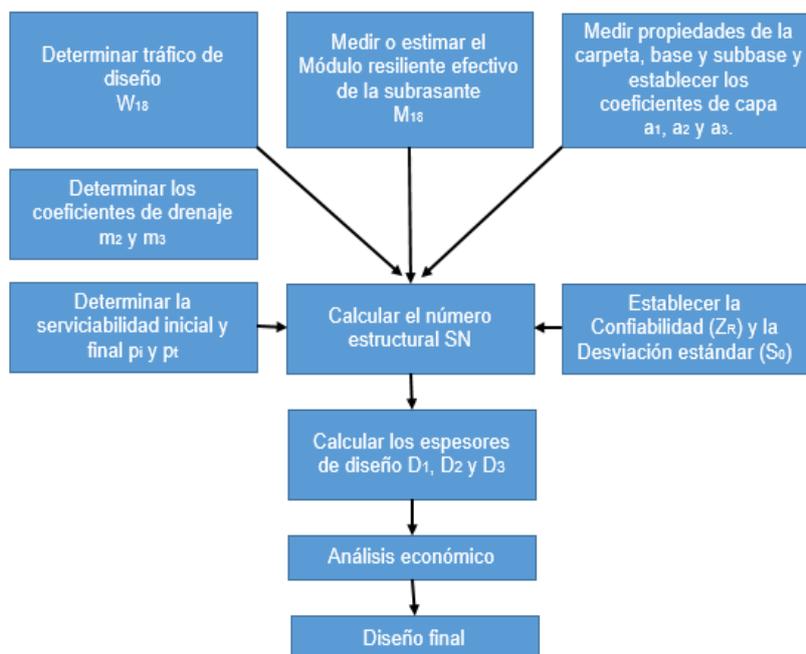
## 2.2.4 Metodología de diseño AASHTO 93

### 2.2.4.1 Diseño de Pavimento Flexible

#### Procedimiento de diseño

**Figura 6**

Procedimiento de diseño AASHTO 1993 para pavimento flexible



Nota: (American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993).

#### Variables de diseño

- Tránsito de diseño; corresponde al número de ejes equivalentes (ESAL), cuya manera de cálculo fue detallado anteriormente.

- Confiabilidad; (AASHTO, 1993) Lo define como la posibilidad de que la estructura de pavimento logre su función prevista bajo las condiciones que ocurran en ese periodo. A continuación, se muestra un cuadro de valores sugeridos por la guía AASHTO.

**Tabla 4**

Valores sugeridos de confiabilidad.

Clasificación Funcional	Nivel recomendado de confiabilidad	
	Urbano	Rural
<b>Autopistas interestatales y otras autopistas</b>	85 - 99.9	80 - 99.9
<b>Arteriales principales</b>	80 - 99	75 - 95
<b>Colectoras</b>	80 - 95	75 - 95
<b>Locales</b>	50 - 80	50 - 80

Nota: (American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993).

Cabe recalcar que la Av. Jorge Basadre Grohmann tiene la calificación de ser una vía arterial, según la estructura del sistema vial urbano de la ciudad de Tacna.

Cabe destacar que el valor de confiabilidad no es un parámetro de ingreso directo, por lo que debe ser convertido a un coeficiente estadístico conocido como Desviación Normal Estándar ( $Z_r$ ). La guía AASHTO recomienda los siguientes valores.

**Tabla 5**

Valores de desviación estándar normal (ZR) para varios valores de confiabilidad.

Confiabilidad, R (%)	Desviación normal estándar, ZR
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Nota: (American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993).

- Desviación Estándar Combinada; (AASHTO, 1993) Define que: “Es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de otros factores que afectan el comportamiento del pavimento”. La guía AASTHO recomienda emplear valores entre 0.40 a 0.50 por lo que se determinó usar el valor de 0.45.
- Módulo de resiliencia de la subrasante; (Minaya & A., 2006) Lo define como: “La capacidad de soporte de la subrasante, que relaciona las tensiones aplicadas y las deformaciones recuperables”, cuyo ensayo es parecido a un ensayo triaxial, donde se aplica un esfuerzo desviador cíclico a la muestra previamente confinada, dicho esfuerzo desviador está en función de la carga, la velocidad y el confinamiento.

(AASHTO, 1993) Recomienda el uso de la siguiente expresión para su cálculo, el cual va correlacionado con el valor de CBR de la subrasante.

$$\text{CBR} < 7.2\% \rightarrow \text{Mr}(\text{psi}) = 1500 \times \text{CBR}$$

$$7.2\% < \text{CBR} < 20\% \rightarrow \text{Mr}(\text{psi}) = 3000 \times \text{CBR}^{0.65}$$

$$\text{CBR} > 20\% \rightarrow \text{Mr}(\text{psi}) = 4326 \times \text{Ln}(\text{CBR}) + 241$$

- **Serviciabilidad;** (AASHTO, 1993) Lo delimita como: “La comodidad de circulación que se ofrece al usuario cuyo valor varía de 0 a 5”. El valor de 5 refleja una excelente comodidad y por el contrario el valor de 0 refleja la peor comodidad.

(Ministerio de Vivienda, 2010) Señala valores de serviciabilidad final (Pt) según la clasificación funcional del sistema vial urbano, el cual se aprecia en la siguiente tabla.

**Tabla 6**

Índice de Serviciabilidad Final (Pt).

<b>Pt</b>	<b>Tipo de Vía</b>
3	Expresas
2.5	Arteriales
2.25	Colectoras
2	Locales y estacionamiento

Nota: (Ministerio de Vivienda, 2010).

(AASHTO, 1993) Recomienda un valor de serviciabilidad inicial ( $P_0$ ) del orden de 4.2 para pavimentos flexibles.

- **Coefficientes de drenaje;** (AASHTO, 1993) Lo define como la representación de la incidencia entre la calidad de drenaje en la vía y el porcentaje de tiempo que la estructura de pavimento estará sometida a niveles de humedad cercanos a la saturación.

**Tabla 7**

Calidad de Drenaje.

CALIDAD DE DRENAJE	TIEMPO EN QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA
<b>Excelente</b>	2 horas
<b>Bueno</b>	1 día
<b>Mediano</b>	1 semana
<b>Malo</b>	1 mes
<b>Muy malo</b>	El agua no evacua

Nota: (American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993).

Asimismo, se presenta los valores de coeficiente de drenaje  $m_i$ , para porcentajes de tiempo en que la estructura de pavimento estará expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación.

**Tabla 8**

Valores recomendados del coeficiente de Drenaje ( $m_i$ ) para bases y subbases granulares no tratadas en Pavimentos Flexibles.

CALIDAD DE DRENAJE	P=% DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTA EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCANO A LA SATURACION.			
	MENOR QUE 1%	1% - 5%	5% - 25%	MAYOR QUE 25%
<b>Excelente</b>	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
<b>Bueno</b>	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
<b>Regular</b>	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
<b>Pobre</b>	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
<b>Muy pobre</b>	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Nota: (American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993).

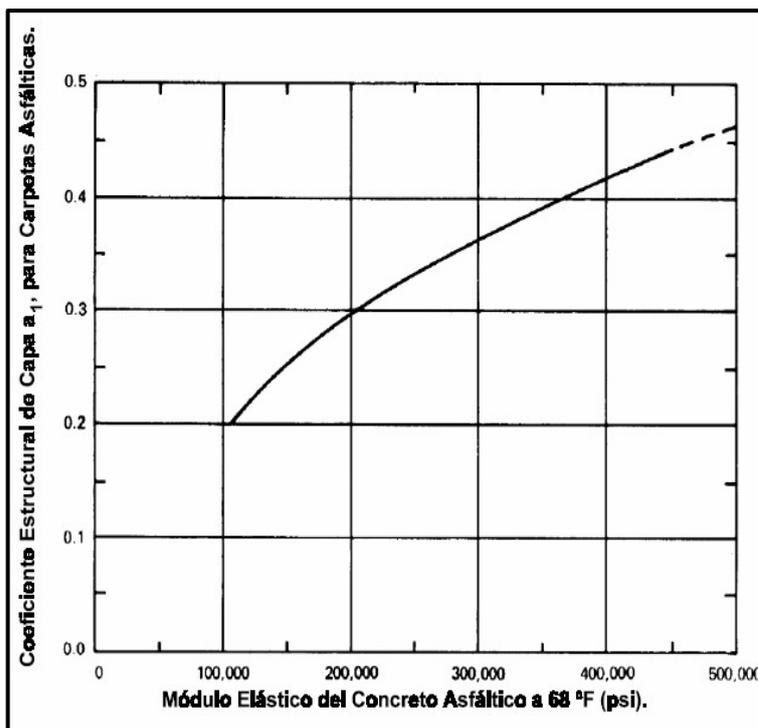
- Coeficientes estructurales de capa; (AASHTO, 1993) Lo delimita como una medición de la capacidad relativa de una unidad de espesor de un material definido para desempeñarse como un constituyente estructural del pavimento.

Para el caso de pavimento flexible se usaron los siguientes coeficientes de capa:  $a_1$ ,  $a_2$  y  $a_3$ , representando a la carpeta asfáltica, base y subbase respectivamente.

Estos coeficientes pueden ser hallados a partir de correlaciones con las propiedades del material conformante de cada capa de la estructura de pavimento.

### Figura 7

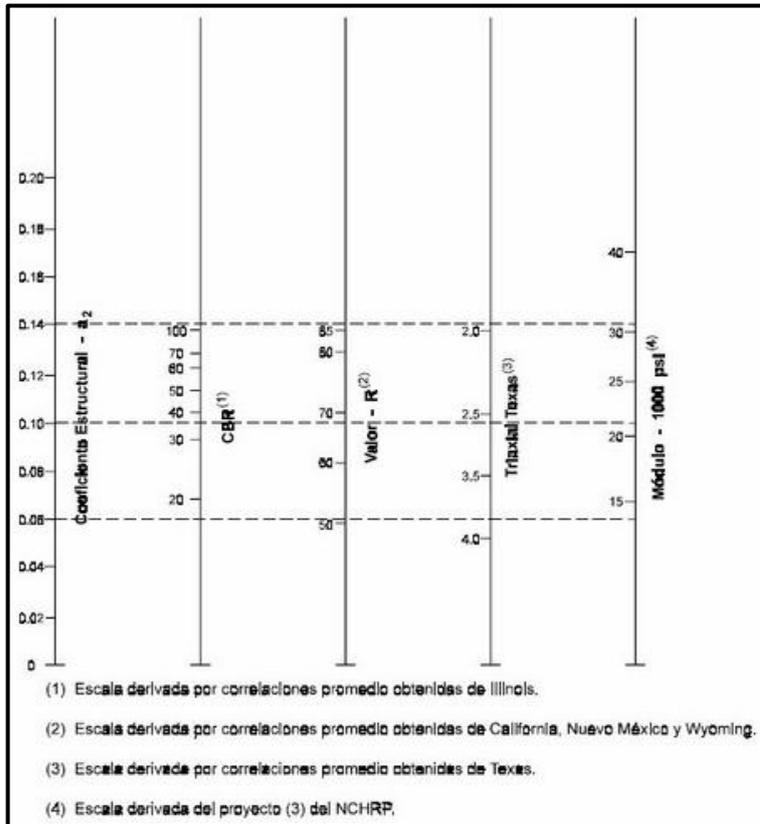
Coefficiente estructural  $a_2$  en función de diferentes parámetros de fuerza de la base



Nota: (American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993).

**Figura 8**

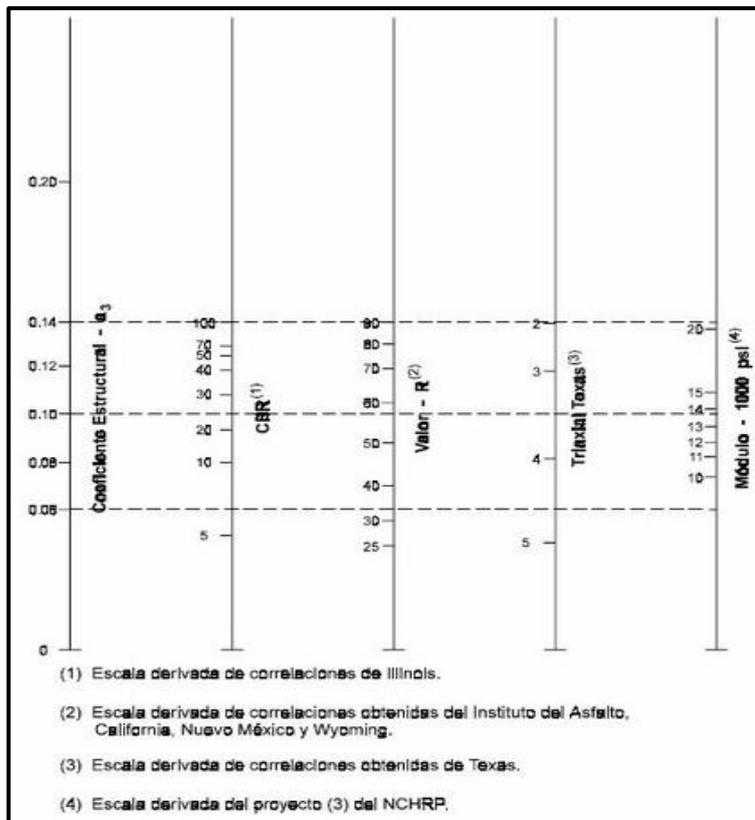
Coeficiente estructural a2 en función de diferentes parámetros de fuerza de la base



Nota: (American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993).

**Figura 9**

Coeficiente estructural a3 en función de diferentes parámetros de fuerza de la subbase



Nota: (American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993).

Diseño de espesores

Para determinar los espesores de las capas conformantes de la estructura de pavimento flexible, la guía de la AASHTO propone la siguiente ecuación para el cálculo del número estructural (SN).

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log(M_R) - 8.07$$

Donde.

- $W_{18}$  es el número estimado de ejes simples equivalentes de 8.2 toneladas (ESAL).
- $S_0$  es la desviación estándar combinada.
- $Z_R$  es la desviación estándar normal.
- $\Delta PSI$  es la variación de serviciabilidad.
- $M_R$  es el módulo de resiliencia.
- SN es el número estructural.

Asimismo, la guía de la AASHTO brinda un nomograma, para simplificar el cálculo del número estructural, el cual es presentado a continuación.

(Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014)  
Indica que luego de haber determinado el número estructural, este valor debe ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que constituyen la estructura de pavimento (capa de rodadura, base y subbase), mediante el empleo de coeficientes estructurales, esta conversión resulta de aplicar la siguiente ecuación.

$$SN = a_1 d_1 + a_2 d_2 m_2 + a_3 d_3 m_3$$

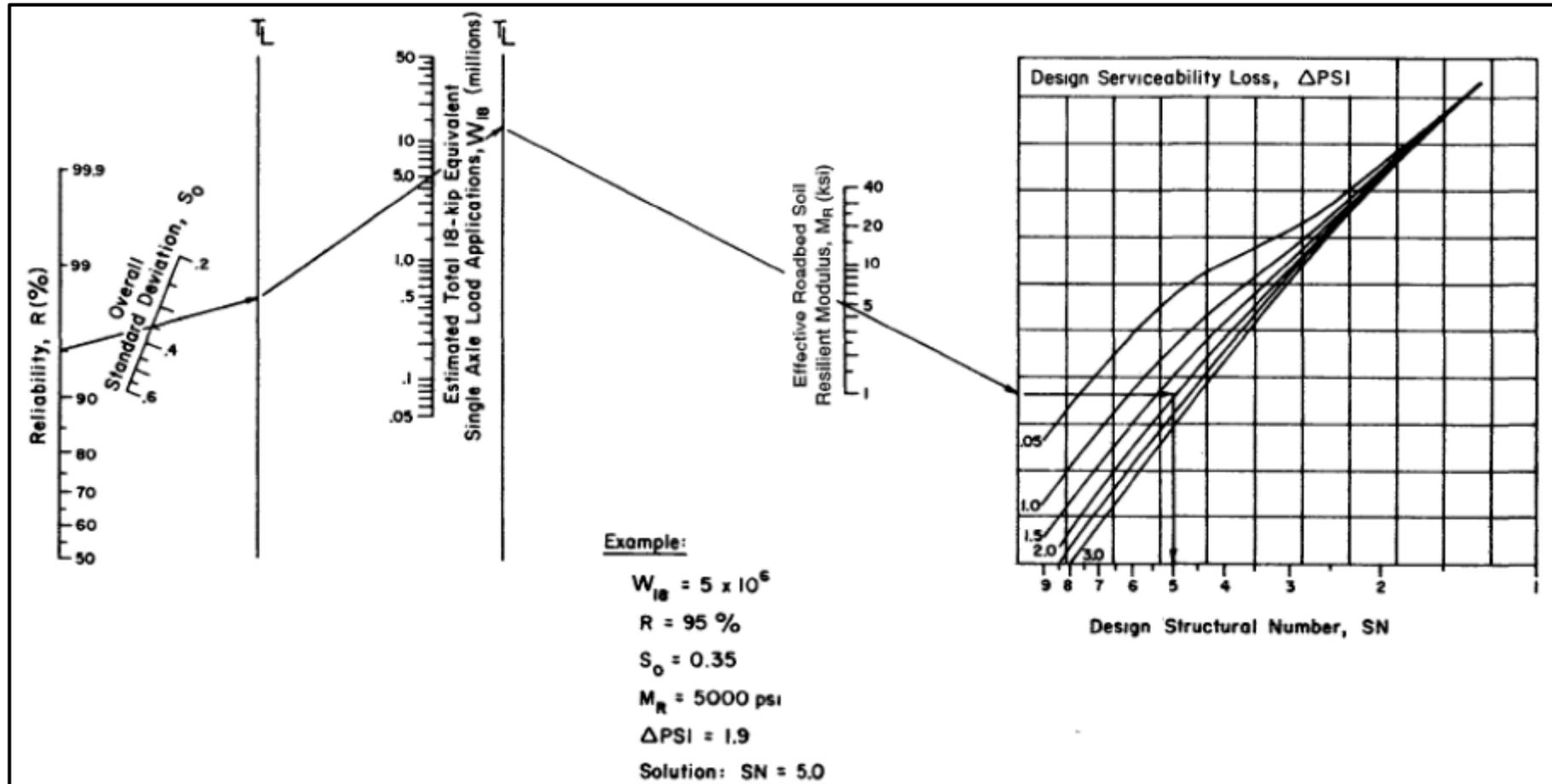
Donde:

- $a_1, a_2, a_3$  son los coeficientes estructurales de la capa de rodadura, base y subbase respectivamente.
- $d_1, d_2, d_3$  son los espesores (en centímetros) de la capa de rodadura, base y subbase respectivamente.
- $m_2, m_3$  son los coeficientes de drenaje de las capas de base y subbase respectivamente.

(AASHTO, 1993) Señala que la ecuación anterior no tiene solución única, es decir hay varias combinaciones de espesores de cada capa que proporcionan soluciones satisfactorias.

Figura 10

Nomograma para el cálculo del número estructural (SN) en pavimentos flexibles



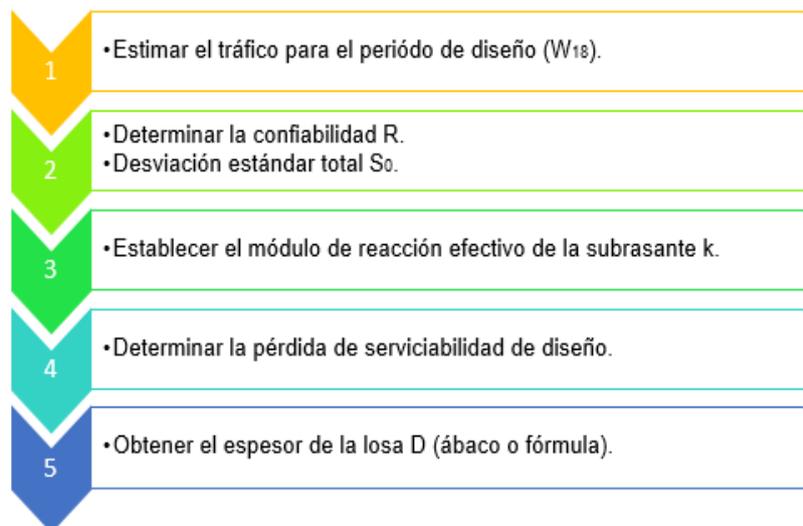
Nota: (American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993).

## 2.2.4.2 Diseño de Pavimento Rígido

### Procedimiento de diseño

**Figura 11**

Procedimiento de diseño AASHTO 1993 para pavimento rígido



Nota: (American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993).

### Variables de diseño

- Tránsito de diseño; corresponde al número de ejes equivalentes (ESAL), cuya manera de cálculo fue detallado anteriormente, cabe destacar que el valor que asume esta variable no es igual que en el caso de pavimentos flexibles.
- Confiabilidad; (AASHTO, 1993) Lo define como la posibilidad de que la estructura de pavimento logre su función prevista bajo las condiciones que ocurran en ese periodo. Tanto este valor como su respectivo valor de desviación estándar normal son determinados con las tablas que proporciona la guía AASHTO, las cuales son las mismas que para el caso de pavimentos flexibles.
- Desviación Estándar Combinada; (AASHTO, 1993) Señala que este valor considera la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de otros factores involucrados que

alteran el comportamiento del pavimento. La guía AASTHO recomienda emplear el valor de 0.34 cuando se haya realizado un conteo vehicular y de 0.39 de no ser así.

- Serviciabilidad; (Minaya & A., 2006) Lo delimita como: “La calidad de servicio del pavimento y se magnifica en una escala de 0 a 5”. El valor de 5 refleja una excelente comodidad y por el contrario el valor de 0 refleja la peor comodidad.

(AASHTO, 1993) Recomienda un valor de serviciabilidad inicial ( $P_0$ ) del orden de 4.5 para pavimentos rígidos.

- Propiedades del concreto; son dos los parámetros necesarios que se requieren como parte de las propiedades del concreto para ser empleados en el diseño del espesor de pavimento rígido, siendo estos los siguientes.

El módulo elástico ( $E_c$ ); (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014) Señala que: “Es un parámetro importante para el dimensionamiento de estructuras de concreto armado. El cálculo del mismo se puede efectuar a partir de la resistencia a compresión a través de correlaciones establecidas”. Dicha forma de cálculo se encuentra dado por la siguiente expresión.

$$E_c = 15,000 \sqrt{f'_c}$$

Asimismo, el Ministerio de Vivienda recomienda emplear un concreto con módulo de rotura mayor e igual que  $34 \text{ kg/cm}^2$  (3.4 MPa).

El módulo de rotura ( $S_c$ ); (ACI 363R-92, 1997) Delimita que este parámetro se encuentra definido por una relación proporcional de la resistencia a la compresión del

concreto, alterado por un factor ( $\alpha$ ) que varía entre 1.99 y 3.18. A continuación se muestra la expresión de módulo de ruptura del concreto.

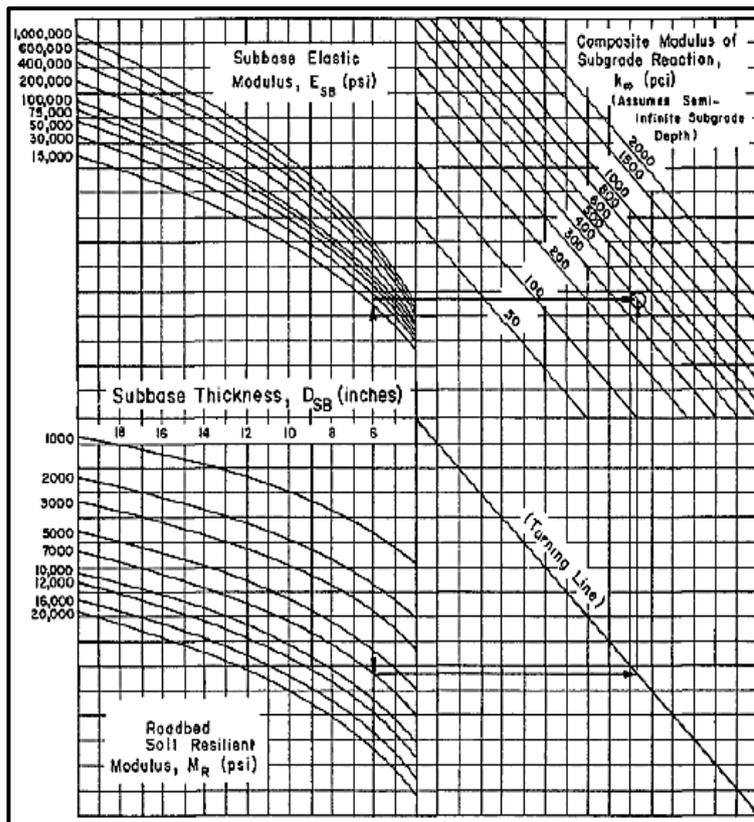
$$S_c = \alpha \sqrt{f'_c}$$

- Módulo de reacción efectivo de la subrasante (K); (Minaya & A., 2006) Lo define como: “La capacidad de soporte del suelo, que relaciona las características resistencia – deformación del terreno”, cuyo ensayo consiste en aplicar una serie de cargas para medir las deformaciones.

Asimismo, la guía de la AASHTO recomienda el uso de una base granular para valores de ESAL mayores a un millón ( $1 \times 10^6$ ), el cual a su vez, modifica el valor del módulo de reacción efectivo de la subrasante. Para poder estimar este módulo de reacción compuesto de la subrasante ( $K_c$ ), la presente guía sugiere el uso del nomograma que se aprecia en la siguiente imagen, en el que tiene como variables de entrada al módulo resiliente de la subrasante, el módulo de elasticidad de la subbase granular y el espesor de la misma.

Figura 12

Carta para estimar el módulo de reacción compuesto  
asumiendo una profundidad semi-infinita de la capa de soporte

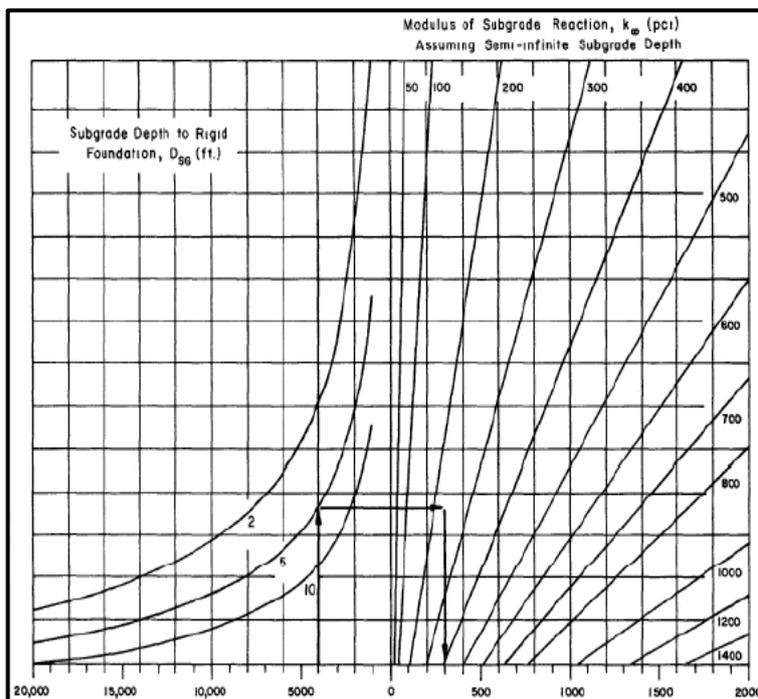


Nota: (American Association of State Highway and  
Transportation Officials, 1993).

De encontrarse la subrasante sobre un estrato rocoso el cual se sitúa a una profundidad menor de 3 metros, la guía de la AASHTO alude realizar una corrección al módulo de reacción compuesto de la subrasante, disponiendo de la siguiente gráfica.

**Figura 13**

Carta para modificar el módulo de reacción de la subrasante por la presencia de un estrato rocoso próximo a la superficie

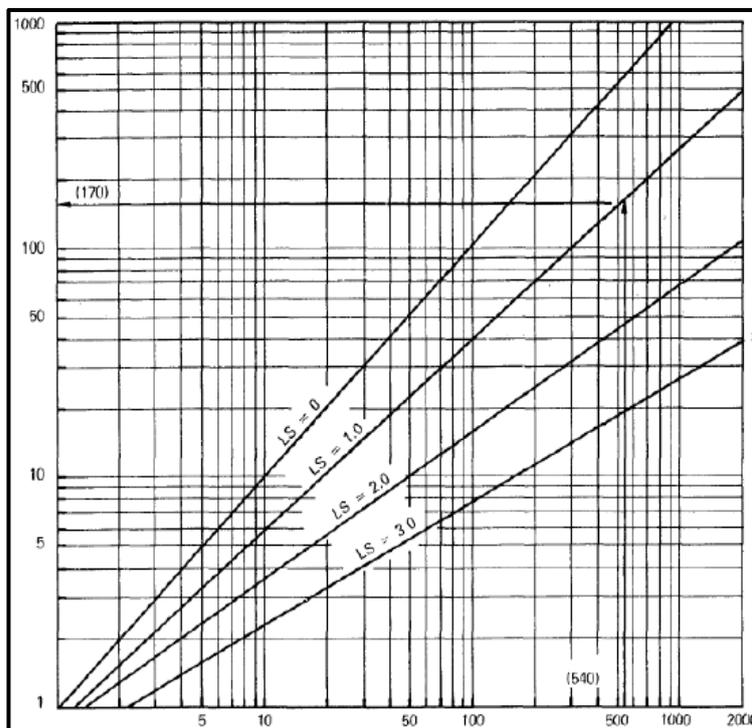


Nota: (American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993).

También es necesario tener en cuenta un decrecimiento del valor del módulo de reacción compuesto, modificado por el factor de pérdida de soporte (Ls), el cual es definido por la guía de la AASHTO como un parámetro que representa la pérdida de apoyo de las losas debido a los asentamientos diferenciales de la subrasante o al desgaste de la capa granular. De igual modo la guía alude un valor de Ls que varían entre 1 y 3 para materiales granulares sin tratar. Este decrecimiento se efectuará mediante la aplicación de la siguiente gráfica.

**Figura 14**

Carta para modificar el módulo de reacción de la subrasante por pérdida potencial de soporte de la subbase



Nota: (American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993).

- Coeficiente de transmisión de carga (J); (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014) Señala que: “Es un parámetro que expresa la capacidad de la estructura como transmisora de cargas entre juntas y fisuras”. Este valor es proporcional al espesor de losa de concreto, es decir, a mayor valor de J implica un mayor espesor de concreto.

(AASHTO, 1993) Señala que el valor que asume este coeficiente está sujeto al tipo de pavimento y berma que se construirá. A continuación, se muestra los valores recomendados por la guía AASHTO, para diversos tipos de pavimentos y distintas condiciones de diseño.

**Tabla 9**

Valores de coeficientes de transferencia de carga para diversos tipos de pavimentos y distintas condiciones de diseño.

Tipo de berma	Asfalto		Concreto Hidráulico	
	Si	No	Si	No
<b>Dispositivos de transferencia de carga</b>				
<b>JPCP y JRCP</b>	3.2	3.8 - 4.4	2.5 - 3.1	3.6 - 4.2
<b>CRCP</b>	2.9 - 3.2	N/A	2.3 - 2.9	N/A

Nota: (American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993).

Recalcando que.

- JPCP es pavimento articulado de concreto simple.
  - JRCP es pavimento articulado de concreto reforzado.
  - CRCP es pavimento continuo de concreto reforzado.
  - N/A es no aplicable.
- Coeficiente de drenaje; (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014) Señala que: "Representa la probabilidad de que la estructura bajo la losa de concreto mantenga agua libre o humedad por un corto tiempo". Su valor varía entre 0.70 y 1.25, según las condiciones del lugar, un valor alto implica mejores condiciones de drenaje, lo cual favorece a que el espesor de la losa a calcular disminuya.

### Diseño de espesores

Para poder determinar el espesor de la losa de concreto, la guía de la AASHTO propuso la siguiente ecuación:

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 7.35 \log(D + 1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1.00 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 p_t) \log \frac{Sc C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 J (D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{E_c}{K}\right)^{0.25}})}$$

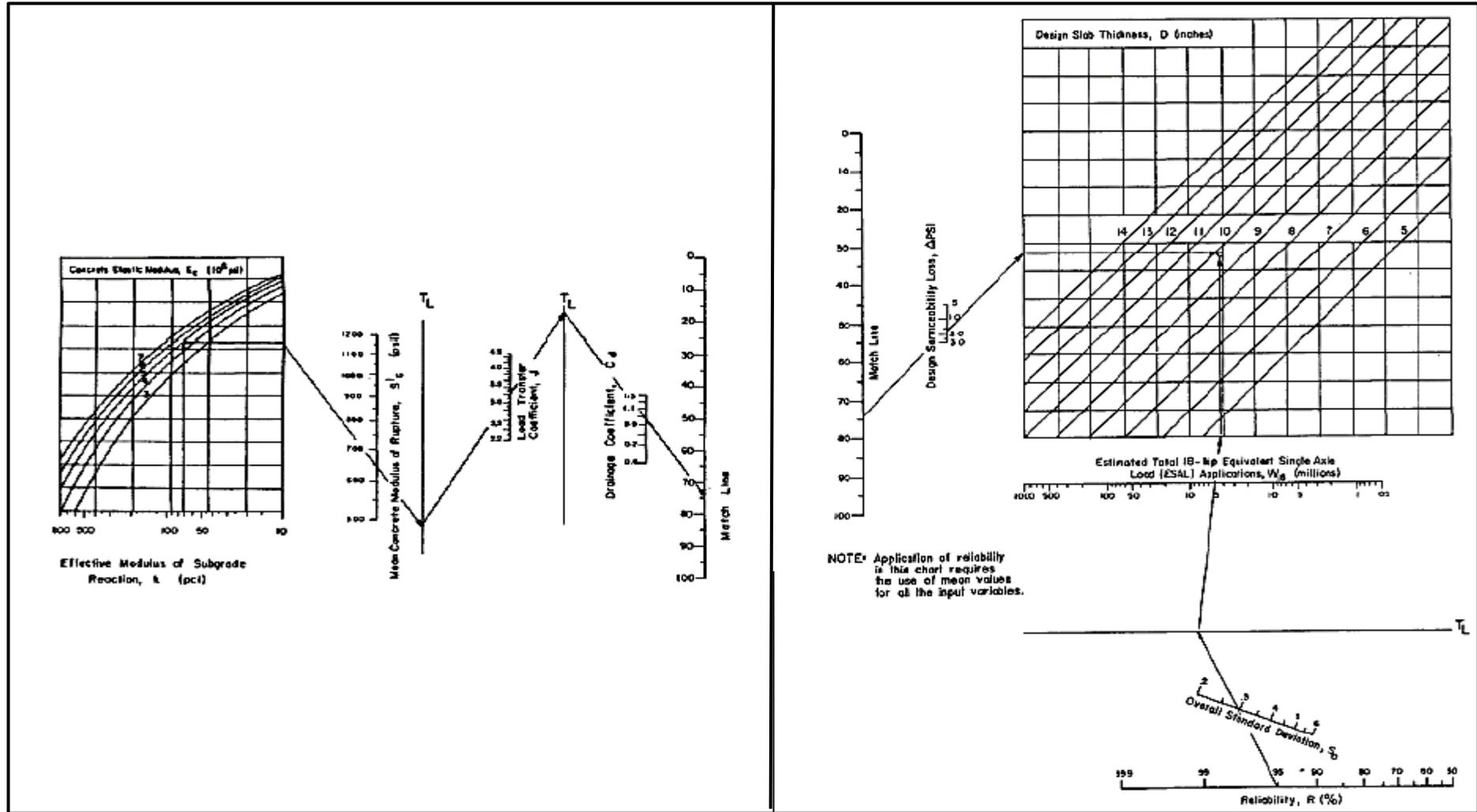
Donde.

- $W_{18}$  es el número estimado de ejes simples equivalentes de 8.2 toneladas (ESAL).
- $S_0$  es el error estándar combinado.
- $Z_R$  es la desviación estándar normal.
- $\Delta PSI$  es la variación de serviciabilidad.
- $C_d$  es el coeficiente de drenaje.
- $Sc$  es el módulo de rotura del concreto a los 28 días.
- $E_c$  es el módulo de elasticidad del concreto.
- $J$  es el coeficiente de transmisión de carga.
- $K$  es el modulo efectivo de reacción de la subrasante.
- $D$  es el espesor de la losa de concreto.

Asimismo, la guía de la AASHTO brinda un nomograma, para simplificar el cálculo del espesor de la losa de concreto, el cual es presentado a continuación.

Figura 15

Nomograma para el cálculo del espesor (D) en pavimentos rígidos



Nota: (American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993).

### 2.2.5 Evaluación económica

(AASHTO, 1993) Señala que: “Una evaluación que proporciona una base para la toma de decisiones, la cual debería considerar limitaciones de tiempo y recursos de diseño, incluyendo la necesidad de comparar alternativas, una respecto de la otra”. Para ello se debe considerar el mismo periodo, el cual debe ser escogido de tal forma que los factores involucrados en la comparación puedan ser definidos con una seguridad razonable, aludiendo que la evaluación en si no tiene relación con el método o fuente de financiamiento del proyecto.

Una evaluación económica permite contribuir a la selección de la mejor propuesta de diseño de pavimento a emplearse y con ello evitar gastos mayores en intervenciones posteriores a realizarse durante la vida útil de un proyecto, ya que la concepción de elegir una alternativa de diseño basada en solo los costos iniciales de construcción es insuficiente. Basado en ello para evaluar los costos de conservación del pavimento durante su periodo de vida útil, se hace uso del software de gestión vial HDM-4 (Highway Development Management), programa computacional desarrollado por el Banco Mundial, el Banco Asiático de Desarrollo, el Departamento de Desarrollo Internacional del Reino Unido, la Administración Nacional de Carreteras de Suecia y el TRRL (Transport and Road Research Laboratory) para su aplicación en la toma de decisiones relacionadas con la inversión en carreteras.

El HDM-4 es un software de simulación, que puede predecir el comportamiento de los pavimentos durante su periodo de vida útil y el gasto que se generaría al ejecutar su conservación.

Para su aplicación es necesario establecer niveles de servicio que deban cumplirse durante todo el periodo de vida útil del pavimento y a su vez implementar estándares de mantenimiento para poder cumplir con los niveles de servicio.

Asimismo, parte de la información que se requiere para realizar el análisis, son los datos de la operación de las carreteras, flotas vehiculares, climas, estándares de conservación, entre otros. El software aborda la sectorización homogénea de la carretera, mediante procedimientos de segmentación, los cuales constituyen las unidades de análisis del sistema.

## **2.3 Definición de términos**

### **2.3.1 Intercambio vial**

(Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018) Lo delimita como: “Zona en la que dos o más carreteras se atraviesan a distinto nivel para que se pueda llevar al cabo todos los movimientos posibles de cambio de dirección de una vía a otra evitando problemas de tráfico”.

### **2.3.2 Transitabilidad vehicular**

(Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018) Se define como: “Nivel de servicio de la infraestructura vial que asegura una condición tal de la misma que permite un flujo vehicular adecuado durante un determinado periodo”.

### **2.3.3 Diseño Vial**

(Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018) Lo delimita como: “Una relación conveniente entre los elementos geométricos de una carretera, para garantizar una circulación adecuada, tratando de mantener una velocidad de operación continua y acorde con las características generales de la vía”.

### **2.3.4 Evaluación de pavimentos**

(Corros, Urbaéz, & Corredor, 2019) Lo delimita como: “La valoración de la condición actual del pavimento, siendo su objetivo optimizar la inversión económica en intervenciones de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos, incrementando su vida útil”. Para ello se debe tomar en cuenta dos ámbitos de evaluación, correspondientes a la funcional y a la estructural.

### **2.3.5 Pavimento flexible**

(Monsalve, Giraldo, & Maya, 2012) Lo define como: “Pavimentos formados por una capa bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y subbase”. Puede optarse por prescindir de cualquiera de estas dependiendo de las necesidades propias del proyecto.

### **2.3.6 Pavimento rígido**

(Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014) Señala que: “Son pavimentos de concreto, el cual recibe el sobrenombre de “rígidos” debido a la losa de concreto que la constituye”. La losa de concreto absorbe la mayoría de los esfuerzos producidos por las repeticiones de los ejes equivalentes, proyectándolos en menor intensidad a las capas inferiores.

## **CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 Tipo y Nivel de la investigación**

El tipo de investigación que se desarrolló es aplicada con enfoque cuantitativo, que se caracteriza por emplear valores numéricos para estudiar un fenómeno.

(Hernández, 2010) Indica que este método se utiliza para en la recolección de datos para probar hipótesis, teniendo como referencia la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

Para esta investigación a través del manejo cuantitativo de los datos se busca determinar la evaluación económica de los pavimentos diseñados para el intercambio vial a desnivel en la Avenida Jorge Basadre Grohmann, tramo: Av. Intiorko – Calle Venezuela.

El diseño de investigación es descriptivo exploratorio, que se caracteriza por proveer una referencia general de la problemática acerca del tipo de pavimento a emplear en el intercambio vial a desnivel proyectado en la Avenida Jorge Basadre Grohmann, para lo cual se requiere hacer una evaluación económica para determinar la mejor alternativa a emplear.

### **3.2 Población y/o muestra de estudio**

La población motivo de estudio de la presente investigación, estará conformada por 430 m. de la Avenida Jorge Basadre Grohmann, tramo Avenida Intiorko – Calle Venezuela, el cual estará en depresión.

La muestra está constituida por los 430 m. del tramo proyectado en depresión de la Avenida Jorge Basadre Grohmann, ya que se busca un análisis representativo y real, se trabajará con el total de la población.

**Figura 16**

Zona de estudio del intercambio vial desnivel proyectado en la Av. Jorge Basadre Grohmann, tramo: Avenida Intiorko – Calle Venezuela



Nota: Elaboración Propia

### 3.3 Operacionalización de variables

**Tabla 10**

Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADORES	ESCALA
DEPENDIENTE	Sugerencia económica que expresa el costo de una alternativa de intervención, producto de una evaluación económica, el cual considera todos los costos referentes al mismo.	ECONOMICA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metrados</li> <li>• Análisis de Precios Unitarios</li> <li>• Presupuesto</li> <li>• Listado de insumos</li> </ul>	Razón
INDEPENDIENTE	Determinación de espesores de capa de la estructura, características de los materiales y condiciones de conservación de una vía, para mantener un determinado nivel de confort durante el periodo de diseño establecido.	TECNICA	<p><u>Metodología de diseño AASHTO 93. Pavimento Flexible</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tránsito de diseño (ESAL)</li> <li>• Confiabilidad (R)</li> <li>• Periodo de diseño</li> <li>• Desviación estándar combinada (So)</li> <li>• Módulo de resiliencia de la Subrasante (Mr)</li> <li>• Perdida de serviciabilidad (<math>\Delta</math>PSI)</li> <li>• Coeficientes de drenaje (<math>m_1</math> y <math>m_2</math>)</li> <li>• Coeficientes estructurales de capa (<math>a_1</math>, <math>a_2</math> y <math>a_3</math>)</li> </ul> <p><u>Metodología de diseño AASHTO 93. Pavimento Rígido</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tránsito de diseño (ESAL)</li> <li>• Confiabilidad (R)</li> <li>• Periodo de diseño</li> <li>• Desviación estándar combinada (So)</li> <li>• Propiedades del concreto (Módulo elástico - <math>E_c</math> y módulo de rotura - <math>Sc</math>)</li> <li>• Módulo de reacción efectivo de la Subrasante (Kc)</li> <li>• Perdida de serviciabilidad (<math>\Delta</math>PSI)</li> <li>• Coeficiente de transferencia de carga (J)</li> <li>• Coeficiente de drenaje (Cd)</li> </ul>	Razón

Nota: Elaboración Propia

### 3.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Teniendo conocimiento de las variables de diseño necesarias para la aplicación de la metodología AASHTO 93 para pavimento flexible y pavimento rígido, se procedió con su recaudación en el lugar de la concepción del proyecto (Av. Jorge Basadre Grohmann tramo Av. Intiorko – Calle Venezuela), siendo necesario el empleo de las técnicas de recolección de datos que se detallan a continuación.

- Fichas y guías de Observación
  - Formatos de campo
  - Aforos vehiculares
  - Calicatas
- Además de los siguientes instrumentos:
- Ficha o formulario de observación
  - Guías de observación y formatos de campo
  - Plano de distribución
  - Hoja electrónica Excel
  - Regla o cordel
  - Conos de seguridad
  - Metodología AASHTO 93

Es necesario precisar que los datos necesarios para el diseño adquiridos de los estudios técnicos correspondientes fueron brindados por el equipo técnico de proyectos viales de la Subgerencia de Estudio del Gobierno Regional de Tacna.

### **3.5 Procesamiento y análisis de datos**

Para el tratamiento de la información recolectada se tomó en cuenta los requerimientos de la metodología de diseño AASHTO 93 para pavimento flexible y pavimento rígido, a su vez el procesamiento de datos se realizó haciendo uso de hojas de cálculo, tablas de apoyo, nomogramas y software adecuados, asimismo se tuvo en consideración la norma CE.010 Pavimentos Urbanos por la ubicación del proyecto en estudio, los resultados se presentan con su respectiva memoria de cálculo y representación gráfica.

En lo concerniente a la evaluación económica, este se realizó mediante un presupuesto considerando los análisis de precios unitarios de la partidas que involucran las etapas de construcción y de mantenimiento; en lo que respecta a los costos en la etapa de mantenimiento, este se ejecutó haciendo empleo del software de gestión vial HDM-4 para una simulación predictiva del comportamiento de los pavimentos durante su periodo de vida útil.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1 Diseño de Pavimento Flexible por la metodología AASHTO 1993

VARIABLES DE DISEÑO RECOLECTADOS DE ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS EN EL LUGAR DE INTERVENCIÓN DEL PROYECTO EN ESTUDIO:

#### Tránsito de diseño

Para llevar al cabo el estudio de tráfico se ubicaron ocho puntos de aforo vehicular clasificado, los cuales se detallan gráficamente en la siguiente figura:

**Figura 17**

Ubicación de puntos de aforo vehicular clasificado



Nota: (Equipo técnico de proyectos viales de Subgerencia de estudio – GRT, 2019)

Estos puntos de aforo vehicular, fueron dispuestos de esa manera para determinar el IMD y el ESAL respectivo para el diseño de pavimento que se encontrara a nivel y también en la zona que se encontrara a desnivel (Zona deprimida), a continuación, se muestra el resumen de resultados de ESAL de diseño a 20 años para pavimento flexible de los ocho puntos de aforo vehicular clasificado.

**Tabla 11**

Resumen de ESAL de diseño a 20 años para pavimento flexible.

<b>Estación</b>	<b>Ubicación</b>	<b>ESAL de diseño (EE) a 20 años para Pavimento Flexible</b>
<b>IMD-01</b>	Av. Jorge Basadre Grohmann, en sentido de Oeste a Este en la intersección con la Av. Intiorko.	13,646,369.49
<b>IMD-02</b>	Av. Jorge Basadre Grohmann, en sentido de Este a Oeste en la intersección con la Av. Intiorko.	15,283,202.61
<b>IMD-03</b>	Av. Jorge Basadre Grohmann, en sentido de Oeste a Este en la intersección con la Av. Tarata.	13,090,226.80
<b>IMD-04</b>	Av. Jorge Basadre Grohmann, en sentido de Este a Oeste en la intersección con la Cal. Canadá.	12,297,812.86
<b>IMD-05</b>	Av. Jorge Basadre Grohmann, en sentido de Oeste a Este en la intersección con la Av. Venezuela.	10,053,935.08
<b>IMD-06</b>	Av. Jorge Basadre Grohmann, en sentido de Este a Oeste en la intersección con la Cal. Venezuela.	9,583,364.63
<b>IMD-07</b>	Av. Jorge Basadre Grohmann, en sentido de Sur a Norte en la intersección con la Av. Tarata.	8,877,932.22
<b>IMD-08</b>	Av. Jorge Basadre Grohmann, en sentido de Norte a Sur en la intersección con la Av. Tarata.	7,862,089.35

Nota: (Equipo técnico de proyectos viales de Subgerencia de estudio – GRT, 2019).

Para el diseño de pavimento flexible de la zona deprimida, los valores de ESAL de diseño a 20 años tomados en cuenta fueron los pertenecientes a las estaciones IMD-01 e IMD-06, por su disposición en los puntos de acceso al tramo que se encontrará en depresión.

De estas dos estaciones mencionadas, se empleó el ESAL perteneciente a la estación IMD-01, es decir el valor de 13,646,369.49 EE por ser el mayor, garantizando de esa manera mayor seguridad para el diseño.

### Confiabilidad

Considerando los valores sugeridos por la guía de la AASHTO referidos en la Tabla 4, para una vía arterial se recomienda optar por valores de confiabilidad entre 80 y 99. Por tanto se determinó usar un valor de 90%.

El valor asumido para la Desviación Normal Estándar ( $Z_r$ ) establecido por la guía de la AASHTO (Tabla 5) según la confiabilidad acogida fue de -1.282.

### Desviación Estándar Combinada

Tomando en cuenta las sugerencias de la guía de la AASHTO (cuando existe un conteo vehicular) y del Ministerio de Transporte y Comunicaciones el valor adoptado fue de 0.45.

### Módulo de resiliencia de la subrasante

A partir de los ensayos CBR realizados en las 10 prospecciones ejecutadas principalmente en intersecciones de la Av. Jorge Basadre Grohmann (según recomendaciones del Ministerio de Vivienda en la norma CE.010 Pavimentos Urbanos), se determinó el CBR de diseño, el cual corresponde al promedio de los valores individuales (procedimiento recomendado por la guía de la AASHTO), seguidamente se muestra los resultados de los ensayos CBR realizados en las prospecciones y la delimitación del CBR de diseño.

**Tabla 12**

Resumen de ensayos CBR realizados.

<b>CALICATA</b>	<b>CBR (%)</b>
<b>C-01</b>	8.50
<b>C-02</b>	9.00
<b>C-03</b>	8.50
<b>C-04</b>	11.00
<b>C-05</b>	13.00
<b>C-06</b>	9.00
<b>C-07</b>	10.60
<b>C-08</b>	9.00
<b>C-09</b>	32.00
<b>C-10</b>	23.50

Nota: (Equipo técnico de proyectos viales de Subgerencia de estudio – GRT, 2019).

Se determinó el módulo de resiliencia haciendo uso de las ecuaciones mencionadas en el Capítulo II: Marco Teórico.

**Tabla 13**

Valores percentiles de Mr

CBR	Mr (psi)	N° de Valores > a Mr	% de Valores > que	
			FORMULA	VALOR
<b>32.00</b>	15,233.77	1	1/10 x 100	10
<b>23.50</b>	13,898.18	2	2/10 x 100	20
<b>13.00</b>	15,892.22	3	3/10 x 100	30
<b>11.00</b>	14,256.95	4	4/10 x 100	40
<b>10.60</b>	13,917.78	5	5/10 x 100	50
<b>9.00</b>	12,513.50	8	8/10 x 100	80
<b>8.50</b>	12,057.12	10	10/10 x 100	100

Nota: Elaboración Propia

**Tabla 14**

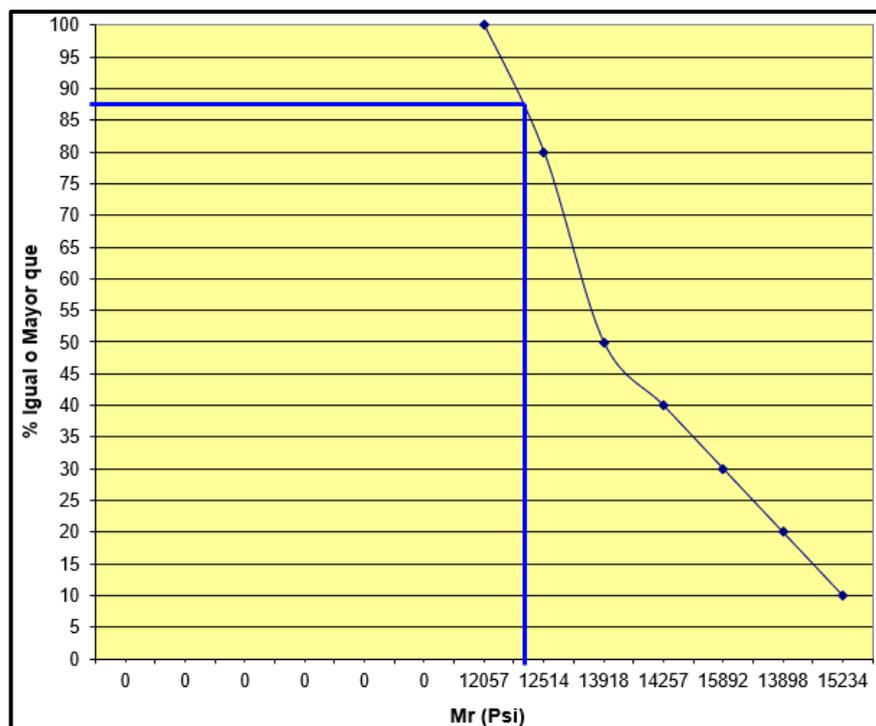
Percentiles de diseño

VALOR PERCENTIL A NIVEL DE TRAFICO	
Nivel del Tránsito (ESAL)	Percentil de Diseño (%)
<b>10<sup>4</sup> o Menos</b>	60
<b>Entre 10<sup>4</sup> y 10<sup>6</sup></b>	75
<b>10<sup>6</sup> o Más</b>	87.5

Nota: (American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993).

**Figura 18**

Gráfico de Mr y (%) obtenidos



Nota: Elaboración Propia

Subrasante  $\rightarrow$   $Mr(\text{psi}) = 12,400 \text{ psi}$

Base  $\rightarrow$   $\text{CBR} = 80\% \rightarrow Mr(\text{psi}) = 19,198 \text{ psi}$

Subbase  $\rightarrow$   $\text{CBR} = 40\% \rightarrow Mr(\text{psi}) = 16,199 \text{ psi}$

### Serviciabilidad

En correspondencia con la Norma CE.010 Pavimentos Urbanos se eligió un índice de serviciabilidad inicial ( $P_i$ ) de 4.20 y un índice de serviciabilidad final ( $P_t$ ) de 2.50 (valor recomendado para vías Arteriales), resultando en un diferencial de serviciabilidad ( $\Delta\text{PSI}$ ) de 1.70.

### Coeficientes de drenaje

Se asumió que las capas subyacentes a la carpeta asfáltica tienen una buena calidad de drenaje, es decir que el tiempo que tarda el agua en ser evacuada del pavimento es a más tardar 1 día.

Para los valores de coeficiente de drenaje  $m_i$ , es necesario recalcar que el porcentaje de tiempo en que la estructura de pavimento estará expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación se determinó que era mayor al 25%, por lo que se consideró el valor de 1.00 para los coeficientes de drenaje  $m_1$  y  $m_2$ , según lo dispuesto en la Tabla 8.

### Coeficientes estructurales de capa

Considerando los nomogramas presentados en las Figuras 7, 8, 9 se tiene que, el coeficiente de capa  $a_1$  toma un valor de 0.44 (tomando en cuenta que la vía Jorge Basadre Grohmann tiene una calificación Arterial Principal, por lo que se asumió para la mezcla asfáltica en caliente un  $E=450,000 \text{ psi}$ ), el coeficiente de capa  $a_2$  toma un valor de 0.135 (considerando el CBR de la base granular de 80 %) y el coeficiente de capa  $a_3$  toma un valor de 0.12 (considerando el CBR de la subbase granular de 40 %).

### Cálculo del Numero Estructural

- Empleando ecuación de la guía de la AASHTO

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log(M_R) - 8.07$$

Datos empleados.

**Tabla 15**

Resumen de datos necesarios para el cálculo del Número Estructural (SN).

<b>Variables</b>	<b>Valores</b>
<b>W<sub>18</sub></b>	13,646,369.49
<b>R</b>	90
<b>Z<sub>R</sub></b>	-1.282
<b>S<sub>0</sub></b>	0.45
<b>M<sub>R</sub></b>	12,400 psi
<b>ΔPSI</b>	1.70

Nota: Elaboración propia

Reemplazando en la ecuación.

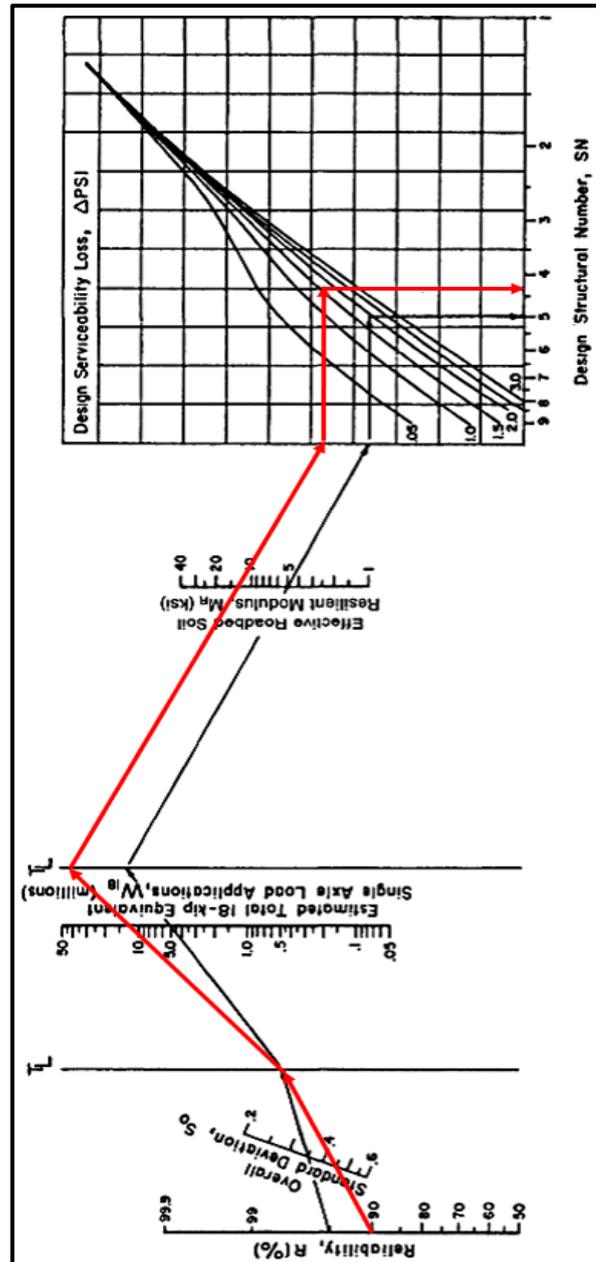
$$\log(13,646,369.49) = (-1.282)(0.45) + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{1.7}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log(12400) - 8.07$$

$$SN = 4.38$$

- Empleando nomograma de la guía de la AASHTO

**Figura 19**

Cálculo del número estructural (SN) en el nomograma sugerido por la guía de la AASHTO para pavimentos flexibles



Nota: Elaboración propia

$$SN = 4.35$$

Para el cálculo de los espesores de las capas conformantes de la estructura de pavimento se usó el SN calculado a partir de la ecuación de la guía de la AASHTO, por ser un valor más exacto.

### Cálculo de espesores de capa

Previo al cálculo, es necesario tener en cuenta los valores sugeridos por la guía de la AASHTO para los espesores mínimos de capa superficial y base granular, los cuales son presentados a continuación.

**Tabla 16**

Espesores mínimos en pulgadas para carpeta asfáltica y base granular.

<b>Tráfico en ESAL</b>	<b>Concreto asfáltico</b>	<b>Base granular</b>
<b>&lt; 50000</b>	1 o tratamiento superficial	4
<b>50,000-150,000</b>	2	4
<b>150,001-500,000</b>	2.5	4
<b>500,001-2,000,000</b>	3	6
<b>2,000,001-7,000,000</b>	3.5	6
<b>&gt;7,000,000</b>	4	6

Nota: (American Association of State Highway and Transportation Officials, 1993).

**Tabla 17**

Requisitos mínimos para diseño de pavimento.

<b>Elemento</b>	<b>Flexible</b>	<b>Rígido</b>
<b>Subrasante</b>	95 % de compactación: Suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos Cohesivos - Proctor Estándar	
<b>Subbase</b>	Espesor compactado: ≥ 250 mm – Vías locales y colectoras ≥ 300 mm – Vías arteriales y expresas	
<b>Base</b>	CBR ≥ 40 % 100% Compactación Proctor Modificado	CBR ≥ 30 % 100% compactación Proctor Modificado
<b>Espesor de la capa de rodadura</b>	CBR ≥ 80 % 100% Compactación Proctor Modificado	No Aplicable
	Vías locales Vías colectoras Vías arteriales Vías expresas	≥ 50 mm ≥ 60 mm ≥ 70 mm ≥ 80 mm
<b>Material</b>	Vías locales Vías colectoras Vías arteriales Vías expresas	≥ 150 mm ≥ 200 mm MR ≥ 3,4 MPa (34 kg/cm <sup>2</sup> )

Nota: (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 1993).

- Empleando metodología de la guía de la AASHTO

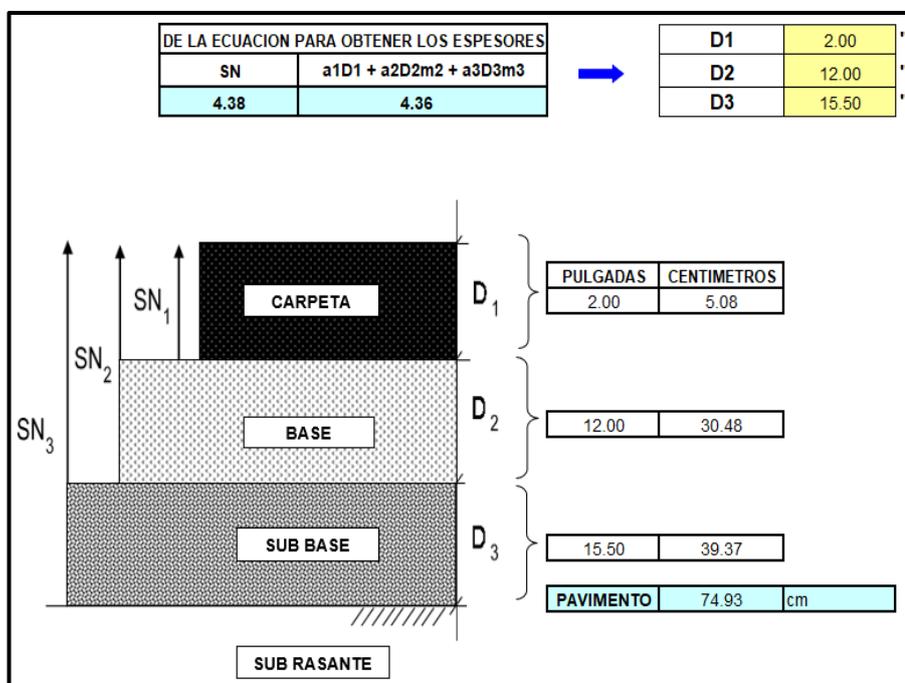
$$D_1 \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$D_2 \geq \frac{SN_2 - a_1 D_1}{a_2 m_2}$$

$$D_3 \geq \frac{SN_3 - a_1 D_1 - a_2 D_2 m_2}{a_3 m_3}$$

**Figura 20**

Cálculo de espesores de capa de la estructura de pavimento



Nota: Elaboración propia

La estructura planteada de pavimento flexible, quedo definida de la siguiente manera.

- La carpeta asfáltica en caliente tendrá un espesor de 5 cm.
- La base granular tendrá un espesor de 30 cm.
- La subbase granular tendrá un espesor de 40 cm.

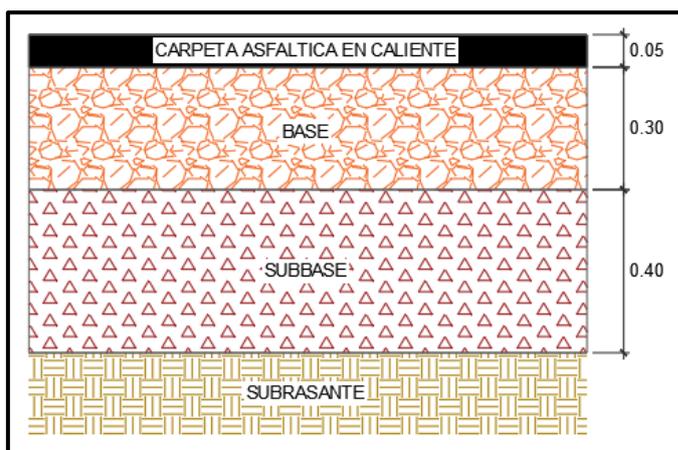
Se tomo en cuenta las consideraciones de financiamiento del Ministerio de Economía y Finanzas, apreciando que las estructuras de

pavimento en las vías de la ciudad de Tacna tienen como parámetro común en sus espesores planteados, una carpeta asfáltica de 2 pulgadas.

A continuación, se muestra gráficamente los espesores elegidos para la estructura de pavimento flexible.

**Figura 21**

Sección de pavimento flexible diseñado



Nota: Elaboración propia

## 4.2 Diseño de Pavimento Rígido por la metodología AASHTO 1993

VARIABLES DE DISEÑO RECOLECTADOS DE ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS EN EL LUGAR DE INTERVENCIÓN DEL PROYECTO EN ESTUDIO:

### Tránsito de diseño

Para el diseño de pavimento rígido de la zona deprimida, los valores de ESAL de diseño a 20 años tomados en cuenta fueron los pertenecientes a las estaciones IMD-01 e IMD-06, recalcando que dichas estaciones constituyen los puntos de acceso al tramo que se encontrará en depresión.

**Tabla 18**

Resumen de ESAL de diseño a 20 años para pavimento rígido.

Estación	Ubicación	ESAL de diseño (EE) a 20 años para Pavimento Rígido
IMD-01	Av. Jorge Basadre Grohmann, en sentido de Oeste a Este en la intersección con la Av. Intiorko.	15,677,668.24
IMD-06	Av. Jorge Basadre Grohmann, en sentido de Este a Oeste en la intersección con la Cal. Venezuela.	11,281,194.37

Nota: (Equipo técnico de proyectos viales de Subgerencia de estudio – GRT, 2019).

De estas dos estaciones, se empleó el ESAL perteneciente a la estación IMD-01, es decir el valor de 15,677,668.24 EE por ser el mayor, garantizando de esa manera mayor seguridad para el diseño.

### Confiabilidad

Se consideró la calificación funcional de la vía en estudio (vía arterial) para identificar los valores sugeridos por la guía de la AASHTO referidos en la Tabla 4, los cuales corresponden a cifras de confiabilidad comprendidos entre 80 y 99. Por lo que se determinó emplear un valor de 90%.

El valor asumido para la Desviación Normal Estándar ( $Z_r$ ) establecido por la guía de la AASHTO (Tabla 5) según la confiabilidad acogida fue de -1.282.

### Desviación Estándar Combinada

Tomando en cuenta las sugerencias de la guía de la AASHTO (cuando se haya realizado un conteo vehicular) se adoptó el valor de 0.34.

### Serviciabilidad

De acuerdo con la Norma CE.010 Pavimentos Urbanos se eligió un índice de serviciabilidad inicial ( $P_i$ ) de 4.50 y un índice de serviciabilidad final ( $P_f$ ) de 2.50 (valor recomendado para vías Arteriales), resultando en un diferencial de serviciabilidad ( $\Delta PSI$ ) de 2.00.

### Propiedades del concreto

Siguiendo las recomendaciones de la Norma CE.010 Pavimentos Urbanos referido al módulo de rotura del concreto ( $S_c$ ), presentado en la Tabla 17, se tiene que debe ser como mínimo  $34 \text{ kg/cm}^2$ .

De la expresión de cálculo del módulo de rotura ( $S_c$ ) se determinó los rangos de valores de resistencia a considerar.

$$S_c = \alpha \sqrt{f'_c} \rightarrow \alpha (1.99 - 3.18)$$

$$f'_{c_{\min}} = 114.32 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{c_{\max}} = 291.91 \text{ kg/cm}^2$$

Se eligió para el diseño del espesor de la losa del concreto, una resistencia a la compresión a los 28 días de  $280 \text{ kg/cm}^2$ .

A partir de ello se determinó el módulo elástico del concreto ( $E_c$ ), empleando la siguiente expresión.

$$E_c = 15,000 \sqrt{f'_c}$$

$$E_c = 15,000 \sqrt{280}$$

$$E_c = 250,998.01 \text{ kg/cm}^2 \approx 3,570,030.87 \text{ psi}$$

De la misma forma el módulo de rotura ( $S_c$ ) se determinó haciendo uso de la siguiente expresión.

$$S_c = \alpha \sqrt{f'_c}$$

Utilizando el promedio de los límites del factor  $\alpha$  (1.99 – 3.18), el cual corresponde a un valor de 2.585.

$$S_c = 2.585 \sqrt{280}$$

$$S_c = 43.26 \text{ kg/cm}^2 \approx 615.30 \text{ psi}$$

#### Módulo de reacción efectivo de la subrasante

Teniendo en cuenta que el ESAL de diseño es mayor a  $1 \times 10^6$  y obedeciendo las sugerencias de la guía AASHTO, se optó por hacer uso de una capa granular ubicada entre la subrasante y la losa de concreto. Por lo que se estimó el módulo de reacción compuesto de la subrasante ( $K_c$ ), empleando el nomograma que se aprecia en la Figura 12 considerando los siguientes datos.

- Módulo resiliente de la subrasante = 12,400 psi
- Espesor aleatorio de subbase granular = 30.00 cm (12")
- Módulo de elasticidad de la subbase = 15,000 psi

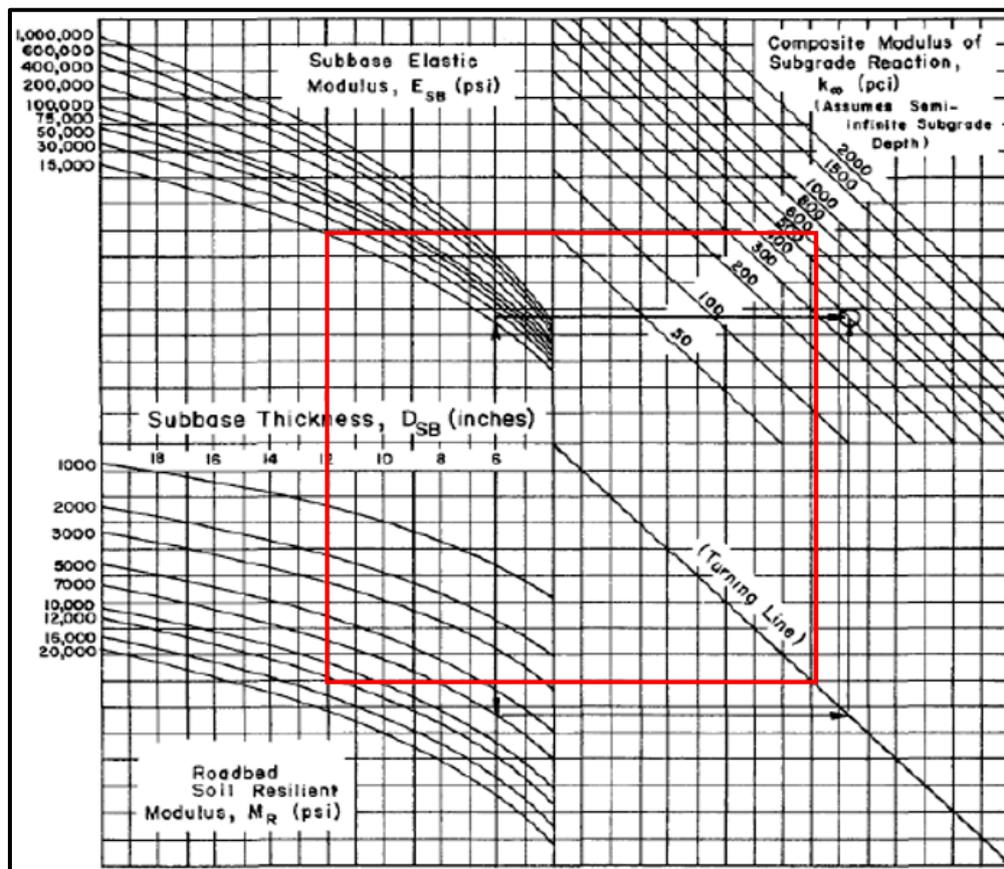
Siguiendo las recomendaciones de la Norma CE.010 Pavimentos Urbanos referido a las características del material de subbase, presentado en la Tabla 17, se tiene que debe tener como mínimo un CBR de 30%.

$$\text{CBR} > 20\% \rightarrow M_r(\text{psi}) = 4326 \times \ln(\text{CBR}) + 241$$

$$\text{CBR} = 30\% \rightarrow M_r(\text{psi}) = 4326 \times \ln(30) + 241 = 14,954.58 \text{ psi} \approx 15,000 \text{ psi}$$

Figura 22

Estimación de módulo de reacción compuesto



Nota: Elaboración propia

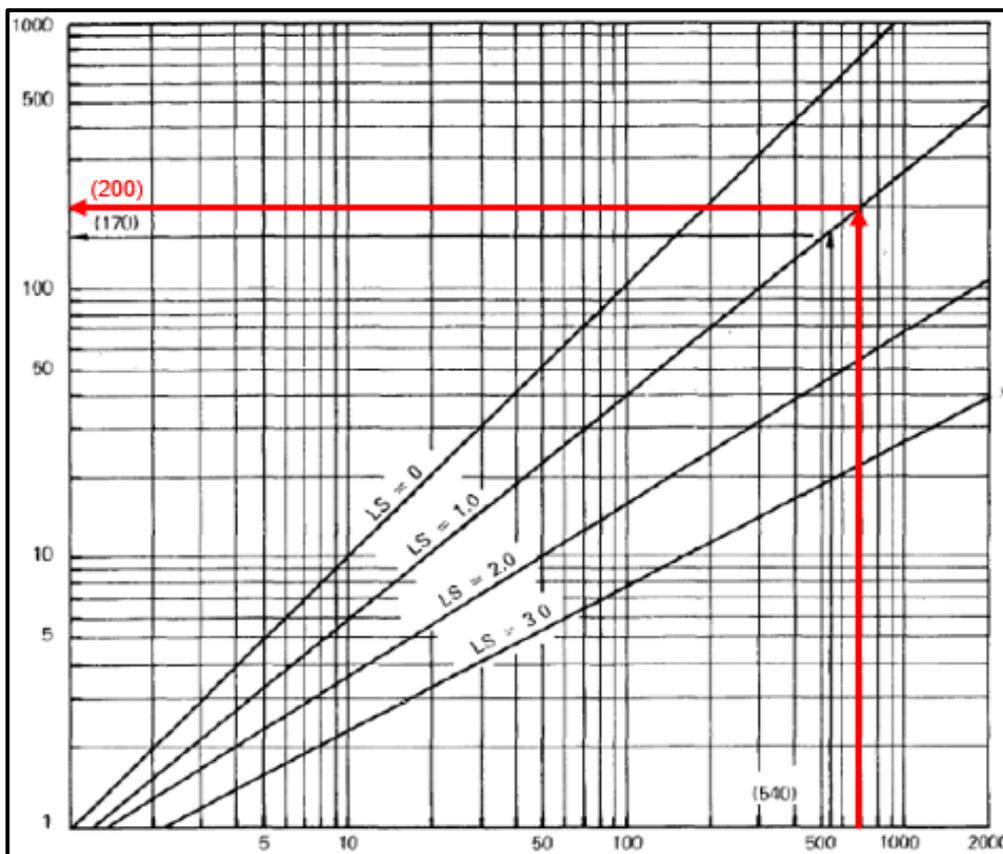
De esta manera se obtuvo que el módulo de reacción compuesto de la subrasante ( $K_c$ ) está alrededor de 700pci.

Se consideró la inexistencia de un manto rocoso a una profundidad menor de 3 m por lo que no se aplicó la corrección indicada en la gráfica de la Figura 13.

Para la corrección por el factor de pérdida de soporte ( $L_s$ ), según la gráfica de la Figura 14, se tomó en cuenta que el pavimento tendrá buenas condiciones de drenaje, escogiendo por ello el menor valor recomendado para materiales granulares sin tratar, es decir se eligió el valor de  $L_s=1$ .

**Figura 23**

Corrección de módulo de reacción compuesto ( $K_c$ ) por factor de pérdida de soporte ( $L_s$ ).



Nota: Elaboración propia

Por tanto, el módulo de reacción efectivo de la subrasante ostenta un valor equivalente de 200 pci.

#### Coeficiente de transmisión de carga

Considerando que el tipo de pavimento rígido a diseñar será articulado de concreto simple (JPCP) y poseerá bermas de concreto hidráulico, el coeficiente de transferencia de carga estaría comprendido entre valores de 2.50 y 3.10 según la Tabla 9, por lo que se usó el promedio de ambos, resultando un valor de 2.80.

#### Coeficientes de drenaje

Se asumió que la base granular subyacente a la losa de concreto tiene una buena calidad de drenaje, es decir que el tiempo que tarda el agua

en ser evacuada del pavimento es a más tardar 1 día, según la calificación de la Tabla 7.

Para el valor de coeficiente de drenaje (Cd), se había determinado que el porcentaje de tiempo en que la estructura de pavimento estará expuesto a niveles de humedad cercanos a la saturación será mayor al 25%, por lo que se eligió el valor de 1.00, según lo dispuesto en la Tabla 8.

#### Cálculo de espesor de losa de concreto

- Empleando ecuación de la guía de la AASHTO

$$\log W_{18} = Z_R S_0 + 7.35 \log(D + 1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5}\right)}{1.00 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 p_t) \log \frac{ScCd(D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \left(D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{E_C}{K}\right)^{0.25}}\right)}$$

Datos empleados.

**Tabla 19**

: Resumen de datos necesarios para el cálculo del espesor de losa de concreto (D).

<b>Variables</b>	<b>Valores</b>
<b>W<sub>18</sub></b>	15,677,668.24 EE
<b>K</b>	200.00 pci
<b>Ec</b>	3,570,030.87 psi
<b>Sc</b>	615.30 psi
<b>J</b>	2.80
<b>Cd</b>	1.00
<b>S<sub>0</sub></b>	0.34
<b>R</b>	90%
<b>Z<sub>R</sub></b>	-1.282
<b>P<sub>t</sub></b>	2.50
<b>ΔPSI</b>	2.00

Nota: Elaboración propia

Reemplazando en la ecuación.

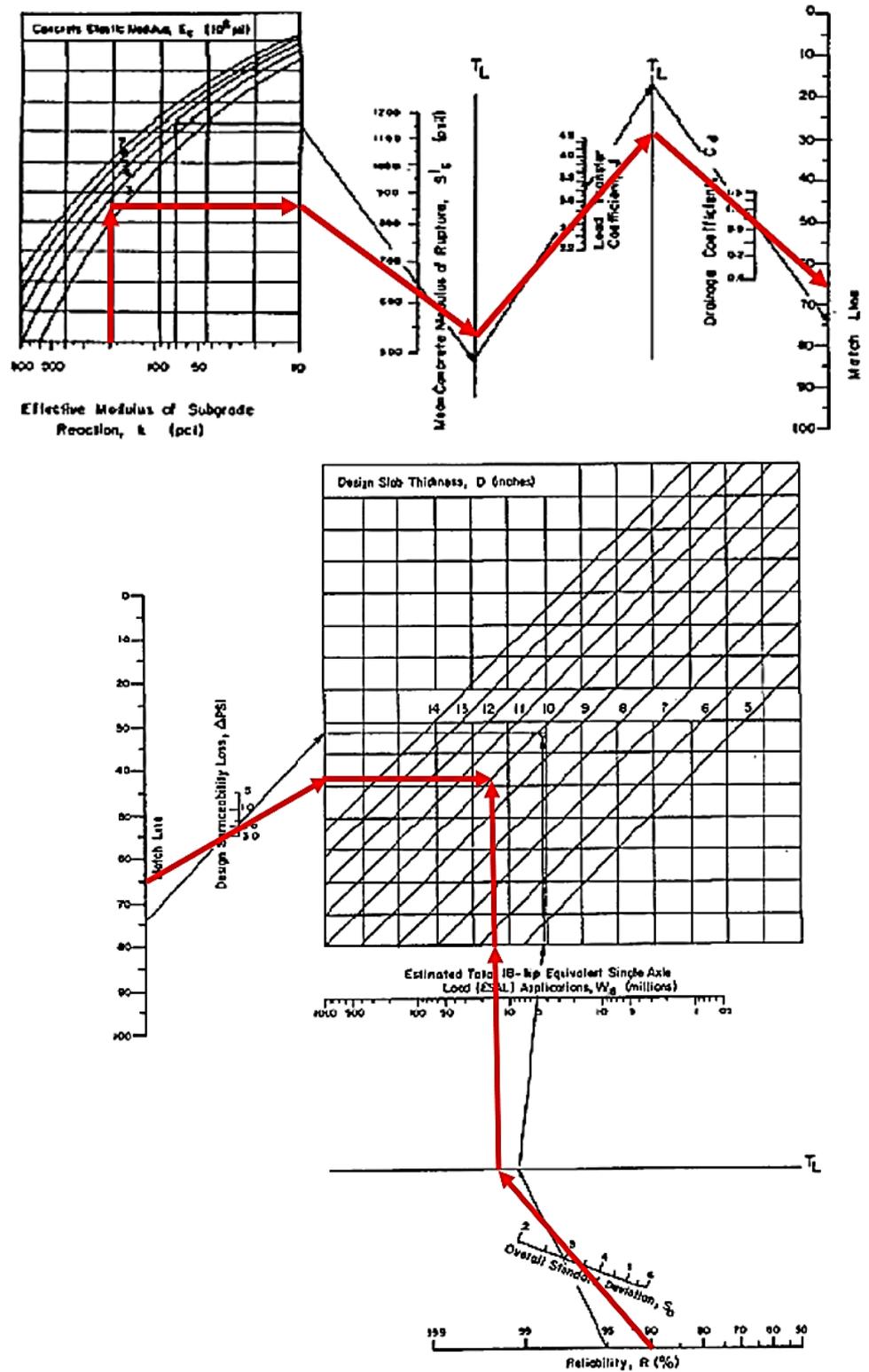
$$\begin{aligned} \log(15,677,668.24) &= (-1.282)(0.34) + 7.35 \log(D + 1) \\ &-0.06 + \frac{\log\left(\frac{2}{4.5 - 1.5}\right)}{1.00 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} \\ &+(4.22 - 0.32(2.5)) \log \frac{(615.30)(1)(D^{0.75} - 1.132)}{215.63(2.8)(D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{3,570,030.87}{200}\right)^{0.25}})} \end{aligned}$$

$$D = 10.2'' \approx 25.5 \text{ cm}$$

- Empleando nomograma de la guía de la AASHTO

Figura 24

Cálculo del espesor de losa de concreto (D) en el nomograma sugerido por la guía de la AASHTO



Nota: Elaboración propia

$$D = 10'' \approx 25 \text{ cm}$$

Por tanto, el espesor aparente de la losa de concreto a considerar es de 25.50 cm, sin embargo emplear una estructura con esa dimensión no resulta viable, impactando drásticamente en los costos de su ejecución, a su vez que no resulta concordante con las configuraciones mínimas que señala la Norma CE.010 Pavimentos Urbanos presentado en la Tabla 17, en la cual indica, que para una vía arterial, el espesor de capa de rodadura debe estar en el orden de 15 cm, teniendo en cuenta ello, se adoptó el espesor previamente mencionado.

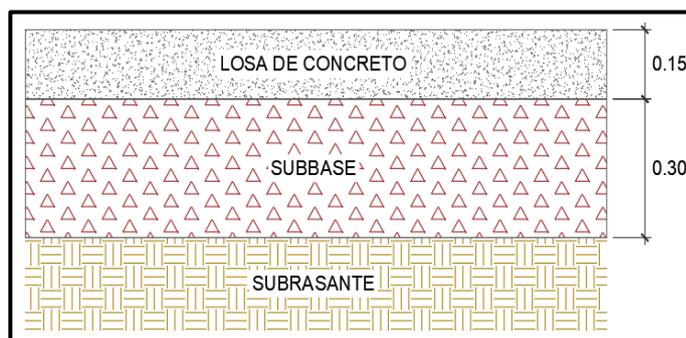
La estructura planteada de pavimento rígido, quedo definida de la siguiente manera.

- La losa de concreto tendrá un espesor de 15 cm.
- La subbase granular tendrá un espesor de 30 cm.

A continuación, se muestra gráficamente los espesores elegidos para la estructura de pavimento rígido.

**Figura 25**

Sección de pavimento rígido diseñado



Nota: Elaboración propia

#### Dimensionamiento de parámetros de detalle

- Las dimensiones de la losa de concreto serán de 3.60m x 4.50m (Según sugerencias del Ministerio de Transporte y Comunicaciones y consideraciones de diseño geométrico del proyecto en estudio) por tanto, la junta longitudinal de contracción que se empleará delimitara

los carriles del tránsito vehicular y las juntas de contracción transversales estarán dispuestas con un espaciamiento de 4.50 m.

**Tabla 20**

Dimensiones de losa según ancho de carril.

<b>ANCHO DE CARRIL (m) = ANCHO DE LOSA (m)</b>	<b>LONGITUD DE LOSA (m)</b>
<b>2.70</b>	3.30
<b>3.00</b>	3.70
<b>3.30</b>	4.10
<b>3.60</b>	4.50

Nota: (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).

- Según recomendaciones del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, para las juntas de contracción transversal se dispondrá de pasadores de 1" de diámetro, de una longitud de 0.41 cm, distribuidos cada 0.30 m.

**Tabla 21**

Diámetros, longitudes y separación recomendados en pasadores.

<b>RANGO DE ESPESOR DE LOSA (mm)</b>	<b>DIAMETRO</b>		<b>SEPARACION ENTRE PASADORES (mm)</b>	<b>LONGITUD DEL PASADOR O DOWELLS (mm)</b>
	mm	PULGADA		
<b>150-200</b>	25	1"	300	410
<b>200-300</b>	32	1 1/4"	300	460
<b>300-430</b>	38	1 1/2"	380	510

Nota: (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).

- Para la junta de contracción longitudinal se utilizará barras de amarre de 1/2" (1.27 cm) de diámetro, de una longitud de 66.00 cm, distribuidos cada 0.76 m.

**Tabla 22**

Diámetros, longitudes y separación recomendados en barras de amarre.

ESPESOR DE LOSA (cm)	TAMAÑO DE VARILLA (cm) DIAM. x LONG.	DISTANCIA DE LA JUNTA AL EXTREMO LIBRE	
		3.00 m	3.60 m
15	1.27 x 66	@ 76cm	@ 76cm
16	1.27 x 69	@ 76cm	@ 76cm
17	1.27 x 70	@ 76cm	@ 76cm
18	1.27 x 71	@ 76cm	@ 76cm
19	1.27 x 74	@ 76cm	@ 76cm
20	1.27 x 76	@ 76cm	@ 76cm
21	1.27 x 78	@ 76cm	@ 76cm
22	1.27 x 79	@ 76cm	@ 76cm
23	1.59 x 76	@ 91cm	@ 91cm
24	1.59 x 79	@ 91cm	@ 91cm
25	1.59 x 81	@ 91cm	@ 91cm
26	1.59 x 82	@ 91cm	@ 91cm
27	1.59 x 84	@ 91cm	@ 91cm
28	1.59 x 86	@ 91cm	@ 91cm
29	1.59 x 89	@ 91cm	@ 91cm
30	1.59 x 91	@ 91cm	@ 91cm

Nota: (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).

### 4.3 Evaluación Económica

Para el desarrollo de la evaluación económica se consideró las dimensiones de los carriles y bermas del paso de la zona deprimida establecidos por el proyecto en estudio, es decir anchos de carril de 3.60 metros con bermas de 1.80 metros, a su vez se tuvo en cuenta que las bermas aportarían la misma capacidad estructural que los carriles, ello basándose en futuras circunstancias de intervenciones de mantenimiento a la vía.

Asimismo, se hizo uso del Estudio de Canteras, Fuentes de Agua y Depósitos de Material Excedente del proyecto en estudio, determinando así la ubicación y ruta de acceso a la cantera Arunta, lugar donde se extraerán los agregados y se ubicará la planta de asfalto.

**Figura 26**

Acceso a la cantera Arunta



Nota: Elaboración propia

Para el análisis económico realizado para ambas alternativas de pavimento (pavimento flexible y pavimento rígido), se dispuso de precios de insumos sin IGV y empleando a su vez la tabla salarial de la Oficina de Recursos Humanos del Gobierno Regional de Tacna (vigente desde el 1 de Junio del 2020 al 31 de Mayo del 2021), a continuación se muestra la planilla

de metrados, análisis de costos unitarios y presupuesto correspondiente a cada propuesta de diseño:

### 4.3.1 Evaluación económica del pavimento flexible

**Figura 27**

Planilla de metrados de la estructura de pavimento flexible diseñado

ITEM	DESCRIPCION	UND	CALZADA	METRADO					
				N° VECES	LARGO	ANCHO	ALTO	PARCIAL	TOTAL
<b>200</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>								
202. A	PERFILADO, NIVELACION Y COMPACTACION	m2							<b>4,644.00</b>
	0+060 a 0+490		2 CARRILES	1.00	430.00	10.80		4,644.00	
<b>400.00</b>	<b>PAVIMENTO FLEXIBLE</b>								
402. A	SUBBASE GRANULAR E=0.40m	m3							<b>1,857.60</b>
	0+060 a 0+490		2 CARRILES	1.00	430.00	10.80	0.40	1,857.60	
403. A	BASE GRANULAR E=0.30m	m3							<b>1,393.20</b>
	0+060 a 0+490		2 CARRILES	1.00	430.00	10.80	0.30	1,393.20	
416. A	IMPRIMACION ASFALTICA	m2							<b>4,644.00</b>
	0+060 a 0+490		2 CARRILES	1.00	430.00	10.80		4,644.00	
423. A	PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO EN CALIENTE E=0.05m	m3							<b>232.20</b>
	0+060 a 0+490		2 CARRILES	1.00	430.00	10.80	0.05	232.20	
<b>700.00</b>	<b>TRANSPORTE</b>								
700. A	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR D<=1 km	m3km							<b>3,900.96</b>
700. B	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR D>1 km	m3km							<b>34,562.51</b>
	DME =		CANTERA ARUNTA						
	Acceso (Km) =		9.98						
	Km (empalme) =		0+275.00						
								ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE (m3-km)	
		CG	Dist Km - acarreo libre (120m)	Volumen del material (m3)	F.c.	Volumen Total (m3)	D <= 1KM	D > 1KM	
	Subbase granular	0+275.00	9.86	1,857.60	1.20	2229.12	2229.12	19750.00	
	Base granular	0+275.00	9.86	1,393.20	1.20	1671.84	1671.84	14812.50	
700. E	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA PARA D<=1 km	m3km							<b>278.64</b>
700. F	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA PARA D>1 km	m3km							<b>2,468.75</b>
	DME =		CANTERA ARUNTA						
	Acceso (Km) =		9.98						
	Km (empalme) =		0+275.00						
								ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE (m3-km)	
		CG	Dist Km - acarreo libre (120m)	Volumen del material (m3)	F.c.	Volumen Total (m3)	D <= 1KM	D > 1KM	
	Pavimento asfaltico en caliente	0+275.00	9.86	232.20	1.20	278.64	278.64	2468.75	

Nota: Elaboración propia

**Figura 28**

## Partida: Perfilado, nivelación y compactación

202. A		PERFILADO, NIVELACION Y COMPACTACION				Rend:	3,410.0000 m2/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00048	CAPATAZ B	HH	1.000	0.0023	26.74	0.06	
47 00002	PEON	HH	4.000	0.0094	15.92	0.15	
						<b>0.21</b>	
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.21	0.01	
49 00047	MOTONIVELADORA DE 140-150 HP	HM	1.000	0.0023	168.31	0.39	
49 00046	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 TON	hm	1.000	0.0023	155.25	0.36	
						<b>0.76</b>	
<b>Sub partidas</b>							
SP 00470	TRANSPORTE DE AGUA PARA CALZADA (RIEGO)	m3		0.0300	51.60	1.55	
						<b>1.55</b>	
<b>Costo Unitario por m2 :</b>						<b>2.52</b>	

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

**Figura 29**

## Partida: Subbase granular e=0.40 m

402. A		SUBBASE GRANULAR E=0.40m				Rend:	462.0000 m3/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00007	CAPATAZ A	HH	1.000	0.0173	28.96	0.50	
47 00011	OFICIAL	HH	1.000	0.0173	17.60	0.30	
47 00002	PEON	HH	6.000	0.1039	15.92	1.65	
						<b>2.45</b>	
<b>Materiales</b>							
05 00101	SUB BASE GRANULAR	m3		1.2000	63.56	76.27	
						<b>76.27</b>	
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	2.45	0.07	
49 00047	MOTONIVELADORA DE 140-150 HP	HM	1.000	0.0173	168.31	2.91	
49 00046	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 TON	hm	1.000	0.0173	155.25	2.69	
						<b>5.67</b>	
<b>Sub partidas</b>							
SP 00470	TRANSPORTE DE AGUA PARA CALZADA (RIEGO)	m3		0.1200	51.60	6.19	
						<b>6.19</b>	
<b>Costo Unitario por m3 :</b>						<b>90.58</b>	

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

**Figura 30**

## Partida: Base granular e=0.30 m

403. A		BASE GRANULAR E=0.30m				Rend:	484.0000 m3/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00007	CAPATAZ A	HH	1.000	0.0165	28.96	0.48	
47 00011	OFICIAL	HH	1.000	0.0165	17.60	0.29	
47 00002	PEON	HH	6.000	0.0992	15.92	1.58	
						<b>2.35</b>	
<b>Materiales</b>							
05 00059	BASE GRANULAR	m3		1.2000	72.03	86.44	
						<b>86.44</b>	
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	2.35	0.07	
49 00047	MOTONIVELADORA DE 140-150 HP	HM	1.000	0.0165	168.31	2.78	
49 00046	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 TON	hm	1.000	0.0165	155.25	2.56	
						<b>5.41</b>	
<b>Sub partidas</b>							
SP 00470	TRANSPORTE DE AGUA PARA CALZADA (RIEGO)	m3		0.1200	51.60	6.19	
						<b>6.19</b>	
<b>Costo Unitario por m3 :</b>						<b>100.39</b>	

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

Figura 31

Partida: Imprimación asfáltica

416. A		IMPRIMACION ASFALTICA			Rend: 4,700.0000 m2/DIA	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
47 00007	CAPATAZ A	HH	1.000	0.0017	28.96	0.05
47 00011	OFICIAL	HH	1.000	0.0017	17.60	0.03
47 00002	PEON	HH	6.000	0.0102	15.92	0.16
						<b>0.24</b>
<b>Materiales</b>						
13 00058	ASFALTO DILUIDO MC-30	gln		0.2910	13.84	4.03
						<b>4.03</b>
<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.24	0.01
49 00063	CAMION IMPRIMADOR 210HP DE 2000 GLN	hm	1.000	0.0017	141.24	0.24
49 00062	COMPRESORA NEUMATICA 87 HP 250 - 330 PCM	hm	1.000	0.0017	125.99	0.21
49 00061	MINICARGADOR SOBRE LLANTAS 70 HP-0.5YD3	hm	1.000	0.0017	90.96	0.15
						<b>0.61</b>
<b>Costo Unitario por m2 :</b>						<b>4.88</b>

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

Figura 32

Partida: Pavimento de concreto asfáltico en caliente e= 0.05 m

423. A		PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO EN CALIENTE E=0.05m			Rend: 218.0000 m3/DIA	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
47 00007	CAPATAZ A	HH	1.000	0.0367	28.96	1.06
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.0367	22.28	0.82
47 00011	OFICIAL	HH	1.000	0.0367	17.60	0.65
47 00002	PEON	HH	6.000	0.2202	15.92	3.51
						<b>6.04</b>
<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	6.04	0.18
49 00090	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 105 HP	hm	1.000	0.0367	183.62	6.74
49 00089	RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 135 HP 9.26 TON	hm	1.000	0.0367	148.31	5.44
49 00091	RODILLO TANDEM VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 110 - 130 HP 9 - 11 TON	hm	1.000	0.0367	148.31	5.44
						<b>17.80</b>
<b>Sub partidas</b>						
SP 00476	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	M3		1.2000	434.28	521.14
						<b>521.14</b>
<b>Costo Unitario por m3 :</b>						<b>544.98</b>

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

Figura 33

Partida: Transporte de material granular D&lt;=1 Km

700. A		TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR D<=1 KM			Rend: 480.0000 m3k/DIA	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
47 00011	OFICIAL	HH	0.500	0.0083	17.60	0.15
						<b>0.15</b>
<b>Equipo</b>						
49 00014	CAMION VOLQUETE 15 M3	hm	1.000	0.0167	125.56	2.10
49 00015	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3	hm	0.492	0.0082	162.71	1.33
						<b>3.43</b>
<b>Costo Unitario por m3k :</b>						<b>3.58</b>

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

**Figura 34**

Partida: Transporte de material granular D&gt;1 Km

700. B		TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR D >1 KM				Rend:	1,980.0000 m3k/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
	<b>Equipo</b>						
49 00014	CAMION VOLQUETE 15 M3	hm	1.000	0.0040	125.56	0.50	
						0.50	
							<b>Costo Unitario por m3k :</b>
							<b>0.50</b>

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

**Figura 35**

Partida: Transporte de mezcla asfáltica para D&lt;=1 Km

700. C		TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA PARA D<=1 KM				Rend:	480.0000 m3k/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
	<b>Mano de Obra</b>						
47 00011	OFICIAL	HH	0.500	0.0083	17.60	0.15	
						0.15	
	<b>Equipo</b>						
49 00014	CAMION VOLQUETE 15 M3	hm	1.000	0.0167	125.56	2.10	
49 00015	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3	hm	0.492	0.0082	162.71	1.33	
						3.43	
							<b>Costo Unitario por m3k :</b>
							<b>3.58</b>

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

**Figura 36**

Partida: Transporte de mezcla asfáltica para D&gt;1 Km

700. D		TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA PARA D >1 KM				Rend:	1,980.0000 m3k/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
	<b>Equipo</b>						
49 00014	CAMION VOLQUETE 15 M3	hm	1.000	0.0040	125.56	0.50	
						0.50	
							<b>Costo Unitario por m3k :</b>
							<b>0.50</b>

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

**Figura 37**

Presupuesto de la estructura de pavimento flexible diseñado

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal	Total
<b>200</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>						
202. A	PERFILADO, NIVELACION Y COMPACTACION	m2	4,644.00	2.52	11,702.88		11,702.88
<b>400</b>	<b>PAVIMENTO FLEXIBLE</b>						457,331.84
402. A	SUBBASE GRANULAR E=0.40m	m3	1,857.60	90.58	168,261.41		
403. A	BASE GRANULAR E=0.30m	m3	1,393.20	100.39	139,863.35		
416. A	IMPRIMACION ASFALTICA	m2	4,644.00	4.88	22,662.72		
423. A	PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO EN CALIENTE E=0.05m	m3	232.20	544.98	126,544.36		
<b>700</b>	<b>TRANSPORTE</b>						33,478.61
700. A	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR D<=1 KM	m3k	3,900.96	3.58	13,965.44		
700. B	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR D >1 KM	m3k	34,562.51	0.50	17,281.26		
700. C	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA PARA D<=1 KM	m3k	278.64	3.58	997.53		
700. D	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA PARA D >1 KM	m3k	2,468.75	0.50	1,234.38		
	<b>COSTO DIRECTO</b>						<b>502,513.33</b>

Son : QUINIENTOS DOS MIL QUINIENTOS TRECE CON 33/100 SOLES

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

En resumidas cuentas, se determinó que el costo directo para la ejecución de la alternativa de pavimento flexible asciende a s/.502,513.33.

#### 4.3.2 Evaluación económica del pavimento rígido

**Figura 38**

Planilla de metrados de la estructura de pavimento rígido diseñado

ITEM	DESCRIPCION	UND	CALZADA	METRADO					
				N° VECES	LARGO	ANCHO	ALTO	PARCIAL	TOTAL
<b>200</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>								
202. D	PERFILADO, NIVELACION Y COMPACTACION	m2							<b>4,644.00</b>
	0+060 a 0+490		2 CARRILES	1.00	430.00	10.80		4,644.00	
<b>400.00</b>	<b>PAVIMENTO RIGIDO</b>								
402. A	SUBBASE GRANULAR E=0.30m	m3							<b>1,393.20</b>
	0+060 a 0+490		2 CARRILES	1.00	430.00	10.80	0.30	1,393.20	
438. A	PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO f'c=280kg/cm2 E=0.15m	m3							<b>696.60</b>
	0+060 a 0+490		2 CARRILES	1.00	430.00	10.80	0.15	696.60	
438. B	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA PAVIMENTO	m2							<b>193.50</b>
	0+060 a 0+490		2 CARRILES	3.00	430.00		0.15	193.50	
438. C	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO	m2							<b>4,644.00</b>
	0+060 a 0+490		2 CARRILES	1.00	430.00	10.80		4,644.00	
438. D	DOWELLS DE ACERO LISO D=1"	m							<b>1,402.20</b>
	0+060 a 0+490		2 CARRILES	3,420.00	0.41			1,402.20	
438. E	BARRAS DE ANCLAJE D=1/2"	kg							<b>1,129.70</b>
				N° de elem. iguales	N° de pzas. x elem.	Long. x pra.	Peso (kg/ml)		
	0+060 a 0+490		2 CARRILES	3.00	574.00	0.66	0.99	1,129.70	
438. F	ASERRADO Y ACORDONADO DE JUNTAS	m							<b>2,316.00</b>
	0+060 a 0+490								
	Juntas Longitudinales		2 CARRILES	3.00	430.00			1,290.00	
	Juntas Transversales		2 CARRILES	95.00	10.80			1,026.00	
438. G	JUNTAS DE EXPANSION (TECNOPORT E=1/2"+SELLADOR)	m							<b>860.00</b>
	0+060 a 0+490		2 CARRILES	2.00	430.00			860.00	
<b>700.00</b>	<b>TRANSPORTE</b>								
700. A	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR D<=1 km	m3km							<b>1,671.84</b>
700. B	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR D>1 km	m3km							<b>14,812.50</b>
	DME =	CANTERA ARUNTA							
	Acceso (Km) =	9.98							
	Km (empalme) =	0+275.00							
								ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE (m3-km)	
		CG	Dist Km - acarreo libre (120m)	Volumen del material (m3)	F.c.	Volumen Total (m3)	D <= 1KM	D > 1KM	
	Subbase granular	0+275.00	9.86	1,393.20	1.20	1671.84	1671.84	14812.50	

Nota: Elaboración propia

Figura 39

Partida: Subbase granular e= 0.30 m

402. A SUBBASE GRANULAR E=0.30m						Rend:	462.0000 m3/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00007	CAPATAZ A	HH	1.000	0.0173	28.96	0.50	
47 00011	OFICIAL	HH	1.000	0.0173	17.60	0.30	
47 00002	PEON	HH	6.000	0.1039	15.92	1.85	
						<u>2.45</u>	
<b>Materiales</b>							
05 00101	SUB BASE GRANULAR	m3		1.2000	63.56	76.27	
						<u>76.27</u>	
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	2.45	0.07	
49 00047	MOTONIVELADORA DE 140-150 HP	HM	1.000	0.0173	168.31	2.91	
49 00046	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135HP 10-12 TON	hm	1.000	0.0173	155.25	2.69	
						<u>5.67</u>	
<b>Sub partidas</b>							
SP 00470	TRANSPORTE DE AGUA PARA CALZADA (RIEGO)	m3		0.1200	51.60	6.19	
						<u>6.19</u>	
<b>Costo Unitario por m3 :</b>						<b>90.58</b>	

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

Figura 40

Partida: Pavimento de concreto hidráulico f'c= 280 kg/cm2 e= 0.15 m

438. A PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO f'c=280kg/cm2 E=0.15m						Rend:	20.0000 m3/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00007	CAPATAZ A	HH	1.000	0.4000	28.96	11.58	
47 00003	OPERARIO	HH	3.000	1.2000	22.28	26.74	
47 00002	PEON	HH	8.000	3.2000	15.92	50.94	
47 00331	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.000	0.4000	22.28	8.91	
						<u>98.17</u>	
<b>Materiales</b>							
80 00422	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=280 Kg/cm2 C/ CEMENTO TIPO IP, SLUMP 4"-6"	m3		1.0000	339.00	339.00	
						<u>339.00</u>	
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	98.17	2.95	
48 00423	VIBRADOR DE CONCRETO DE 2", 4 hp	he	1.000	0.4000	15.04	6.02	
49 00421	BOMBA CONCRETERA C/BRAZO TELESCOPICO	m3		1.0000	29.00	29.00	
						<u>37.97</u>	
<b>Costo Unitario por m3 :</b>						<b>475.14</b>	

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

Figura 41

Partida: Encofrado y desencofrado para pavimento

438. B ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA PAVIMENTO						Rend:	12.0000 m2/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00007	CAPATAZ A	HH	0.100	0.0667	28.96	1.93	
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.6667	22.28	14.85	
47 00011	OFICIAL	HH	1.000	0.6667	17.60	11.73	
						<u>28.51</u>	
<b>Materiales</b>							
02 00068	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 8	kg		3.5000	3.78	13.23	
43 00189	MADERA TORNILLOINC. CORTE P/ ENCOFRADO	p2		0.2500	5.44	1.36	
						<u>14.59</u>	
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	28.51	0.86	
						<u>0.86</u>	
<b>Costo Unitario por m2 :</b>						<b>43.96</b>	

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

Figura 42

Partida: Curado de concreto con aditivo

438. C		CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO			Rend:	1,000.0000 m2/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
47 00007	CAPATAZ A	HH	0.100	0.0008	28.96	0.02
47 00002	PEON	HH	1.000	0.0080	15.92	0.13
						<u>0.15</u>
<b>Materiales</b>						
30 00022	ADITIVO CURADOR DE CONCRETO	LT		0.1800	5.51	0.99
						<u>0.99</u>
<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.15	-
48 00196	EQUIPO PULVERIZADOR	UND		0.0020	110.17	0.22
						<u>0.22</u>
<b>Costo Unitario por m2 :</b>						<b>1.36</b>

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

Figura 43

Partida: Dowells de acero liso D= 1"

438. D		DOWELLS DE ACERO LISO D=1"			Rend:	100.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
47 00007	CAPATAZ A	HH	0.100	0.0080	28.96	0.23
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.0800	22.28	1.78
47 00002	PEON	HH	1.000	0.0800	15.92	1.27
						<u>3.28</u>
<b>Materiales</b>						
02 01942	DOWELL LISO 1", L=41CM	M		1.0500	11.87	12.46
03 00191	SISTEMA DE SUJECION DOWELLS	M		1.0500	6.36	6.68
						<u>19.14</u>
<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	3.28	0.10
						<u>0.10</u>
<b>Costo Unitario por m :</b>						<b>22.52</b>

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

Figura 44

Partida: Barras de anclaje D=1/2"

438. E		BARRAS DE ANCLAJE D=1/2"			Rend:	350.0000 kg/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
47 00007	CAPATAZ A	HH	0.100	0.0023	28.96	0.07
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.0229	22.28	0.51
47 00002	PEON	HH	1.000	0.0229	15.92	0.36
						<u>0.94</u>
<b>Materiales</b>						
02 00012	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	kg		0.2500	4.20	1.05
03 00192	ACERO DE REFUERZO FY= 4200 GRADO 60	kg		1.0500	2.81	2.95
						<u>4.00</u>
<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.94	0.03
						<u>0.03</u>
<b>Costo Unitario por kg :</b>						<b>4.97</b>

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

Figura 45

Partida: Aserrado y acordonado de juntas

438. F ASERRADO Y ACORDONADO DE JUNTAS						Rend:	60.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00007	CAPATAZ A	HH	0.100	0.0133	28.96	0.39	
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.1333	22.28	2.97	
47 00002	PEON	HH	1.000	0.1333	15.92	2.12	
						<b>5.48</b>	
<b>Materiales</b>							
29 00193	CORDON DE RESPALDO 3/8"	M		1.0200	1.20	1.22	
30 00194	SELLADOR DE JUNTAS DE POLIURETANO	UND		0.1880	32.05	6.03	
						<b>7.25</b>	
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	5.48	0.16	
48 00055	CORTADORA DE CONCRETO 12-16" 13HP	hm	1.000	0.1333	38.96	5.19	
						<b>5.35</b>	
<b>Costo Unitario por m :</b>						<b>18.08</b>	

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

Figura 46

Partida: Juntas de expansión (Tecnoport e= 1/2" + sellador)

438. G JUNTAS DE EXPANSION (TECNOPORT E=1/2"+SELLADOR)						Rend:	100.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00007	CAPATAZ A	HH	0.100	0.0080	28.96	0.23	
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.0800	22.28	1.78	
47 00002	PEON	HH	0.500	0.0400	15.92	0.64	
						<b>2.65</b>	
<b>Materiales</b>							
30 00194	SELLADOR DE JUNTAS DE POLIURETANO	UND		0.2000	32.05	6.41	
60 00195	PLANCHA DE TECNOPOR 240 X 120 X 1/2"	pln		0.0700	7.00	0.49	
						<b>6.90</b>	
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	2.65	0.08	
						<b>0.08</b>	
<b>Costo Unitario por m :</b>						<b>9.63</b>	

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

Figura 47

Presupuesto de la estructura de pavimento rígido diseñado

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal	Total
<b>200</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>						
202. A	PERFILADO, NIVELACION Y COMPACTACION	m2	4,644.00	2.52	11,702.88		
<b>400</b>	<b>PAVIMENTO RIGIDO</b>						559,347.91
402. A	SUBBASE GRANULAR E=0.30m	m3	1,393.20	90.58	126,196.06		
438. A	PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO f <sub>c</sub> =280kg/cm <sup>2</sup> E=0.15m	m3	696.60	475.14	330,982.52		
438. B	ENCOFRADO Y DESENCOFADO PARA PAVIMENTO	m2	193.50	43.96	8,506.26		
438. C	CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO	m2	4,644.00	1.36	6,315.84		
438. D	DOWELLS DE ACERO LISO D=1"	m	1,402.20	22.52	31,577.54		
438. E	BARRAS DE ANCLAJE D=1/2"	kg	1,129.70	4.97	5,614.61		
438. F	ASERRADO Y ACORDONADO DE JUNTAS	m	2,316.00	18.08	41,873.28		
438. G	JUNTAS DE EXPANSION (TECNOPORT E=1/2"+SELLADOR)	m	860.00	9.63	8,281.80		
<b>700</b>	<b>TRANSPORTE</b>						13,391.44
700. A	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR D<=1 KM	m3k	1,671.84	3.58	5,985.19		
700. B	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR D >1 KM	m3k	14,812.50	0.50	7,406.25		
<b>COSTO DIRECTO</b>						<b>584,442.23</b>	

Son : QUINIENTOS OCHENTA Y CUATRO MIL CUATROCIENTOS CUARENTA Y DOS CON 23/100 SOLES

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

En síntesis, se delimito que el costo directo para la ejecución de la alternativa de pavimento rígido asciende a s/.584,442.23, siendo mayor al costo del pavimento flexible (s/.502,513.33) por 81,928.90 soles (16.30% más costoso).

En cierto modo el pavimento flexible es la alternativa más asequible, sin embargo también es necesario efectuar una evaluación económica para la fase de mantenimiento de la estructura de pavimento durante todo su periodo de diseño ya establecido y así determinar la propuesta más provechosa.

### 4.3.3 Evaluación económica de la fase de mantenimiento y selección de la propuesta más factible

Este análisis fue desarrollado empleando el software HDM-4, para lo cual se han establecido niveles de servicio y sus correspondientes estándares de mantenimiento que deban implementarse, ello tanto para la propuesta de pavimento flexible como para la propuesta de pavimento rígido.

**Tabla 23**

Niveles de servicio y estándares de mantenimiento establecidos para pavimento flexible.

NIVELES DE SERVICIO	ESTANDARES DE MANTENIMIENTO
El porcentaje límite de área con fisuras será del 2%.	Sellado de fisuras.
No se consentirán baches.	Parchado superficial cada 3 años.
La rugosidad (IRI) no deberá ser mayor a 3.50m/km.	Fresado y recapeo asfáltico de 1".

Nota: Elaboración propia

**Tabla 24**

Niveles de servicio y estándares de mantenimiento establecidos para pavimento rígido.

NIVELES DE SERVICIO	ESTANDARES DE MANTENIMIENTO
El porcentaje límite de área con fisuras será del 2%.	Sellado de fisuras.
No se consentirán despostillamientos de juntas.	Resellado de juntas cada 3 años.
La rugosidad (IRI) no deberá ser mayor a 3.50m/km.	Cepillado de 5mm.

Nota: Elaboración propia

Asimismo, se determinaron los costos por unidad de medida de las actividades de mantenimiento necesarias para cada tipo de pavimento.

**Figura 48**

Partida: Limpieza de calzada y bermas

201		LIMPIEZA DE CALZADA Y BERMAS			Rend:	0.6000 km/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
47 00007	CAPATAZ A	HH	0.100	1.3333	28.96	38.61
47 00002	PEON	HH	3.000	40.0000	15.92	636.80
						<b>675.41</b>
<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	675.41	33.77
						<b>33.77</b>
<b>Costo Unitario por km :</b>						<b>709.18</b>

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

**Figura 49**

Partida: Sellado de fisuras en pavimento flexible

401. A		SELLADO DE FISURAS EN PAVIMENTO FLEXIBLE			Rend:	900.0000 m/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
47 00007	CAPATAZ A	HH	0.200	0.0018	28.96	0.05
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.0089	22.28	0.20
47 00011	OFICIAL	HH	1.000	0.0089	17.60	0.16
47 00002	PEON	HH	1.000	0.0089	15.92	0.14
						<b>0.55</b>
<b>Materiales</b>						
30 00197	SELLADOR ELASTOMERICO	KG		0.2000	6.80	1.36
						<b>1.36</b>
<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.55	0.03
49 00060	CAMION BARANDA 3 TON	HM	1.000	0.0089	77.14	0.69
49 00062	COMPRESORA NEUMATICA 87 HP 250 - 330 PCM	hm	1.000	0.0089	125.99	1.12
49 00079	RUTEADOR 25HP	HM	1.000	0.0089	26.99	0.24
49 00080	SELLADOR DE FISURAS 25HP	HM	1.000	0.0089	153.80	1.37
						<b>3.45</b>
<b>Costo Unitario por m :</b>						<b>5.36</b>

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

**Figura 50**

Partida: Parchado superficial en calzada

410. A PARCHADO SUPERFICIAL EN CALZADA						Rend:	35.0000 m2/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Equipo</b>							
49 00060	CAMION BARANDA 3 TON	HM	0.200	0.0457	77.14	3.53	
<b>Sub partidas</b>							
SP 02078	REMOCION DE CARPETA	m2		1.0000	9.35	9.35	
SP 02079	PERFILADO Y COMPACTADO MANUAL	m2		1.0000	4.25	4.25	
SP 02080	IMPRIMACION DE PARCHO	m2		1.0000	7.13	7.13	
SP 02081	EXTENDIDO Y COMPACTADO MANUAL DE MEZCLA	m2		1.0000	7.69	7.69	
SP 02082	423. AIPAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO EN CALIENTE	m3		0.0500	544.98	27.25	
						<b>55.67</b>	
<b>Costo Unitario por m2 :</b>						<b>59.20</b>	

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

**Figura 51**

Sub Partida: Remoción de carpeta

Sub Partida 02078 REMOCION DE CARPETA						Rend:	90.0000 m2/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00007	CAPATAZ A	HH	0.100	0.0089	28.96	0.28	
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.0889	22.28	1.98	
47 00002	PEON	HH	1.000	0.0889	15.92	1.42	
						<b>3.66</b>	
<b>Materiales</b>							
30 00056	DISCO DE CORTE PICONCRETO 16"	und		0.0050	423.73	2.12	
						<b>2.12</b>	
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	3.66	0.11	
48 00055	CORTADORA DE CONCRETO 12-16" 13HP	hm	1.000	0.0889	38.96	3.46	
						<b>3.57</b>	
<b>Costo Unitario por m2 :</b>						<b>9.35</b>	

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

**Figura 52**

Sub Partida: Perfilado y compactado manual

Sub Partida 02079 PERFILADO Y COMPACTADO MANUAL						Rend:	120.0000 m2/DIA
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
47 00007	CAPATAZ A	HH	0.100	0.0067	28.96	0.19	
47 00011	OFICIAL	HH	1.000	0.0667	17.60	1.17	
47 00002	PEON	HH	1.000	0.0667	15.92	1.06	
						<b>2.42</b>	
<b>Materiales</b>							
30 00021	AGUA PARA OBRA	m3		0.1000	5.50	0.55	
						<b>0.55</b>	
<b>Equipo</b>							
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	2.42	0.07	
48 00057	COMPACTADOR VIBR. TIPO PLANCHA 7 HP	hm	1.000	0.0667	18.15	1.21	
						<b>1.28</b>	
<b>Costo Unitario por m2 :</b>						<b>4.25</b>	

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

Figura 53

Sub Partida: Imprimación de parche

Sub Partida 02080		IMPRIMACION DE PARCHE			Rend: 180.0000 m2/DIA	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
47 00007	CAPATAZ A	HH	0.500	0.0222	28.96	0.64
47 00011	OFICIAL	HH	1.000	0.0444	17.60	0.78
47 00002	PEON	HH	2.000	0.0889	15.92	1.42
						<b>2.84</b>
<b>Materiales</b>						
13 00058	ASFALTO DILUIDO MC-30	gln		0.3000	13.84	4.15
						<b>4.15</b>
<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	2.84	0.14
						<b>0.14</b>
<b>Costo Unitario por m2 :</b>						<b>7.13</b>

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

Figura 54

Sub Partida: Extendido y compactado manual de mezcla

Sub Partida 02081		EXTENDIDO Y COMPACTADO MANUAL DE MEZCLA			Rend: 80.0000 m2/DIA	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
47 00007	CAPATAZ A	HH	0.100	0.0100	28.96	0.29
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.1000	22.28	2.23
47 00002	PEON	HH	2.000	0.2000	15.92	3.18
						<b>5.70</b>
<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	5.70	0.17
48 00057	COMPACTADOR VIBR. TIPO PLANCHA 7 HP	hm	1.000	0.1000	18.15	1.82
						<b>1.99</b>
<b>Costo Unitario por m2 :</b>						<b>7.69</b>

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

Figura 55

Partida: Fresado y recapeo asfáltico de e= 1"

460. A		FRESADO Y RECAPEO ASFÁLTICO DE E=1"			Rend: 1.0000 M2/DIA	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Sub partidas</b>						
SP 02075	465. AJFRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO E=1"	m2		1.0000	4.75	4.75
SP 02071	417. AJIRIEGO DE LIGA	m2		1.0000	6.18	6.18
SP 02072	423. AJIPAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO EN CALIENTE E=1"	m3		0.0254	544.98	13.84
						<b>24.77</b>
<b>Costo Unitario por M2 :</b>						<b>24.77</b>

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

Figura 56

Sub Partida: Fresado de pavimento asfáltico e= 1"

Sub Partida 02075		465. AJFRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO E=1"			Rend: 1,152.0000 m2/DIA	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
47 00007	CAPATAZA	HH	0.200	0.0014	28.96	0.04
47 00002	PEON	HH	4.000	0.0278	15.92	0.44
						<b>0.48</b>
<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.48	0.01
49 00066	BARREDORA MECANICA 10-20 HP	hm	1.000	0.0069	59.32	0.41
49 00065	FRESADORA EN FRIO W50 80-100 HP	HM	1.000	0.0069	466.10	3.22
49 00061	MINICARGADOR SOBRE LLANTAS 70 HP-0.5YD3	hm	1.000	0.0069	90.96	0.63
						<b>4.27</b>
<b>Costo Unitario por m2 :</b>						<b>4.75</b>

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

Figura 57

## Sub Partida: Riego de liga

Sub Partida 02071		417. AJIRIEGO DE LIGA		Rend: 4,700.0000 m2/DIA		
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
47 00007	CAPATAZ A	HH	1.000	0.0017	28.96	0.05
47 00011	OFICIAL	HH	1.000	0.0017	17.60	0.03
47 00002	PEON	HH	6.000	0.0102	15.92	0.16
						<b>0.24</b>
<b>Materiales</b>						
13 00064	ASFALTO RC 250	gal		0.3968	13.42	5.33
						<b>5.33</b>
<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.24	0.01
49 00063	CAMION IMPRIMADOR 210HP DE 2000 GLN	hm	1.000	0.0017	141.24	0.24
49 00062	COMPRESORA NEUMATICA 87 HP 250 - 330 PCM	hm	1.000	0.0017	125.99	0.21
49 00061	MINICARGADOR SOBRE LLANTAS 70 HP-0.5YD3	hm	1.000	0.0017	90.96	0.15
						<b>0.61</b>
<b>Costo Unitario por m2 :</b>						<b>6.18</b>

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

Figura 58

## Partida: Sellado de fisuras en pavimento rígido

550. A		SELLADO DE FISURAS EN PAVIMENTO RIGIDO		Rend: 900.0000 m/DIA		
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
47 00007	CAPATAZ A	HH	0.200	0.0018	28.96	0.05
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.0089	22.28	0.20
47 00011	OFICIAL	HH	1.000	0.0089	17.60	0.16
47 00002	PEON	HH	1.000	0.0089	15.92	0.14
						<b>0.55</b>
<b>Materiales</b>						
30 00197	SELLADOR ELASTOMERICO	KG		0.2000	6.80	1.36
						<b>1.36</b>
<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	0.55	0.03
49 00060	CAMION BARANDA 3 TON	HM	1.000	0.0089	77.14	0.69
49 00062	COMPRESORA NEUMATICA 87 HP 250 - 330 PCM	hm	1.000	0.0089	125.99	1.12
49 00079	RUTEADOR 25HP	HM	1.000	0.0089	26.99	0.24
49 00080	SELLADOR DE FISURAS 25HP	HM	1.000	0.0089	153.80	1.37
						<b>3.45</b>
<b>Costo Unitario por m :</b>						<b>5.36</b>

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

Figura 59

## Partida: Resellado de juntas

550. B		RESELLADO DE JUNTAS		Rend: 1.0000 m/DIA		
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Sub partidas</b>						
SP 02089	551. AJILIMPIEZA DE JUNTAS	M		1.0000	1.22	1.22
SP 02088	552. AJISELLADO DE JUNTAS	M		1.0000	12.89	12.89
						<b>14.11</b>
<b>Costo Unitario por m :</b>						<b>14.11</b>

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

Figura 60

## Sub Partida: Limpieza de juntas

Sub Partida 02089		551. AJLIMPIEZA DE JUNTAS			Rend: 900.0000 M/DIA	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
47 00007	CAPATAZ A	HH	0.100	0.0009	28.96	0.03
47 00002	PEON	HH	8.000	0.0711	15.92	1.13
						1.16
<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		5.0000	1.16	0.06
<b>Costo Unitario por M :</b>						<b>1.22</b>

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

Figura 61

## Sub Partida: Sellado de juntas

Sub Partida 02088		552. AJSELLADO DE JUNTAS			Rend: 60.0000 M/DIA	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
47 00007	CAPATAZ A	HH	0.100	0.0133	28.96	0.39
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.1333	22.28	2.97
47 00002	PEON	HH	1.000	0.1333	15.92	2.12
						5.48
<b>Materiales</b>						
29 00193	CORDON DE RESPALDO 3/8"	M		1.0200	1.20	1.22
30 00194	SELLADOR DE JUNTAS DE POLIURETANO	UND		0.1880	32.05	6.03
						7.25
<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	5.48	0.16
						0.16
<b>Costo Unitario por M :</b>						<b>12.89</b>

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

Figura 62

## Partida: Cepillado de 5mm de losas de concreto

565. A		CEPILLADO DE 5MM DE LOSAS DE CONCRETO			Rend: 800.0000 m2/DIA	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
<b>Mano de Obra</b>						
47 00007	CAPATAZ A	HH	0.200	0.0020	28.96	0.06
47 00003	OPERARIO	HH	1.000	0.0100	22.28	0.22
47 00002	PEON	HH	3.000	0.0300	15.92	0.48
						0.76
<b>Equipo</b>						
37 00001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.76	0.02
49 00066	BARREDORA MECANICA 10-20 HP	hm	1.000	0.0100	59.32	0.59
49 00299	CEPILLADORA DE PAVIMENTO DE HORMIGON	hm	1.000	0.0100	721.00	7.21
						7.82
<b>Costo Unitario por m2 :</b>						<b>8.58</b>

Nota: Elaboración propia – Presupuestos 4.00

**Tabla 25**

Costos de las actividades de mantenimiento por tipo de pavimento.

TIPO DE PAVIMENTO	ACTIVIDAD	UNIDAD	PRECIO DE MERCADO	
			SOLES (s/.)	DOLAR (\$)
PAVIMENTO FLEXIBLE	Sellado de fisuras	m	5.36	1.49
	Parchado superficial en calzada	m2	59.20	16.44
	Fresado y recapeo asfáltico de e=1"	m2	24.77	6.88
PAVIMENTO RIGIDO	Sellado de fisuras	m	5.36	1.49
	Resellado de juntas	m	14.11	3.92
	Cepillado de 5mm de losas de concreto	m2	8.58	2.38
MANTENIMIENTO RUTINARIO ANUAL	Limpieza de calzada y bermas	km	709.18	196.99

Nota: Elaboración propia

Se usaron también los parámetros técnicos en el análisis de las alternativas desarrolladas en función a una línea base.

- Período de Análisis u horizonte del Proyecto : 20 años
- Precios de insumos utilizados : Año 2020
- Proyecta Inversión en el año : 2021
- Tasa de descuento : 8%
- Tipo de cambio dólar : s/.3.60
- Factor de corrección para los costos de mantenimiento y operación : 0.75

El estudio de tráfico, ha identificado y determinado 02 Estaciones de conteo vehicular (Estación 01 y 06) obteniendo los siguientes resúmenes, considerando la flota Perú según la siguiente distribución Vehicular.

Tabla 26

Tráfico actual por tipo de vehículo - Estación 01.

<b>TRAFICO ACTUAL POR TIPO DE VEHICULO</b>		
<b>TIPO DE VEHICULO</b>	<b>IMD</b>	<b>DISTRIBUCION (%)</b>
<b>Mototaxi</b>	1,210.00	9.01%
<b>Automóvil</b>	1,912.00	14.23%
<b>Taxi</b>	6,450.00	48.01%
<b>Camioneta Pick Up</b>	792.00	5.90%
<b>Camioneta Panel</b>	17.00	0.13%
<b>C.R.</b>	613.00	4.56%
<b>Micro</b>	1,962.00	14.60%
<b>Bus Grande 2E</b>	29.00	0.22%
<b>Bus Grande &gt;=3E</b>	19.00	0.14%
<b>Camión 2E</b>	348.00	2.59%
<b>Camión 3E</b>	15.00	0.11%
<b>Camión 4E</b>	1.00	0.01%
<b>Semi Trayler 2S1/2S2</b>	1.00	0.01%
<b>Semi Trayler 2S3</b>	1.00	0.01%
<b>Semi Trayler 3S1/3S2</b>	5.00	0.04%
<b>Semi Trayler &gt;= 3S3</b>	59.00	0.44%
<b>Trayler 2T2</b>		0.00%
<b>Trayler 2T3</b>		0.00%
<b>Trayler 3T2</b>		0.00%
<b>Trayler &gt;=3T3</b>		0.00%
<b>IMD</b>	<b>13,434.00</b>	<b>100.00%</b>

Nota: (Equipo técnico de proyectos viales de Subgerencia de estudio – GRT, 2019).

Tabla 27

Uniformización del tráfico de la Estación 01 según la clasificación de la OPP MTC (mayo 2011).

<b>SEGÚN CLASIFICACION DEL OPP MTC (MAYO 2011)</b>			
<b>1</b>	AUTO	1,912.00	15.65%
<b>2</b>	UTILITARIO	7,872.00	64.42%
<b>3</b>	BUS	2,010.00	16.44%
<b>4</b>	CAMION LIGERO	348.00	2.85%
<b>5</b>	CAMION MEDIANO	15.00	0.12%
<b>6</b>	CAMION PESADO	1.00	0.01%
<b>7</b>	ARTICULADO	66.00	0.54%
		<b>12,224.00</b>	<b>100%</b>

Nota: Elaboración propia

**Tabla 28**

Tráfico actual por tipo de vehículo - Estación 06.

<b>TRAFICO ACTUAL POR TIPO DE VEHICULO</b>		
<b>TIPO DE VEHICULO</b>	<b>IMD</b>	<b>DISTRIBUCION (%)</b>
<b>Mototaxi</b>	1,051.00	12.53%
<b>Automóvil</b>	1,752.00	20.88%
<b>Taxi</b>	2,812.00	33.52%
<b>Camioneta Pick Up</b>	333.00	3.97%
<b>Camioneta Panel</b>	22.00	0.26%
<b>C.R.</b>	1,007.00	12.00%
<b>Micro</b>	1,083.00	12.91%
<b>Bus Grande 2E</b>	9.00	0.11%
<b>Bus Grande &gt;=3E</b>	13.00	0.15%
<b>Camión 2E</b>	239.00	2.85%
<b>Camión 3E</b>	11.00	0.13%
<b>Camión 4E</b>	2.00	0.02%
<b>Semi Trayler 2S1/2S2</b>	2.00	0.02%
<b>Semi Trayler 2S3</b>	1.00	0.01%
<b>Semi Trayler 3S1/3S2</b>	2.00	0.02%
<b>Semi Trayler &gt;= 3S3</b>	51.00	0.61%
<b>Trayler 2T2</b>		0.00%
<b>Trayler 2T3</b>		0.00%
<b>Trayler 3T2</b>		0.00%
<b>Trayler &gt;=3T3</b>		0.00%
<b>IMD</b>	<b>8,390.00</b>	<b>100.00%</b>

Nota: (Equipo técnico de proyectos viales de Subgerencia de estudio – GRT, 2019).

**Tabla 29**

Uniformización del tráfico de la Estación 06 según la clasificación de la OPP MTC (mayo 2011).

<b>SEGÚN CLASIFICACION DEL OPP MTC (MAYO 2011)</b>			
<b>1</b>	<b>AUTO</b>	<b>1,752.00</b>	<b>14.33%</b>
<b>2</b>	<b>UTILITARIO</b>	<b>4,174.00</b>	<b>34.15%</b>
<b>3</b>	<b>BUS</b>	<b>1,105.00</b>	<b>9.04%</b>
<b>4</b>	<b>CAMION LIGERO</b>	<b>239.00</b>	<b>1.96%</b>
<b>5</b>	<b>CAMION MEDIANO</b>	<b>11.00</b>	<b>0.09%</b>
<b>6</b>	<b>CAMION PESADO</b>	<b>2.00</b>	<b>0.02%</b>
<b>7</b>	<b>ARTICULADO</b>	<b>56.00</b>	<b>0.46%</b>
		<b>12,224.00</b>	<b>100%</b>

Nota: Elaboración propia

De acuerdo al análisis ejecutado con el HDM-4, se obtuvo los siguientes resultados, que engloban las actividades indispensables a realizar para satisfacer los niveles de servicio fijados para cada tipo de pavimento.

**Tabla 30**

Resumen de actividades de conservación: Pavimento Flexible.

AÑO	DESCRIPCION	METRADO	COSTO (s/.)	COSTO ACUMULADO (s/.)
1	Costo directo de la estructura del pavimento (km)	0.43	502,513.33	502,513.33
2	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	502,818.25
3	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	503,123.17
4	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	503,428.09
5	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	503,733.01
6	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	504,037.93
7	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	504,342.85
8	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	504,647.77
9	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	504,952.69
9	Fresado y recapeo asfáltico de e=1" (m2)	3,096.00	76,681.80	581,634.49
10	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	581,939.41
11	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	582,244.33
12	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	582,549.25
13	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	582,854.17
13	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	583,159.09
14	Fresado y recapeo asfáltico de e=1" (m2)	3,096.00	76,681.80	659,840.89
15	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	660,145.81
16	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	660,450.73
17	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	660,755.65
18	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	661,060.57
18	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	661,365.49
19	Fresado y recapeo asfáltico de e=1" (m2)	3,096.00	76,681.80	738,047.29
20	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	738,352.21

Nota: Elaboración propia – HDM-4 ver 2.10

Tabla 31

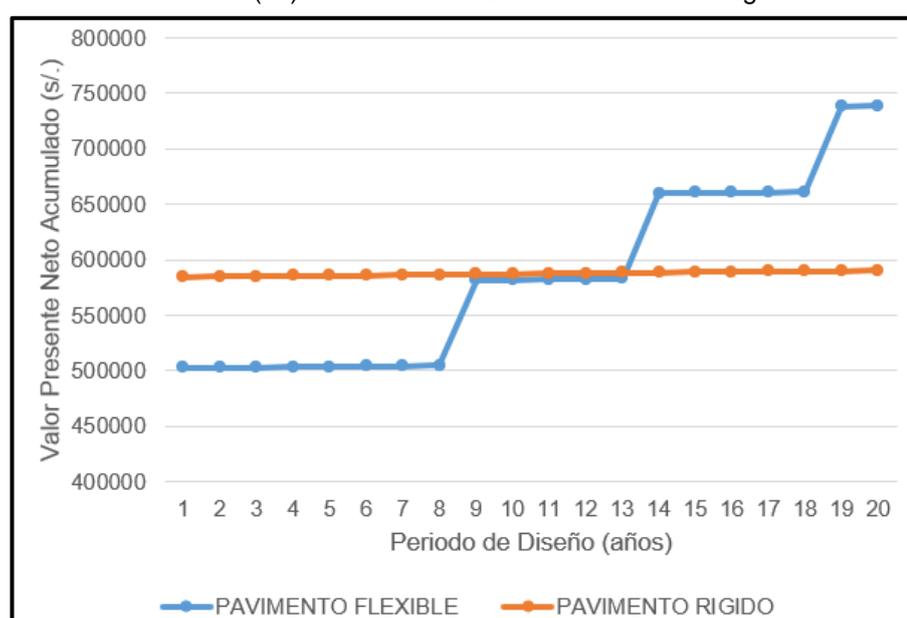
Resumen de actividades de conservación: Pavimento Rígido.

AÑO	DESCRIPCION	METRADO	COSTO (s/.)	COSTO ACUMULADO (s/.)
1	Costo directo de la estructura del pavimento (km)	0.43	502,513.33	502,513.33
2	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	502,818.25
3	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	503,123.17
4	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	503,428.09
5	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	503,733.01
6	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	504,037.93
7	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	504,342.85
8	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	504,647.77
9	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	504,952.69
9	Fresado y recapeo asfáltico de e=1" (m2)	3,096.00	76,681.80	581,634.49
10	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	581,939.41
11	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	582,244.33
12	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	582,549.25
13	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	582,854.17
14	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	583,159.09
14	Fresado y recapeo asfáltico de e=1" (m2)	3,096.00	76,681.80	659,840.89
15	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	660,145.81
16	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	660,450.73
17	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	660,755.65
18	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	661,060.57
19	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	661,365.49
19	Fresado y recapeo asfáltico de e=1" (m2)	3,096.00	76,681.80	738,047.29
20	Mantenimiento rutinario (km)	0.43	304.92	738,352.21

Nota: Elaboración propia – HDM-4 ver 2.10

Figura 63

Costos acumulados(s/.) Pavimento Flexible vs. Pavimento Rígido



Nota: Elaboración propia

En la Tabla 30, se aprecia que el costo total al final de su periodo de vida útil del pavimento flexible es de s/.738,352.21, implicando un costo de construcción de s/.502,513.33 y un costo de mantenimiento de s/.235,838.88, representando aproximadamente el 47% del costo de construcción.

Asimismo, en la Tabla 31 se aprecia que el costo total del pavimento rígido es de s/.590,235.71, implicando un costo de construcción de s/.584,442.23 y un costo de mantenimiento de s/.5,793.48, representando aproximadamente el 1% del costo de construcción.

En resumen, la alternativa de pavimento rígido resulta ser más rentable, con una inversión total de s/.590,235.71, representando aproximadamente el 80% del costo total del pavimento flexible.

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

La estructura de diseño de pavimento rígido resultante de la aplicación de la metodología de diseño AASHTO 93 presenta una subbase granular de 30 cm, además de una losa de concreto de 15 cm de espesor, valor recomendado por la Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, para esta coyuntura (Vía Arterial), de igual forma la estructura de diseño de pavimento flexible consta de una carpeta asfáltica de 5 cm, una base granular de 30 cm y una subbase granular de 40 cm, corroborando que ambas opciones cumplen las disposiciones para proporcionar un buen nivel de servicio durante su periodo de vida útil.

El aspecto más importante para determinar la viabilidad de cualquier intervención, es el económico, por lo que ciñéndose en la evaluación realizada, se precisa que el costo de construcción del pavimento de asfáltico en caliente es de s/.502,513.33, ello influenciado en parte por el bajo costo del cemento asfáltico 60/70 (Tipo de cemento asfáltico recomendado para las condiciones climáticas de la región de Tacna), asimismo también se han considerado los costos generados por los mantenimientos a lo largo de su periodo de vida útil, denotándose que su costo de conservación asciende a s/.235,838.88, motivo por el cual esta alternativa se torna menos factible.

Por otro lado, en la evaluación realizada para la alternativa de pavimento rígido, se registró un costo de puesta en marcha de s/. 584,442.23, además de costos generados por los mantenimientos necesarios a lo largo de su periodo de diseño de s/.5,793.48, evidenciando que este tipo de pavimento se vuelve factible con el tiempo.

Son muchas las ventajas que demuestran que el pavimento rígido es la mejor opción en la construcción de una vía de carácter urbano (zona de tráfico denso), pues se busca brindar los servicios requeridos y la estabilidad de los mismos durante mucho tiempo; todo ello sugiere el uso de este tipo de pavimento; sin embargo desde un punto de vista de rentabilidad a corto plazo, sería más conveniente construir un pavimento flexible para el proyecto en estudio y así disponer de inversión adicional para demás proyectos necesarios en la región de Tacna, puesto que la alternativa de pavimento rígido empieza a adquirir mayor rentabilidad a partir del decimocuarto año.

## CONCLUSIONES

- Según la estructura de los pavimentos diseñados, se determina los costos de construcción y de mantenimiento, definiendo a partir de ello la propuesta económica menor para el intercambio vial a desnivel en la Av. Jorge Basadre Grohmann.
- La propuesta económica para un pavimento flexible diseñado según el método AASHTO 93 para el intercambio vial a desnivel en la Av. Jorge Basadre Grohmann, no es factible, proporcionando un menor costo de construcción y costos de mantenimientos notables, resultando al final de su periodo de diseño, una alternativa de insuficiente rentabilidad.
- La propuesta económica para un pavimento rígido diseñado según el método AASHTO 93 para el intercambio vial a desnivel en la Av. Jorge Basadre Grohmann, es factible, resultando en costos de construcción considerables y costos reducidos de mantenimiento, representando una alternativa de mayor rentabilidad al final de su periodo de diseño, ello debido principalmente a sus menores costos en intervenciones.
- El diseño de pavimento rígido determina una propuesta económica menor, para el intercambio vial a desnivel en la Av. Jorge Basadre Grohmann, por lo que sería la propuesta más recomendable a nivel constructivo para su aplicación en el proyecto en estudio.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda a PROVIAS, considerar una intervención del tipo estructurante como lo es un intercambio vial a desnivel con carriles en depresión, en la intersección de la Av. Jorge Basadre Grohmann con la Av. Tarata, así mismo tomar en cuenta la presente investigación para la elección del tipo de pavimento a emplear en la zona deprimida de dicho intercambio vial.
- Se recomienda al Gobierno Regional de Tacna, conceptualizar la alternativa de pavimento rígido para la zona deprimida en el proyecto: “Creación del Intercambio Vial a Desnivel en la Av. Jorge Basadre Grohmann, intersecciones con la Av. Tarata e Internacional, Distrito de Alto de la Alianza – Provincia de Tacna – Departamento de Tacna”, que vienen elaborando.
- Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Tacna y a las municipalidades competentes, brindar el apoyo necesario para la concepción de un intercambio vial en la intersección de la Av. Jorge Basadre Grohmann con la Av. Tarata y solucionar de una vez los problemas de tráfico que aquejan a los usuarios de esas vías; asimismo a partir de ello puedan hacer uso de los resultados obtenidos en este estudio, con el propósito de optimizar recursos a largo plazo en intervenciones de pavimentación.
- Se recomienda a las instituciones dedicadas a la investigación en inversiones en vías rurales y urbanas, considerar los costos de todos los componentes que incluye un proyecto (pavimentación, obras de arte, obras de drenaje, elementos de seguridad vial y señalización, etc.) y no solo los concernientes a la pavimentación, haciendo uso del software de simulación HDM-4.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AASHTO. (1993). Washington,USA: Design of Pavement Structures. American Association of State Highway and Transportation Officials.
- ACI 363R-92. (1997). State-of-the-Art Report on High-Strength Concrete. USA.
- Becerra, M. (2013). Comparación técnico - económica de las alternativas de pavimentación flexible y rígida a nivel de costo de inversión. Piura-Perú: Universidad de Piura.
- Corros, M., Urbaéz, E., & Corredor, G. (2019). Diseño de Pavimentos I Evaluación de Pavimentos. Venezuela: Publicación INVEAS.
- Farinango, D. (2014). Análisis comparativo de costos entre el pavimento rígido y pavimento flexible. Quito-Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Hernández, R. (2010). Metodología de la Investigación. México: McGraw Hill.
- Huang, Y. (2004). Pavement Analysis and Design (Segunda ed.). USA: Pearson Prentice Hall.
- Hurtado, R. (2016). Análisis comparativo entre pavimento flexible y rígido para uso en ruta cantonal de El Guarco. El Guarco-Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Minaya, S. (2006). Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos (Segunda ed.). Lima-Perú: Instituto de Construcción y Gerencia.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2013). Lima, Perú: Manual de Carreteras. Especificaciones Técnicas Generales para Construcción.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2014). Lima, Perú: Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2016). Lima, Perú: Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2018). Lima, Perú: "Glosario de Términos" de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2018). Lima, Perú: Diseño Geométrico.

- Ministerio de Vivienda. (2010). Lima, Perú: Pavimentos Urbanos.
- Monsalve, L., Giraldo (2012). Diseño de Pavimento Flexible y Rígido. Armenia: EL EDEN.
- Montejo, A. (2002). Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Bogotá-Colombia: AGORA.
- Paredes, F., Delgado, J. (2019). Análisis comparativo de pavimento flexible y rígido para la reparación de las calles del centro del Distrito de Tarapoto. San Martín-Perú. Universidad de San Martín.
- Ramírez, W., Roger, Z. (2017). Estudio comparativo del diseño del pavimento rígido, semirrígido con adoquines de concreto y flexible para las calles del Sector VI C – El Milagro Trujillo – La Libertad. La Libertad- Perú. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Rojas, S. (2019). Análisis comparativo técnico, económico para determinar propuesta de pavimentación: flexible, articulado y rígido del asentamiento humano maría augusta oliva Pimentel. Lima-Perú: Universidad César Vallejo.
- Ruiz, M., Rodriguez, J. (2016). Comparación técnico – económica del uso de pavimento rígido y pavimento flexible en Nicaragua. Estudio de caso: Tramo Unikwas - Mulukuku. Managua-Nicaragua. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Universidad Mayor de San Simón. (2004). Cochabamba, Bolivia: Pavimentos.
- Vega, D. (2018). Diseño de los pavimentos de la carretera de acceso al Nuevo Puerto de Yurimaguas. Lima-Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Vivar, G. (1995). Diseño y Construcción de Pavimentos (Segunda ed.). Lima-Perú: Colecciones del Ingeniero Civil.

# ANEXOS

## ANEXO 1: DOCUMENTOS ACTUADOS



GERENCIA DE  
INFRAESTRUCTURA  
SUB GERENCIA DE ESTUDIOS

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

**CARTA N° 001-2021-CMCH-SGE-GRI/GOB.REG.TACNA**

**A** : ELMER FERNANDO CONDORI CHAVEZ  
BACHILLER DE INGENIERIA CIVIL

**DE** : ING. CALIXTO MAMANI CHANINI  
COORDINADOR DE PROYECTO

**ASUNTO** : REMITO DATOS DE RESULTADOS DE ESTUDIO DE TRAFICO Y ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACION PARA PROPOSITOS ACADEMICOS  
PROYECTO: "CREACIÓN DEL INTERCAMBIO VIAL A DESNIVEL EN LA AV. JORGE BASADRE GROHMANN, INTERSECCIONES CON LA AV. TARATA E INTERNACIONAL, DISTRITO DE ALTO DE LA ALIANZA – PROVINCIA DE TACNA – DEPARTAMENTO DE TACNA"

**REFERENCIA** : SOLICITUD S/R

**FECHA** : TACNA, 10 DE MAYO DEL 2021

Es grato dirigirme a Ud. para saludarlo cordialmente y a la vez en atención al documento de la referencia, remito los resultados de estudio de tráfico y estudio de mecánica de suelos con fines de pavimentación del Proyecto: "CREACIÓN DEL INTERCAMBIO VIAL A DESNIVEL EN LA AV. JORGE BASADRE GROHMANN, INTERSECCIONES CON LA AV. TARATA E INTERNACIONAL, DISTRITO DE ALTO DE LA ALIANZA – PROVINCIA DE TACNA – DEPARTAMENTO DE TACNA", a su vez doy fe que los resultados de los estudios básicos mencionados, son fehacientes, realizados por profesionales que laboraron en la Subgerencia de Estudio del Gobierno Regional de Tacna, asimismo de servicios pertinentes vinculados en su momento al Gobierno Regional de Tacna.

Por tal motivo cumplo con derivarle la información solicitada, pidiendo que el uso de los mismos solo sea empleado para sus fines académicos.

Es todo cuanto informo y solicito a usted para su conocimiento y fines pertinentes.

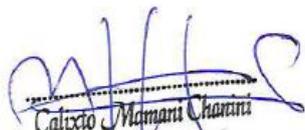
Atentamente;

  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 190325

Adj.  
- SOLICITUD DE REFERENCIA  
- RESULTADOS DE ESTUDIOS (6 FOLIOS)

Cc/Archivo  
CMCH/

07



Calixto Mamani Chanini  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 190325

**SOLICITO:** DATOS DE RESULTADOS DE ESTUDIO DE TRAFICO Y ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES DE PAVIMENTACION

SR.  
**ING. CALIXTO MAMANI CHANINI**  
COORDINADOR DE PROYECTO  
GOBIERNO REGIONAL DE TACNA

Presente.-

Yo, **ELMER FERNANDO CONDORI CHAVEZ**, de nacionalidad peruano, identificado con DNI N° 70569775, domiciliado en AAPITAC Zn. C Mz. B Lt. 1 Provincia y Departamento de Tacna, ante usted respetuosamente me presento y expongo:

Que siendo trabajador de la Sub Gerencia de Estudios del Gobierno Regional de Tacna, formando parte del equipo de proyectos viales, solicito a usted me brinde los datos técnicos sobre los resultados de los estudios de tráfico y de mecánica de suelos con fines de pavimentación realizados para el proyecto "CREACIÓN DEL INTERCAMBIO VIAL A DESNIVEL EN LA AV. JORGE BASADRE GROHMANN, INTERSECCIONES CON LA AV. TARATA E INTERNACIONAL, DISTRITO DE ALTO DE LA ALIANZA – PROVINCIA DE TACNA – DEPARTAMENTO DE TACNA" con código único de inversiones 2454759, para fines académicos, siendo más específicos, la realización de una tesis de pregrado.

Sin otro particular, solicito a Ud. Acceder a mi solicitud.

**Atentamente,**

Tacna, 4 de mayo del 2021



**ELMER FERNANDO CONDORI CHAVEZ**

DNI 70569775

C.c.: /Archivo

236  
06



GOBIERNO REGIONAL DE TACNA  
Ing. Ediliver Caceres Gutierrez  
July 16 Proyecto  
CIP N° 134225

GOBIERNO REGIONAL DE TACNA  
Ing. Hugo V. Platero Mamani  
Esp. Mecánica de Suelos y Pavimentos  
CIP N° 102178

CUADRO RESUMEN PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS CALICATAS 1-10

N° DE CALICATA	UBICACION COORDENADAS ZONA TIL	TIPO DE MUESTRA	PROF. m.	SUELO	ROCA FRACTURADA	ROCA MADRE	NO HAY EVIDENCIA	HIRENDO %	PASANTE MALLA # 200 %	LIMITE LIQUIDO %	LIMITE PLASTICO %	INDICE PLASTICO %	SUCS	ASBESTO	SALES TOTALES ppm	CLORUROS ppm	SULFATOS ppm	DENSIDAD SECA MAXIMA g/cm³	HIRENDO OPTIMA %	CAR 10%	CAR 15%	CAR 30%
C-01	387485.392 8010270.251 M E M S	ALTERNA	1.50	X			NO HAY EVIDENCIA	9.84	22.63	N.P.	N.P.	N.P.	SM	A1-5(10)	1599.4	815.7	655.8	1.650	18.00	14.2	8.5	23.5
C-02	387468.910 8010273.882 M E M S	ALTERNA	1.50	X			NO HAY EVIDENCIA	10.91	28.41	N.P.	N.P.	N.P.	SM	A1-5(10)	1689.8	747.4	712.4	1.662	17.80	15.6	9.0	
C-03	387785.151 8010379.169 M E M S	ALTERNA	1.50	X			NO HAY EVIDENCIA	8.79	26.81	N.P.	N.P.	N.P.	SM	A1-5(10)	4895.2	2268.5	2101.4	1.416	21.00	13.5	8.5	
C-04	387872.915 8010380.401 M E M S	ALTERNA	1.50	X			NO HAY EVIDENCIA	7.08	29.93	N.P.	N.P.	N.P.	SM	A1-5(10)	3411.9	1958.6	2368.7	1.535	21.70	17.1	11.0	
C-05	387818.759 8010852.087 M E M S	ALTERNA	1.50	X			NO HAY EVIDENCIA	7.37	21.28	N.P.	N.P.	N.P.	SM	A1-5(10)	4485.7	1865.7	2114.5	1.525	20.90	19.9	13.0	
C-06	387754.098 8010386.633 M E M S	ALTERNA	1.50	X			NO HAY EVIDENCIA	7.47	19.78	N.P.	N.P.	N.P.	SM	A1-5(10)	4877.2	2215.4	1902	1.565	19.30	17.1	9.0	
C-07	387623.667 8010386.866 M E M S	ALTERNA	1.50	X			NO HAY EVIDENCIA	10.14	18.64	N.P.	N.P.	N.P.	SM	A1-5(10)	2965.1	1247.5	965.4	1.510	22.75	14.2	10.6	
C-08	387638.114 8010311.414 M E M S	ALTERNA	1.50	X			NO HAY EVIDENCIA	8.49	19.24	N.P.	N.P.	N.P.	SM	A1-5(10)	3154.7	1365.8	996.7	1.510	20.50	14.9	9.0	
C-09	387619.778 8010371.466 M E M S	ALTERNA	1.50	X			NO HAY EVIDENCIA	5.82	20.27	N.P.	N.P.	N.P.	SM	A1-5(10)	3255.4	1168.5	895.7	1.589	17.77	34.1	32.0	
C-10	387638.042 8010372.016 M E M S	ALTERNA	1.50	X			NO HAY EVIDENCIA	6.14	18.14	N.P.	N.P.	N.P.	SM	A1-5(10)	2965.2	1245.7	968.5	1.540	19.00	25.6	23.5	

MANUEL A. JUSTO-GUERRA  
INGENIERO CIVIL

ingrotecc-consultores@gmail.com

Página 19





GERENCIA DE  
INFRAESTRUCTURA  
SUB GERENCIA DE ESTUDIOS

CREACIÓN DEL INTERCAMBIO VIAL A DESNIVEL EN LA AV. JORGE  
BASADRE GROHMANN, INTERSECCIONES CON AV. TARATA E  
INTERNACIONAL, DISTRITO DE ALTO DE LA ALIANZA - PROVINCIA  
DE TACNA - DEPARTAMENTO DE TACNA

05

000261

## 5.2 TRÁNSITO TOTAL EXISTENTE

### 5.2.1 VOLUMEN VEHICULAR

#### 5.2.1.1 Estación IMD – 01

##### 5.2.1.1.1 Índice Medio Diario

Los datos a continuación presentados fueron medidos en la Av. Jorge Basadre Grohmann, en sentido de Oeste a Este en la intersección con la Av. Intiorko.

Cuadro N° 5-1: Índice Medio Diario - Estación IMD 01

TIPO DE VEHÍCULO	TRÁFICO VEHICULAR EN DOS SENTIDOS POR DÍA							TOTAL	IMD <sub>o</sub>	FC	IMD <sub>e</sub>
	J	V	S	D	L	M	X				
Mototaxi	958	1,233	1,371	1,122	1,297	1,225	1,276	8,482	1,211.71	0.998400	1,210
Automóvil	1,903	2,001	2,077	1,722	2,018	1,880	1,804	13,405	1,915.00	0.998400	1,912
Taxi	6,058	6,518	7,348	6,231	6,715	6,140	6,210	45,220	6,460.00	0.998400	6,450
Camioneta Pick Up	825	746	894	627	839	864	757	5,552	793.14	0.998400	792
Camioneta Panel	22	19	12	4	16	23	23	119	17.00	0.998400	17
C.R.	611	564	618	553	642	675	633	4,296	613.71	0.998400	613
Micro	2,049	2,198	1,697	1,499	2,129	2,095	2,089	13,756	1,965.14	0.998400	1,962
Bus Grande 2E	28	25	30	25	26	31	40	205	29.29	1.004300	29
Bus Grande >=3E	11	23	17	18	23	23	18	133	19.00	1.004300	19
Camión 2E	366	360	396	153	378	414	361	2,428	346.86	1.004300	348
Camión 3E	14	7	25	9	16	11	21	103	14.71	1.004300	15
Camión 4E	2	0	1	0	1	1	0	5	0.71	1.004300	1
Semi Traylor 2S1/2S2	0	1	2	2	1	1	3	10	1.43	1.004300	1
Semi Traylor 2S3	1	1	5	1	0	1	1	10	1.43	1.004300	1
Semi Traylor 3S1/3S2	11	2	6	0	6	9	0	34	4.86	1.004300	5
Semi Traylor >= 3S3	62	56	67	26	56	70	73	410	58.57	1.004300	59
Traylor 2T2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	1.004300	0
Traylor 2T3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	1.004300	0
Traylor 3T2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	1.004300	0
Traylor >=3T3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	1.004300	0
<b>TOTAL</b>	<b>12,921</b>	<b>13,754</b>	<b>14,566</b>	<b>11,992</b>	<b>14,163</b>	<b>13,463</b>	<b>13,309</b>		<b>13,453</b>		<b>13,434</b>

Fuente: Equipo de Sub gerencia de Estudios

El Índice Medio Diario en la Av. Jorge Basadre Grohmann intersección con la Av. Intiorko, en sentido de Oeste a Este, según el aforo realizado es de **13,434 veh/día**.

GOBIERNO REGIONAL DE TACNA

Ing. Juan Carlos Gallizaya  
Esp. Estudios de Tráfico  
CIP 113220

04



GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA  
SUB GERENCIA DE ESTUDIOS

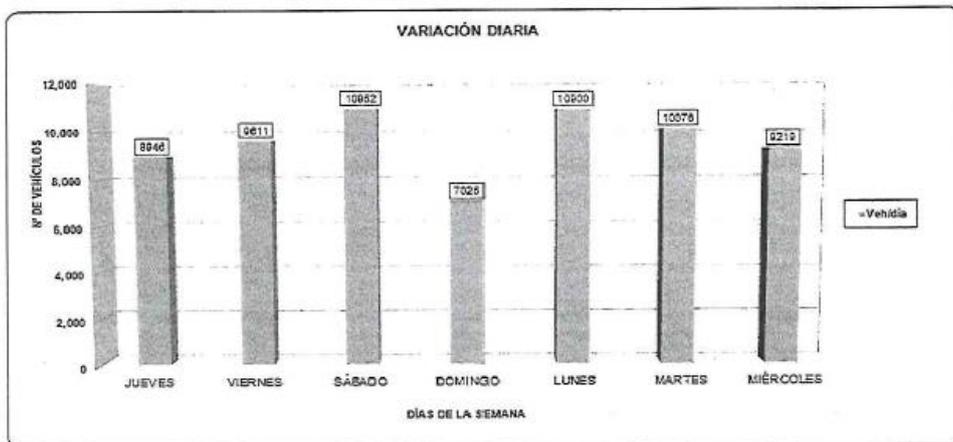
CREACIÓN DEL INTERCAMBIO VIAL A DESNIVEL EN LA AV. JORGE BASADRE GROHMANN, INTERSECCIONES CON AV. TARATA E INTERNACIONAL, DISTRITO DE LA ALIANZA - PROVINCIA DE TACNA - DEPARTAMENTO DE TACNA

000250

- ✓ En 2do lugar los Automóvil ascienden a un 17.85% del total de vehículos contabilizados.
- ✓ En 3er lugar los Micros ascienden a un 14.50% del total de vehículos contabilizados.
- ✓ Se observa además que los vehículos ligeros restantes son de menor incidencia, los vehículos pesados suman en total 3.58% del total de vehículos contabilizados.

5.2.1.5.3 Variación Horaria

Figura N° 5-10: Datos de Variación Diaria – IMD 05



Fuente: Equipo de Sub gerencia de Estudios

Del gráfico de Variación Diaria del aforo realizado en la Av. Jorge Basadre Grohmann intersección con la Cal. Venezuela, en sentido de Oeste a Este, distrito de Alto de la Alianza se observa que el día Sábado se presentan la mayor cantidad de vehículos contabilizados en 24 hrs: con un total de 10,952 veh/día, seguidos muy de cerca del día Lunes con un total de 10,900 veh/día.

5.2.1.6 Estación IMD – 06

5.2.1.6.1 Índice Medio Diario

Los datos a continuación presentados fueron medidos en la Av. Jorge Basadre Grohmann, en sentido de Este a Oeste en la intersección con la Cal. Venezuela.

Cuadro N° 5-6: Índice Medio Diario - Estación IMD 06

TIPO DE VEHÍCULO	TRÁFICO VEHICULAR EN DOS SENTIDOS POR DÍA							TOTAL	IMD <sub>s</sub>	FC	IMD <sub>a</sub>
	J	V	S	D	L	M	X				
Mototaxi	821	884	1,122	850	1,460	1,276	955	7,368	1,052.57	0.998400	1,051
Automóvil	1,723	1,684	1,812	1,405	2,067	1,885	1,706	12,282	1,754.57	0.998400	1,752
Taxi	2,876	2,878	3,104	2,475	2,897	2,957	2,529	19,716	2,816.57	0.998400	2,812
Camioneta Pick Up	356	355	325	246	313	409	328	2,332	333.14	0.998400	333
Camioneta Panel	28	17	23	22	19	20	25	154	22.00	0.998400	22
C.R.	1,164	1,217	1,100	668	927	972	1,012	7,060	1,008.57	0.998400	1,007

GOBIERNO REGIONAL DE TACNA

Ing. Juan Carlos Yrujo Galizayo  
Esp. Estudios de Tráfico  
C.N. N° 173,122



GERENCIA DE INFRAESTRUCTURA  
SUB GERENCIA DE ESTUDIOS

CREACION DEL INTERCAMBIO VIAL A DESNIVEL EN LA AV. JORGE BASADRE GROHMANN, INTERSECCIONES CON AV. TARATA E INTERNACIONAL, DISTRITO DE ALTO DE LA ALIANZA - PROVINCIA DE TACNA - DEPARTAMENTO DE TACNA

03

000249

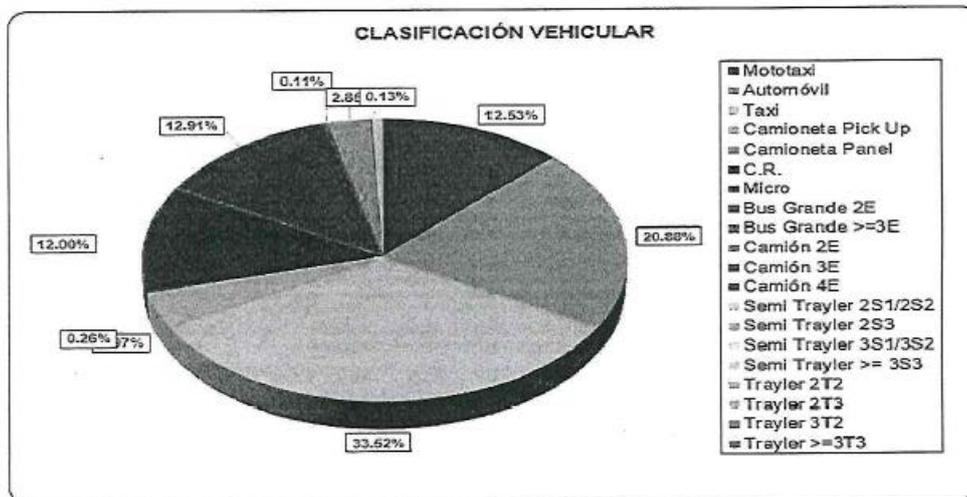
TIPO DE VEHICULO	TRÁFICO VEHICULAR EN DOS SENTIDOS POR DÍA							TOTAL	IMDs	FC	IMDs
	J	V	S	D	L	M	X				
Micro	1,248	1,287	1,169	760	1,041	1,059	1,030	7,594	1,084.86	0.998400	1,083
Bus Grande 2E	19	2	25	2	1	8	5	62	8.86	1.004300	9
Bus Grande >=3E	17	17	8	12	12	15	11	92	13.14	1.004300	13
Camión 2E	257	249	250	131	276	281	222	1,666	238.00	1.004300	239
Camión 3E	26	10	15	1	7	11	5	75	10.71	1.004300	11
Camión 4E	0	3	6	0	4	0	0	13	1.86	1.004300	2
Semi Traylor 2S1/2S2	11	1	0	0	0	0	0	12	1.71	1.004300	2
Semi Traylor 2S3	0	1	2	0	0	0	1	4	0.57	1.004300	1
Semi Traylor 3S1/3S2	6	0	2	0	0	3	4	15	2.14	1.004300	2
Semi Traylor >= 3S3	62	47	78	30	38	19	80	354	50.57	1.004300	51
Traylor 2T2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	1.004300	0
Traylor 2T3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	1.004300	0
Traylor 3T2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	1.004300	0
Traylor >=3T3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	1.004300	0
<b>TOTAL</b>	<b>8,614</b>	<b>8,652</b>	<b>9,041</b>	<b>6,602</b>	<b>9,062</b>	<b>8,915</b>	<b>7,913</b>		<b>8,399.86</b>		<b>8,390</b>

Fuente: Equipo de Sub gerencia de Estudios

El Índice Medio Diario en la Av. Jorge Basadre Grohmann intersección con la Cal. Venezuela, en sentido de Este a Oeste, según el aforo realizado es de **8,390 veh/día**.

5.2.1.6.2 Clasificación Vehicular

Figura N° 5-111: Clasificación vehicular - Estación IMD 06



Fuente: Equipo de Sub gerencia de Estudios

Del gráfico de clasificación vehicular del aforo realizado en la Av. Jorge Basadre Grohmann intersección con la Cal. Venezuela, en sentido de Oeste a Este, distrito de Alto de la Alianza se observa que:

- ✓ En 1er lugar los Taxis ascienden a un 33.52% del total de vehículos contabilizados.

GOBIERNO REGIONAL DE TACNA

Ing. Juan Carlos Jorge Coillaza  
Esp. Estudios de Tráfico  
CIP 172122

Cuadro N° 12-1: Resumen de resultados IMDa actual

Código	Ubicación	Distrito	Clasificación		IMDa (actual)
			Ligeros (%)	Pesados (%)	
IMD -01	Av. Jorge Basadre Grohmann, en sentido de Oeste a Este en la intersección con la Av. Intiorko.	Alto de la Alianza	96.44%	3.56%	13,434 veh/día
IMD -02	Av. Jorge Basadre Grohmann, en sentido de Este a Oeste en la intersección con la Av. Intiorko.	Alto de la Alianza	95.72%	4.28%	12,423 veh/día
IMD -03	Av. Jorge Basadre Grohmann, en sentido de Oeste a Este en la intersección con la Av. Tarata	Alto de la Alianza	96.47%	3.53%	12,953 veh/día
IMD -04	Av. Jorge Basadre Grohmann, en sentido de Este a Oeste en la intersección con la Cal. Canadá.	Alto de la Alianza	97.11%	2.89%	14,602 veh/día
IMD -05	Av. Jorge Basadre Grohmann, en sentido de Oeste a Este en la intersección con la Cal. Venezuela.	Alto de la Alianza	96.42%	3.58%	9,519 veh/día
IMD -06	Av. Jorge Basadre Grohmann, en sentido de Este a Oeste en la intersección con la Cal. Venezuela.	Alto de la Alianza	96.07%	3.93%	8,390 veh/día
IMD -07	Av. Jorge Basadre Grohmann, en sentido de Sur a Norte en la intersección con la Av. Tarata.	Alto de la Alianza	97.10%	2.90%	6,589 veh/día
IMD -08	Av. Jorge Basadre Grohmann, en sentido de Norte a Sur en la intersección con la Av. Tarata.	Alto de la Alianza	97.22%	2.78%	7,660 veh/día

Fuente: Elaboración Propia

- ✓ Respecto a la clasificación vehicular, según los conteos realizados se concluye que los tipos de vehículos que pasan por la vía corresponden a: Motos, Mototaxis, Automóviles, Station Wagon (Taxis), Camionetas Pick Up, Combi Rural, Micros, Buses y Camiones y Semitrailers.
- ✓ El IMDa Proyectado a 20 años (IMDa de diseño), es el resultado de la aplicación de las tasas de crecimiento sobre el tráfico normal + tráfico generado y se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 12-2: Resumen de resultados IMDa Proyectado a 20 años desde la puesta en funcionamiento

ESTACION	IMDa (proyectado a 20 años desde la puesta en funcionamiento)
IMD -01	19,509 veh/día
IMD -02	18,080 veh/día
IMD -03	18,806 veh/día
IMD -04	21,158 veh/día
IMD -05	13,825 veh/día
IMD -06	12,202 veh/día
IMD -07	9,549 veh/día
IMD -08	11,096 veh/día

Fuente: Elaboración Propia

### 12.1.3 DEL ANÁLISIS DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO

- ✓ Para el aforo de flujos vehiculares se han considerado 04 estaciones de aforo ubicados en la Av. Jorge Basadre Grohmann + 03 estaciones auxiliares ubicadas en la Av. Industrial, el resumen de resultados se muestra a continuación:

GOBIERNO REGIONAL DE TACNA


 .....  
 Ing. Juan Carlos Pérez Calizaya  
 Esp. Estudios de Tráfico  
 CIP N° 172222



GERENCIA DE  
INFRAESTRUCTURA  
SUB GERENCIA DE ESTUDIOS

CREACIÓN DEL INTERCAMBIO VIAL A DESNIVEL EN LA AV. JORGE  
BASADRE GROHMANN, INTERSECCIONES CON AV. TARATA E  
INTERNACIONAL, DISTRITO DE ALTO DE LA ALIANZA - PROVINCIA  
DE TACNA - DEPARTAMENTO DE TACNA

01

000121

### 12.1.6 DE LAS CARGAS APLICADAS AL PAVIMENTO

- ✓ De los cálculos realizados en base al tráfico existente, se ha determinado el ESAL de diseño correspondiente al horizonte del proyecto el cual se muestra a continuación:

Cuadro N° 12-7: Resumen de Resultados de ESAL de diseño a 20 años

Estación	Ubicación	ESAL de diseño (EE) a 20 años	
		Para Pavimento Flexible	Para Pavimento Rígido
IMD -01	Av. Jorge Basadre Grohmann, en sentido de Oeste a Este en la intersección con la Av. Intiorko.	13,646,369.49	15,677,668.24
IMD -02	Av. Jorge Basadre Grohmann, en sentido de Este a Oeste en la intersección con la Av. Intiorko.	15,283,202.61	
IMD -03	Av. Jorge Basadre Grohmann, en sentido de Oeste a Este en la intersección con la Av. Tarata	13,090,226.80	
IMD -04	Av. Jorge Basadre Grohmann, en sentido de Este a Oeste en la intersección con la Cal. Canadá.	12,297,812.66	
IMD -05	Av. Jorge Basadre Grohmann, en sentido de Oeste a Este en la intersección con la Cal. Venezuela.	10,053,935.08	
IMD -06	Av. Jorge Basadre Grohmann, en sentido de Este a Oeste en la intersección con la Cal. Venezuela.	9,583,364.63	11,281,194.37
IMD -07	Av. Jorge Basadre Grohmann, en sentido de Sur a Norte en la intersección con la Av. Tarata.	8,877,932.22	
IMD -08	Av. Jorge Basadre Grohmann, en sentido de Norte a Sur en la intersección con la Av. Tarata.	7,862,089.35	

Fuente: Elaboración Propia

### 12.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda la ejecución de los trabajos durante los meses de verano (diciembre, enero y febrero), observándose que en los meses posteriores los flujos vehiculares aumentan considerablemente.
- ✓ Se recomienda realizar las gestiones con la Municipalidad Provincial de Tacna y Municipalidad Distrital de Alto de la Alianza y a fin dar facilidades para la ejecución de los trabajos sobre el derecho de vía
- ✓ Coordinar con la policía nacional a fin de implementar policías de tránsito en las intersecciones y tramos carreteros donde existan puntos de conflicto, indicados por el plan de desvíos de obra.
- ✓ Durante la Implementación del Plan de Mantenimiento de Tránsito y Seguridad Vial se recomienda establecer un cronograma en obra para los trabajos de difusión por medio escrito y prensa a fin de evitar inconvenientes por parte de la población

GOBIERNO REGIONAL DE TACNA

Ing. Juan Carlos Yujra Calizaya  
Esp. Estudio de Tráfico  
CIP N° 172222



**SUB GERENCIA  
DE ESTUDIOS**

**MEMORANDUM N° 0106 -2021-GRI-SGE /GOB.REG.TACNA**

**A :** ING. CALIXTO MAMANI CHANINI

**DE :** ING. EDWIN LOYOLA QUENTA ESTAÑA  
Sub Gerente de Estudios

**ASUNTO :** DESIGNACIÓN COMO COORDINADOR RESPONSABLE

**FECHA :** Tacna, 03 de mayo del 2021

*Calixto Mamani Chanini*  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 180325  
03/05/21

Mediante el presente, se le comunica que a partir de la fecha se le designa como **COORDINADOR RESPONSABLE** de los siguientes proyectos mencionados a continuación:

CUI	PROYECTO
2476055	"MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SERVICIO DE PROTECCION EN PUNTOS VULNERABLES POR INUNDACIONES EN LA CUENCA DEL RIO CAPLINA EN LOS DISTRITOS DE PACHIA, CALANA Y POCOLLAY DE LA PROVINCIA DE TACNA - DEPARTAMENTO DE TACNA"
2454759	CREACION DEL INTERCAMBIO VIAL A DESNIVEL EN LA AV. JORGE BASADRE GROHMANN, INTERSECCIONES CON AV. TARATA E INTERNACIONAL, DISTRITO DE ALTO DE LA ALIANZA - PROVINCIA DE TACNA - DEPARTAMENTO DE TACNA

Cabe señalar que el proyecto mencionado anteriormente deberá cumplir con los objetivos, metas, plazos y resultados previstos por esta Sub Gerencia de Estudios; indicándosele las siguientes funciones y/o responsabilidades:

- Coordinar y Controlar el proceso de elaboración, actualización y/o reformulación para el estudio definitivo de los Proyectos de Inversión asignados según la Programación Multianual de Inversiones (PMI); así como reportar el avance físico - financiero que conlleva a su realización, considerando la normatividad vigente (Invierte PE, Manual de Ejecución de Proyectos de Inversión Pública en el Gobierno Regional de Tacna aprobada con R.G.G.R. N° 387-2016-GGR/GOB.REG.TACNA, entre otros).
- Elaborar y presentar los Planes de Trabajos de los proyectos encomendados a su persona, debiendo considerar el sustento técnico, requerimiento de personal, bienes, servicios, cronogramas de ejecución y lineamientos para la realización de un adecuado control de actividades y calidad del Estudio Definitivo. Deberá asegurar el cumplimiento de lo estipulado en el Plan de Trabajo en los plazos previstos, bajo responsabilidad.
- Planificar y dirigir todas las acciones para la elaboración de Estudios Definitivos de las diferentes especialidades, según informes situacionales que se le hará entrega de manera física y digital, para lo cual deberá alcanzar de manera inmediata la programación de las actividades de los Estudios Definitivos que se encuentran en ejecución.
- Remitir los Términos de Referencia de los servicios requeridos por los especialistas en la elaboración del estudio definitivo.
- Revisar, evaluar y coordinar el cumplimiento de los servicios solicitados de las distintas especialidades, otorgando la conformidad técnica de acuerdo a la ley de contrataciones y cumplimiento de los términos de referencia.
- Realizar seguimiento a los trámites relacionados a la elaboración hasta la aprobación del proyecto asignado.



Archivo  
ELQE/



REGION  
**TACNA**  
Juntos por el desarrollo

**SUB GERENCIA  
DE ESTUDIOS**

- g) *Informar de manera periódica y mensual el avance de los Estudios Definitivos a su cargo indicándose las limitaciones y/o recomendaciones que conlleve al no cumplimiento de lo estipulado en el Plan de Trabajo aprobado.*
- h) *Consolidar y validar las diferentes especialidades remitiendo el Estudio Definitivo correspondiente; tanto de manera física y digital; para su evaluación y conformidad por parte de la Oficina Ejecutiva de Supervisión.*
- i) *Remitir los Informes Técnico Mensuales de Avance Físico Financiero de los proyectos a su cargo, dentro de los cinco (05) días hábiles del mes siguiente, según el título II y capítulo I del Manual de Ejecución de Proyectos de Inversión Pública en el Gobierno Regional de Tacna aprobada con R.G.G.R. N° 387-2016-GGR/GOB.REG.TACNA.*
- j) *Participar en reuniones de trabajo con involucrados, oficinas de nuestra institución y/o instituciones externas, sobre asuntos de competencia laboral, en concordancia con el estudio asignado.*
- k) *Coordinar y participar de reuniones con equipo de trabajo técnico – administrativo para el buen desarrollo del proyecto.*
- l) *Prestar apoyo técnico especializado y otras funciones relacionadas al ámbito de su competencia cuando le sea solicitado por esta Sub Gerencia.*
- m) *Remitir formato 12-B de los proyectos a sus cargo dentro de los cinco (05) días hábiles del mes siguiente.*

En ese sentido agradeceré se sirva el estricto cumplimiento BAJO RESPONSABILIDAD.

Atentamente;

GOBIERNO REGIONAL DE TACNA  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA

ING. EDUARDO BUENIA ESTANA  
SUB GERENTE DE ESTUDIOS

## ANEXO 2: RESULTADOS DEL SOFTWARE HDM-4

# HDM - 4

HIGHWAY DEVELOPMENT &amp; MANAGEMENT

## Resumen de trabajos (por tramo)

Nombre del estudio: TESIS PAV FLEX Y RIG

Fecha de ejecución: 11-05-2021

Unidad monetaria: US Dollar

Nota: Solo se muestran los tramos con trabajos programados.

<b>Tramo:</b>	AV. JORGE BASADRE O-E	<b>Tipo de carretera:</b>	Secundaria o Regional
<b>Alternativa:</b>	ALTERNATIVA a. FLEXIBLE	<b>Ancho:</b>	7.20m
<b>Sensibilidad:</b>	No se realizó análisis de sensibilidad		
<b>Clase de superficie:</b>	Asfáltica		
<b>Longitud:</b>	0.43km		

Año	Descripción	Código	Costo económico	Costo financiero	Cantidad
2021	Proyecto 6 Pavimento Flexibl	CAC BP	110,273.5	139,587.0	0.43 km
2022	Mantenimiento Rutinario	MI	63.5	84.7	0.43 km
2023	Mantenimiento Rutinario	MI	63.5	84.7	0.43 km
2024	Mantenimiento Rutinario	MI	63.5	84.7	0.43 km
2025	Mantenimiento Rutinario	MI	63.5	84.7	0.43 km
2026	Mantenimiento Rutinario	MI	63.5	84.7	0.43 km
2027	Mantenimiento Rutinario	MI	63.5	84.7	0.43 km
2028	Mantenimiento Rutinario	MI	63.5	84.7	0.43 km
2029	Mantenimiento Rutinario	MI	63.5	84.7	0.43 km
	FRESADO Y RECAPEO ASF	RcSs01	15,975.4	21,300.5	3,096.00 sq. m
	Prep. reparación		0.0	0.0	47.70 sq. m
2030	Mantenimiento Rutinario	MI	63.5	84.7	0.43 km
2031	Mantenimiento Rutinario	MI	63.5	84.7	0.43 km
2032	Mantenimiento Rutinario	MI	63.5	84.7	0.43 km
2033	Mantenimiento Rutinario	MI	63.5	84.7	0.43 km
2034	Mantenimiento Rutinario	MI	63.5	84.7	0.43 km
	FRESADO Y RECAPEO ASF	RcSs01	15,975.4	21,300.5	3,096.00 sq. m
	Prep. reparación		0.0	0.0	135.26 sq. m
2035	Mantenimiento Rutinario	MI	63.5	84.7	0.43 km
2036	Mantenimiento Rutinario	MI	63.5	84.7	0.43 km
2037	Mantenimiento Rutinario	MI	63.5	84.7	0.43 km
2038	Mantenimiento Rutinario	MI	63.5	84.7	0.43 km
2039	Mantenimiento Rutinario	MI	63.5	84.7	0.43 km
	FRESADO Y RECAPEO ASF	RcSs01	15,975.4	21,300.5	3,096.00 sq. m
	Prep. reparación		0.0	0.0	135.32 sq. m
2040	Mantenimiento Rutinario	MI	63.5	84.7	0.43 km
<b>Costo total del tramo:</b>			<b>159,406.7</b>	<b>205,098.0</b>	

<b>Tramo:</b>	AV. JORGE BASADRE O-E	<b>Tipo de carretera:</b>	Secundaria o Regional
<b>Alternativa:</b>	ALTERNATIVA b. RIGIDO	<b>Ancho:</b>	7.20m
<b>Sensibilidad:</b>	No se realizó análisis de sensibilidad		
<b>Clase de superficie:</b>	Asfáltica		
<b>Longitud:</b>	0.43km		

Año	Descripción	Código	Costo económico	Costo financiero	Cantidad
2021	Proyecto 6 Pavimento Rigido	CH BP	128,252.2	162,344.8	0.43 km
2022	Mantenimiento Rutinario	M	63.5	84.7	0.43 km
2023	Mantenimiento Rutinario	M	63.5	84.7	0.43 km
	RESELLADO DE JUNTAS	JS	0.0	0.0	0.00 sq. m
2024	Mantenimiento Rutinario	M	63.5	84.7	0.43 km

**H D M - 4** Resumen de trabajos (por tramo)

2025	Mantenimiento Rutinario	M	63.5	84.7	0.43 km
2026	Mantenimiento Rutinario	M	63.5	84.7	0.43 km
	RESELLADO DE JUNTAS	JS	0.0	0.0	0.00 sq. m
2027	Mantenimiento Rutinario	M	63.5	84.7	0.43 km
2028	Mantenimiento Rutinario	M	63.5	84.7	0.43 km
2029	Mantenimiento Rutinario	M	63.5	84.7	0.43 km
	RESELLADO DE JUNTAS	JS	0.0	0.0	0.00 sq. m
2030	Mantenimiento Rutinario	M	63.5	84.7	0.43 km
2031	Mantenimiento Rutinario	M	63.5	84.7	0.43 km
2032	Mantenimiento Rutinario	M	63.5	84.7	0.43 km
	RESELLADO DE JUNTAS	JS	0.0	0.0	0.00 sq. m
2033	Mantenimiento Rutinario	M	63.5	84.7	0.43 km
2034	Mantenimiento Rutinario	M	63.5	84.7	0.43 km
2035	Mantenimiento Rutinario	M	63.5	84.7	0.43 km
	RESELLADO DE JUNTAS	JS	0.0	0.0	0.00 sq. m
2036	Mantenimiento Rutinario	M	63.5	84.7	0.43 km
2037	Mantenimiento Rutinario	M	63.5	84.7	0.43 km
2038	Mantenimiento Rutinario	M	63.5	84.7	0.43 km
	RESELLADO DE JUNTAS	JS	0.0	0.0	0.00 sq. m
2039	Mantenimiento Rutinario	M	63.5	84.7	0.43 km
2040	Mantenimiento Rutinario	M	63.5	84.7	0.43 km
<b>Costo total del tramo:</b>			129,459.3	163,954.3	

# HDM - 4

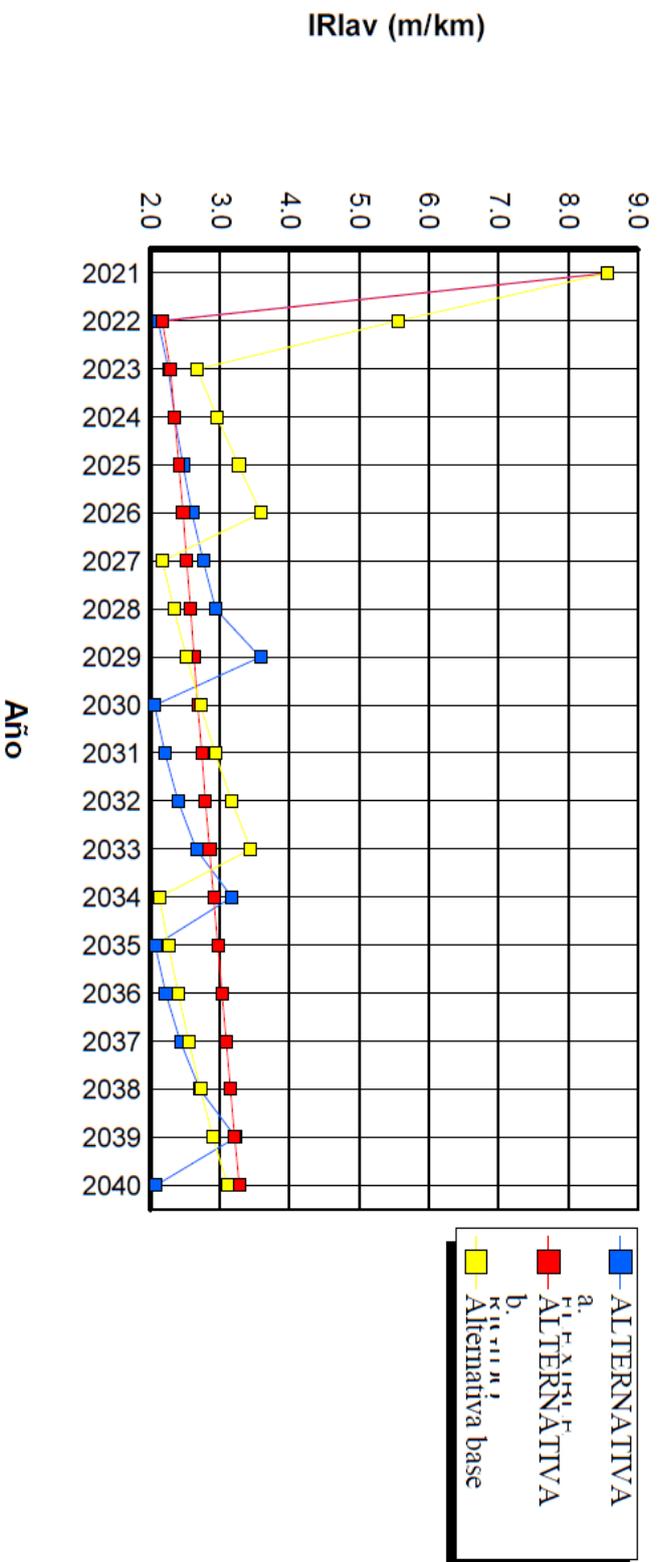
HIGHWAY DEVELOPMENT & MANAGEMENT

## Irregularidad promedio por proyecto (gráfica)

Nombre del estudio: TESIS PAV FLEX Y RIG  
 Fecha de ejecución: 15-12-2020

Sensibilidad: No se realizó análisis de sensibilidad

### Irregularidad promedio por proyecto (IRlav) (ponderado por longitud de tramo)



### ANEXO 3: MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TÍTULO:** "PROPUESTA ECONÓMICA DE DISEÑO DE PAVIMENTO PARA EL INTERCAMBIO VIAL A DESNIVEL EN LA AV. JORGE BASADRE GROHMANN, TRAMO: AVENIDA INTIORKO – CALLE VENEZUELA, ALTO DE LA ALIANZA, TACNA - 2020"

**TESISTA:** BACH. ELMER FERNANDO CONDORI CHÁVEZ

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL				
¿Cómo se determina la propuesta económica de diseño de pavimento para el intercambio vial a desnivel en la Av. Jorge Basadre Grohmann, tramo: Avenida Intiorko – Calle Venezuela, Alto de la Alianza, Tacna - 2020?	Determinar la propuesta económica de diseño de pavimento para el intercambio vial a desnivel en la Av. Jorge Basadre Grohmann, tramo: Avenida Intiorko – Calle Venezuela, Alto de la Alianza, Tacna - 2020	Según la estructura de los pavimentos diseñados se determina la propuesta económica menor para el intercambio vial a desnivel en la Av. Jorge Basadre Grohmann, tramo: Avenida Intiorko – Calle Venezuela, Alto de la Alianza, Tacna – 2020.	<b>DEPENDIENTE</b>  <b>Propuesta económica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metrados</li> <li>• Análisis de Precios Unitarios</li> <li>• Presupuesto</li> <li>• Listado de insumos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ficha o formulario de observación.</li> <li>• Guías de observación y formatos de campo</li> <li>• Plano de distribución.</li> <li>• Hoja electrónica Excel.</li> <li>• Regla o cordel.</li> <li>• Conos de seguridad.</li> <li>• Metodología AASHTO 93</li> </ul>	<p><b>Tipo de Investigación:</b> Aplicada con enfoque cuantitativo</p> <p><b>Diseño de Investigación:</b> Descriptivo exploratorio</p> <p><b>Ámbito de estudio:</b> Av. Jorge Basadre Grohmann, tramo Avenida Intiorko – Calle Venezuela Alto de la Alianza</p> <p><b>Población y muestra:</b> Av. Jorge Basadre Grohmann, tramo Avenida Intiorko – Calle Venezuela Alto de la Alianza.</p> <p><b>Técnicas de recolección de datos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fichas y guías de observación</li> <li>• Formatos de campo</li> <li>• Aforos vehiculares</li> <li>• Calicatas</li> </ul>
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	INDEPENDIENTE			
a) ¿Cómo determinar una propuesta económica para un pavimento flexible diseñado según el método AASHTO 93 para el intercambio vial a desnivel en la Av. Jorge Basadre Grohmann?	a) Determinar la propuesta económica para un pavimento flexible diseñado según el método AASHTO 93 para el intercambio vial a desnivel en la Av. Jorge Basadre Grohmann.	a) La propuesta económica para un pavimento flexible diseñado según el método AASHTO 93 para el intercambio vial a desnivel en la Av. Jorge Basadre Grohmann, no es factible.	<b>Pavimentos diseñados</b>	<u>Metodología de diseño AASHTO 93. Pavimento Flexible</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tránsito de diseño (ESAL)</li> <li>• Confiabilidad (R)</li> <li>• Periodo de diseño</li> <li>• Desviación estándar combinada (So)</li> <li>• Módulo de resiliencia de la Subrasante (Mr)</li> <li>• Pérdida de serviciabilidad (<math>\Delta PSI</math>)</li> <li>• Coeficientes de drenaje (m1 y m2)</li> <li>• Coeficientes estructurales de capa (a1, a2 y a3)</li> </ul>		
b) ¿Cómo determinar una propuesta económica para un pavimento rígido diseñado según el método AASHTO 93 para el intercambio vial a desnivel en la Av. Jorge Basadre Grohmann?	b) Determinar la propuesta económica para un pavimento rígido diseñado según el método AASHTO 93 para el intercambio vial a desnivel en la Av. Jorge Basadre Grohmann.	b) La propuesta económica para un pavimento rígido diseñado según el método AASHTO 93 para el intercambio vial a desnivel en la Av. Jorge Basadre Grohmann, es factible.		<u>Metodología de diseño AASHTO 93. Pavimento Rígido</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tránsito de diseño (ESAL)</li> <li>• Confiabilidad (R)</li> <li>• Periodo de diseño</li> <li>• Desviación estándar combinada (So)</li> <li>• Propiedades del concreto (Módulo elástico - Ec y módulo de rotura - Sc)</li> <li>• Módulo de reacción efectivo de la Subrasante (Kc)</li> <li>• Pérdida de serviciabilidad (<math>\Delta PSI</math>)</li> <li>• Coeficiente de transferencia de carga (J)</li> <li>• Coeficiente de drenaje (Cd)</li> </ul>		
a) ¿Cuál de los diseños de pavimento determina una propuesta económica menor, para el intercambio vial a desnivel en la Av. Jorge Basadre Grohmann?	c) Determinar el diseño de pavimento que proporciona la evaluación más económica para el intercambio vial a desnivel en la Av. Jorge Basadre Grohmann.	c) El diseño de pavimento rígido determina una propuesta económica menor, para el intercambio vial a desnivel en la Av. Jorge Basadre Grohmann.				