

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL
PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA
AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL
CAMINO VECINAL DE JULCÁN AL CASERÍO DE CHUAN PARTE
BAJA, DISTRITO DE JULCÁN, PROVINCIA DE JULCÁN, LA
LIBERTAD”**

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

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: TRANSPORTES

AUTOR(es): Br. Briceño Torres, Luis Alberto.
Br. Narcizo Burgos, Willy Jesús.

ASESOR: Ing. Burgos Sarmiento, Tito Alfredo.

TRUJILLO - PERÚ

2019

N° Registro:

DEDICATORIA

A DIOS:

*Por ser el garante de todo este camino arduo
Reflejando en el presente trabajo.
Por ser el veedor de un gran camino que nos
Espera.*

A MI FAMILIA:

*A mi abuelita Dorliza, por hacer posible que este trabajo y los
conocimientos adquiridos se concreticen.
A mis padres, por el esfuerzo dado para mi formación como un
estudiante y posterior ingeniero de éxito.*

A MIS SERES QUERIDOS:

*A mi abuelita Flor por haberme inculcado los
valores necesarios para lograr mis objetivos
A mis padres, por todas sus ganas de apoyarme
en todo momento y darme una educación que
ahora es base para cumplir mis expectativas.
A mis hermanos, “mazamorra” y “ñato” por darme
siempre su compañía y alegría
incondicionalmente.*

RESUMEN

En la actualidad, los caminos vecinales que conectan a los caseríos de los diferentes Distritos pertenecientes a las provincias del Perú, cumplen un Rol protagónico en el Desarrollo de los Distritos, permitiendo el transporte de mercadería de diversa índole, activando la economía y resultando en el desarrollo social, económico y cultural del Perú.

En la presente tesis se realiza el diseño de la estructura del pavimento flexible de 7.554, kilómetros del Camino Vecinal de Chuan Parte Baja a Julcán, ubicado en el Departamento de La Libertad, Provincia de Julcán, Distrito de Julcán. Dicho Camino carece de algún tipo de pavimentación y señalización. La falta de pavimento en dicho Camino Vecinal, ocasiona retrasos en los transportes y dificultando el acceso al caserío.

Se diseñará la estructura del pavimento flexible por las metodologías de la American Association Of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y la del Instituto del Asfalto (IA), contemplando sus variables de diseño y procedimientos estipulados en sus guías, para el Camino Vecinal de Julcán al Caserío de Chuan Parte Baja, Distrito de Julcán, Provincia de Julcán, La Libertad. Para ello, primero se realizará un levantamiento topográfico del Camino Vecinal en estudio, posteriormente realizar un estudio de suelos con fines de pavimentación, el cual será útil para poder definir algunas variables de diseño, luego realizar el diseño y determinar los espesores de las capas que conforman el pavimento flexible, posteriormente realizar el Análisis comparativo entre los diseños realizados para determinar la Alternativa que ofrece mejores resultados en la zona de estudio.

Se presenta la elaboración del diseño de Estructura de Pavimento Flexible mediante la metodología de la AASHTO y la del Instituto del Asfalto, en un contexto con propiedades mecánicas definidas; por tanto, los procesos de los diseños, pueden ser extrapolados a realidades con similares propiedades mecánicas y servir así de referencia científica para futuros proyectos.

ABSTRACT

At present, the neighborhood roads that connect the villages of the different Districts belonging to the provinces of Peru, play a leading role in the Development of Districts, allowing the transport of merchandise of various kinds, activating the economy and resulting in the social, economic and cultural development of Peru.

In the present thesis the design of the flexible pavement structure of 7.554, kilometers of the Neighborhood Road of Chuan Parte Baja to Julcán, located in the Department of La Libertad, Province of Julcán, District of Julcán, is carried out. This road lacks some type of paving and signaling. The lack of pavement in the Camino Vecinal, causes delays in transport and difficult access to the hamlet.

The flexible pavement structure will be designed by the methodologies of the American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) and the Asphalt Institute (IA), contemplating its design variables and procedures stipulated in its guidelines, for the Roadway of Julcan to the Caserío de Chuan Lower part, District of Julcán, Province of Julcán, La Libertad. To do this, first a topographic survey of the roadway under study will be conducted, then perform a study of soils for paving purposes, which will be useful to define some design variables, then make the design and determine the thickness of the layers that They make up the flexible pavement, then perform the comparative analysis between the designs made to determine the Alternative that offers the best results in the study area.

The preparation of the Flexible Pavement Structure design is presented through the methodology of the AASHTO and that of the Asphalt Institute, in a context with defined mechanical properties; therefore, the processes of the designs can be extrapolated to realities with similar mechanical properties and serve as a scientific reference for future projects

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del jurado: De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el Reglamento Interno de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, es grato poner a vuestra consideración, el presente trabajo de investigación titulado: “ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCÁN AL CASERÍO DE CHUAN PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCÁN, PROVINCIA DE JULCÁN, LA LIBERTAD” con el fin de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil. El contenido del presente trabajo ha sido desarrollado tomando como marco de referencia los lineamientos establecidos en el Programa de apoyo al desarrollo de tesis y los conocimientos adquiridos durante nuestra formación profesional, consulta de fuentes bibliográficas e información obtenida del área de Desarrollo Urbano y Rural de la Municipalidad Provincial de Julcán.

Br. NARCIZO BURGOS WILLY JESÚS Br. BRICEÑO TORRES LUIS ALBERTO

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
PRESENTACIÓN	v
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
I. INTRODUCCIÓN	14
1.1 Realidad Problemática	14
1.2 Problema de Investigación	15
1.3 Objetivos	16
1.3.1 Objetivo General	16
1.3.2 Objetivos Específicos.....	16
1.4 Justificación del Estudio.....	16
II. MARCO DE REFERENCIAL	17
2.1 Antecedentes del Estudio	17
2.2 Marco Teórico.....	19
2.2.1 Pavimento Flexible.....	19
2.2.1.1 Conceptos.....	19
2.2.1.2 Tipos de diseño.....	20
2.2.1.3 Diseño según la Metodología AASHTO – 93.....	21
- Variables de diseño	21
- Proceso de diseño	22
2.2.1.4 Diseño según la Metodología del Instituto del Asfalto	27
- Concepto	27
- Variable de Diseño	27
- Diseño de espesores	28
2.3 Marco Conceptual.....	31
2.4 Sistema de Hipótesis	32
2.4.1 General.....	32
2.5 Variables	32
2.5.1 Operacionalización de las variables.....	33
III. METODOLOGÍA EMPLEADA.....	34
3.1 Tipo y Nivel de Investigación	34
3.2 Población y Muestra de Estudio	34

3.3	Diseño de Investigación	34
3.4	Técnicas e Instrumentos de Investigación	34
3.5	Procesamiento y Análisis de Datos	35
3.5.1	Generalidades	35
3.5.2	Estudio de Tráfico	36
3.5.2.1	Calculo de Índice Medio Diario Anual (IMDA) (TPDA Tránsito Promedio Diario Anual) 36	
-	Calculo del TPDS	36
-	Cálculo del TPDA	39
3.5.2.2	Tasa Anual de Crecimiento Vehicular	42
-	Modelo Lineal	44
-	Modelo Exponencial	45
3.5.2.3	Factor de Crecimiento de Tránsito	47
3.5.2.4	Determinación del Factor Camión	47
-	Determinación del Factor Camión C2	48
-	Determinación del Factor Camión de B2	49
-	Determinar el Factor Camión Integral	49
3.5.3	Estudio de Mecánica de Suelos	50
-	Subrasante	50
-	Subbase Granular	51
-	Base Granular	52
3.5.3.1	Módulo de Resiliencia de la Subrasante	63
3.5.4	Estudio Pluviométrico y Meteorológico	64
3.5.5	Diseño de Pavimentos Flexibles	64
3.5.5.1	Método AASHTO 93	65
✓	Diseño del Tramo N° 01 desde la progresiva Km 0+000 - 3+700.	65
✓	Diseño del Tramo N° 02 desde la progresiva Km 3+700 - 7+554.	80
3.5.5.2	Método del Instituto del Asfalto.	94
✓	Diseño del Tramo N° 01 desde la progresiva Km 0+000 - 3+700.	94
✓	Diseño del Tramo N° 02 desde la progresiva Km 3+700 - 7+554.	104
3.5.6	Análisis comparativo de los espesores de la estructura del Pavimento Flexible diseñados mediante la metodología de la AASHTO-93 y la del Instituto del Asfalto.	114
3.5.7	Determinar la alternativa recomendable para la zona de estudio	122
IV.	RESULTADOS	124
V.	DISCUSIÓN	128
VI.	CONCLUSIONES	129
VII.	RECOMENDACIONES	134
VIII.	Lista de referencias (Referencias bibliográficas)	135

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.00: Serviciabilidad final Pf.....	25
Tabla 2.00: Calidad de Drenaje	25
Tabla 3.00: Valores de m_i recomendada para corregir los coeficientes estructurales de bases y subbases granulares.	25
Tabla 4.00: Niveles de confiabilidad R recomendados.	26
Tabla 5.00: Algunos valores fractil de la ley norma centrada, Z_r	26
Tabla 6.00: Error Normal combinado, S_o	26
Tabla 7.00: Espesores Mínimos (pulg)	26
Tabla 8.00: Porcentaje del tránsito total de camiones en el carril de diseño.	29
Tabla 9.00: Relaciones entre el Modulo Resiliente y el CBR.....	29
Tabla 10.00: Espesores mínimos de la capa asfáltica.	30
Tabla 11.00: Operacionalización de las Variables - Variable Independiente (Metodología de la AASHTO - 93).	33
Tabla 12.00: Operacionalización de las Variables - Variable Independiente (Metodología del Instituto del Asfalto).....	33
Tabla 13.00: Operacionalización de las Variables - Variable Dependiente (Análisis Comparativo del Diseño Estructural del Pavimento Flexible).	33
Tabla 14.00: Técnicas e instrumentos de Investigación.	34
Tabla 15.00: Calculo de Transito Promedio Diario Semanal (TPDS) de la Estación N° 01.....	37
Tabla 16.00: Calculo de Transito Promedio Diario Semanal (TPDS) de la Estación N° 02.....	38
Tabla 17.00: Calculo de Transito Promedio Diario Semanal (TPDS) de la Estación N° 03.....	38
Tabla 18.00: Para el cálculo de la Desviación Estándar Muestral.	40
Tabla 19.00: Parque automotor en circulación a nivel nacional, según departamento, 2006-2014.....	43
Tabla 20.00: Para cálculo de A y B, de la Ecuación Lineal.....	44
Tabla 21.00: Para el cálculo de a y b, de la Ecuación Exponencial.	45
Tabla 22.00: Calculo de Crecimiento anual mediante el Modelo Lineal y Modelo Exponencial.	46
Tabla 23.00: Relación de Cargas por Eje Equivalentes (EE) para afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos.	47
Tabla 24.00: Determinación del Factor Camión, del Camión Tipo C2.	48
Tabla 25.00: Determinación del Factor Camión, del Camión Tipo B2.	49
Tabla 26.00: Determinación del Factor Camión Integral.....	49
Tabla 27.00: División del tramo de estudio, en tramos con CBR similares.	50
Tabla 28.00: Datos de la Subrasante del Tramo N° 01.....	50
Tabla 29.00: Datos de la Subrasante del Tramo N° 02.....	51

Tabla 30.00: Granulometría necesaria del material de la Subbase.	51
Tabla 31.00: Requisitos de calidad para la Subbase.	52
Tabla 32.00: Datos de la Subbase.....	52
Tabla 33.00: Granulometría necesaria del material de la Base.	52
Tabla 34.00: CRB mínimos para la Base.....	53
Tabla 35.00:Requisitos para el agregado grueso (material retenido en la malla N°04).	53
Tabla 36.00: Requisitos para el agregado grueso (materiales pasantes en la malla N°04).....	53
Tabla 37.00:Datos de la Base.....	54
Tabla 38.00: Formulas para determinar Mr en función al CBR.....	63
Tabla 39.00: Determinación de k1 (Vehículos pesados) , Tramo N°01.	66
Tabla 40.00: Determinación de k2, en función tipo de vía (carril de diseño), Tramo N°01.....	67
Tabla 41.00: Coeficientes estructurales de las capas del pavimento flexible, Tramo N°01.....	69
Tabla 42.00: Módulos de Resiliencia de las capas del Pavimento flexible y de la subrasante, Tramo N°01.....	69
Tabla 43.00: Serviciabilidad Final, Pf, Tramo N°01.	70
Tabla 44.00: Calidad de Drenaje, , Tramo N°01.	70
Tabla 45.00: Valores de mi recomendada para corregir los coeficientes estructurales de bases y subbases granulares, Tramo N°01.	71
Tabla 46.00: Niveles de confiabilidad R recomendados, Tramo N°01.	72
Tabla 47.00: Algunos valores fractil de la ley norma centrada, Zr, Tramo N°01.	72
Tabla 48.00: Error Normal combinado, So, Tramo N°01.	72
Tabla 49.00: SNi de la Base (SN1), Subbase (SN2) y Subrasante (SN3) mediante el Método Grafico, Tramo N°01.	75
Tabla 50.00: SNi de la Base (SN1), Subbase (SN2) y Subrasante (SN3) mediante el Método de Ecuación, Tramo N°01.	75
Tabla 51.00: Espesores del Concreto asphaltico, Base y Subbase mediante el Método Grafico, Tramo N°01.	76
Tabla 52.00: Espesores definitivos y los SNi definitivos del Concreto asphaltico, Base y Subbase mediante el Método Grafico, Tramo N°01.	76
Tabla 53.00: Espesores Mínimos (pulg), Tramo N°01, Método Grafico.....	76
Tabla 54.00: Espesores del Concreto asphaltico, Base y Subbase mediante el Método de Ecuación, Tramo N°01.....	77
Tabla 55.00: Espesores definitivos y los SNi definitivos del Concreto asphaltico, Base y Subbase mediante el Método de Ecuación, Tramo N°01.	77
Tabla 56.00: Espesores Mínimos (pulg), Tramo N°01, Método de Ecuación.....	77
Tabla 57.00: Determinación de k1 (Vehículos pesados), Tramo N°02.	81

Tabla 58.00: Determinación de k2, en función tipo de vía (carril de diseño) , Tramo N°02.....	81
Tabla 59.00: Coeficientes estructurales de las capas del pavimento flexible, Tramo N°02.....	83
Tabla 60.00: Módulos de Resiliencia de las capas del Pavimento flexible y de la subrasante, Tramo N°02.....	84
Tabla 61.00: Serviciabilidad Final, Pf, Tramo N°02.	84
Tabla 62.00: Calidad de Drenaje, Tramo N°02.	85
Tabla 63.00: Valores de mi recomendada para corregir los coeficientes estructurales de bases y subbases granulares, Tramo N°02.	85
Tabla 64.00: Niveles de confiabilidad R recomendados, Tramo N°02.....	86
Tabla 65.00: Algunos valores fractil de la ley norma centrada, Zr, Tramo N°02..	86
Tabla 66.00: Error Normal combinado, So, Tramo N°02.	86
Tabla 67.00: SNi de la Base (SN1), Subbase (SN2) y Subrasante (SN3) mediante el Método Grafico, Tramo N°02..	89
Tabla 68.00: SNi de la Base (SN1), Subbase (SN2) y Subrasante (SN3) mediante el Método de Ecuación, Tramo N°02.....	89
Tabla 69.00: Espesores del Concreto asphaltico, Base y Subbase mediante el Método Grafico, Tramo N°02.....	90
Tabla 70.00: Espesores definitivos y los SNi definitivos del Concreto asphaltico, Base y Subbase mediante el Método Grafico, Tramo N°02.	90
Tabla 71.00: Espesores Mínimos (pulg) , Tramo N°02, Método Grafico.....	90
Tabla 72.00: Espesores del Concreto asphaltico, Base y Subbase mediante el Método de Ecuación, Tramo N°02.....	91
Tabla 73.00: Espesores definitivos y los SNi definitivos del Concreto asphaltico, Base y Subbase mediante el Método de Ecuación, Tramo N°02.	91
Tabla 74.00: Espesores Mínimos (pulg), Tramo N°02, Método de Ecuación.....	91
Tabla 75.00: Porcentaje del tránsito total de camiones en el carril de diseño, Tramo N°01.....	94
Tabla 76.00: ESAL de Diseño, Tramo N°01.	96
Tabla 77.00: Porcentil de Diseño, Tramo N°01.....	97
Tabla 78.00: Determinación del Módulo de Resiliencia, Tramo N°01.	97
Tabla 79.00: Calculo del Módulo Resiliente, Tramo N°01.....	98
Tabla 80.00: Espesores mínimos de la capa asfáltica, Tramo N°01.....	101
Tabla 81.00: Espesores definitivos del Pavimento Flexible, Tramo N°01.	101
Tabla 82.00: Espesores mínimos de la capa asfáltica, Tramo N°01.....	102
Tabla 83.00: Espesores definitivos del Pavimento Flexible, 150 mm de espesor de agregado de base, Tramo N°01.....	102
Tabla 84.00: Espesores mínimos de la capa asfáltica, Tramo N°01.....	103
Tabla 85.00: Espesores definitivos del Pavimento Flexible, 300 mm de espesor de agregado de base, Tramo N°01.....	103

Tabla 86.00: Porcentaje del tránsito total de camiones en el carril de diseño, Tramo N°02.....	104
Tabla 87.00: ESAL de Diseño, Tramo N°02.	106
Tabla 88.00: Porcentil de Diseño, Tramo N°02.....	107
Tabla 89.00: Determinación del Módulo de Resiliencia, Tramo N°02.	107
Tabla 90.00: Calculo del Módulo Resiliente, Tramo N°02.....	108
Tabla 91.00: Espesores mínimos de la capa asfáltica, Tramo N°02.....	111
Tabla 92.00: Espesores definitivos del Pavimento Flexible, Tramo N°02.	111
Tabla 93.00: Espesores mínimos de la capa asfáltica, Tramo N°02.....	112
Tabla 94.00: Espesores definitivos del Pavimento Flexible, 150 mm de espesor de agregado de base, Tramo N°02.....	112
Tabla 95.00: Espesores mínimos de la capa asfáltica, Tramo N°02.....	113
Tabla 96.00: Espesores definitivos del Pavimento Flexible, 300 mm de espesor de agregado de base, Tramo N°02.....	113
Tabla 97.00: Análisis comparativo de la estructura del Método AASHTO-93, Tramo N°01.....	114
Tabla 98.00: Análisis comparativo de la estructura del Método AASHTO-93, Tramo N°02.....	115
Tabla 99.00: Selección de espesores de la estructura del Método AASHTO-93, Tramo N°01.	116
Tabla 100.00: Selección de espesores de la estructura del Método AASHTO-93, Tramo N°02.	116
Tabla 101.00: Análisis comparativo de la estructura del Método del Instituto del Asfalto, Tramo N°01.....	117
Tabla 102.00: Análisis comparativo de la estructura del Método del Instituto del Asfalto, Tramo N°02.....	118
Tabla 103.00: Selección de espesores de la estructura del Método del Instituto del Asfalto, Tramo N°01.....	119
Tabla 104.00: Selección de espesores de la estructura del Método del Instituto del Asfalto, Tramo N°02.....	119
Tabla 105.00: Análisis comparativo de las Variables de Diseño entre método de la AASHTO – 93 y el método del Instituto del Asfalto.....	120
Tabla 106.00: Análisis comparativo de los espesores entre método de la AASHTO – 93 y el método del Instituto del Asfalto, Tramo N°01.	121
Tabla 107.00: Análisis comparativo de los espesores entre método de la AASHTO – 93 y el método del Instituto del Asfalto, Tramo N°02.	121
Tabla 108.00: Espesores Definitivos de la estructura del Pavimento Flexible (Método AASHTO), Tramo N°01.....	122
Tabla 109.00: Espesores Definitivos de la estructura del Pavimento Flexible (Método AASHTO), Tramo N°02.....	123

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1.00: Coeficiente estructural a_1 para mezclar de concreto asfáltico. (Fuente: AASHTO 1993).....	23
Figura 2.00: Coeficiente estructural a_2 para base granulada no tratada. (Fuente: AASHTO 1993).....	23
Figura 3.00: Coeficiente estructural a_3 para subbase granular no tratada. (Fuente: AASHTO 1993).....	24
Figura 4.00: Carta de diseño para la carpeta asfáltica en todo su espesor. (Fuente: The Asphalt Institute (1991)).....	28
Figura 5.00: Carta de diseño para la carpeta asfáltica y 15 cm de espesor de base. (Fuente: The Asphalt Institute (1991))	28
Figura 6.00: Carta de diseño para la carpeta asfáltica y 30 cm de espesor de base. (Fuente: The Asphalt Institute (1991))	29
Figura 7.00: Ubicación del Estudio, Nivel Regional (La Libertad). (Fuente: Elaboración propia).....	35
Figura 8.00: Ubicación del Estudio, Nivel Provincial (Julcan). (Fuente: Elaboración propia).....	35
Figura 9.00: Ubicación del Estudio, Nivel Distrital (Julcan). (Fuente: Elaboración propia).....	36
Figura 10.00: Coeficiente de capa estructural a_1 para mezcla de concreto asfáltico, Tramo N°01. (Fuente: Elaboración propia, basada en la guía de la AASHTO – 93) ..	67
Figura 11.00: Coeficiente estructural a_2 para base granular no tratada, Tramo N°01. (Fuente: Elaboración propia, basada en la guía de la AASHTO – 93).....	68
Figura 12.00: Coeficiente estructural a_3 para subbase granular no tratada, Tramo N°01. (Fuente: Elaboración propia, basada en la guía de la AASHTO – 93).....	69
Figura 13.00: Diseño estructural del Pavimento, Tramo N° 01.(Fuente: Guía para el diseño de estructura de parámetros, AASHTO, 1993.....	74
Figura 14.00: Coeficiente de capa estructural a_1 para mezcla de concreto asfáltico, Tramo N°02. (Fuente: Elaboración propia, basada en la guía de la AASHTO – 93) ..	82
Figura 15.00: Coeficiente estructural a_2 para base granular no tratada, Tramo N°02. (Fuente: Elaboración propia, basada en la guía de la AASHTO – 93).....	82
Figura 16.00: Coeficiente estructural a_3 para subbase granular no tratada, Tramo N°02. (Fuente: Elaboración propia, basada en la guía de la AASHTO – 93).....	83
Figura 17.00: Diseño estructural del Pavimento, Tramo N°02.(Fuente: Guía para el diseño de estructura de parámetros, AASHTO, 1993.....	88
Figura 18.00: Selección del Módulo de Resiliencia, Tramo N°01.	99
Figura 19.00: Espesor completo de concreto asfáltico, TMAX 7°C, Tramo N°01. ...	100
Figura 20.00: Agregado de base de 150 mm de espesor, TMAX 7°C, Tramo N°01.	101
Figura 21.00: Agregado de base de 300 mm de espesor, TMAX 7°C, Tramo N°01.	103
Figura 22.00: Selección del Módulo de Resiliencia, Tramo N°02.	109

Figura 23.00: Espesor completo de concreto asfaltico, TMAX 7°C, Tramo N°02. ... 110
Figura 24.00: Agregado de base de 150 mm de espesor, TMAX 7°C, Tramo N°02.111
Figura 25.00: Agregado de base de 300 mm de espesor, TMAX 7°C, Tramo N°02.113

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

Conocedores de la realidad de las vías de conexión entre pueblos y/o caseríos de las provincias del Ande Liberteño, más aún de la provincia de Julcán, la cual presenta la mayoría de sus vías de comunicación entre caseríos sin pavimentar, encontramos al Camino Vecinal del Distrito de Julcán al Caserío de Chuan Parte Baja, siendo una trocha carrozable, la cual presenta falta de nivelación, compactación, señalización, dispositivos de control verticales, presencia de fallas. Ubicada en una zona de precipitaciones elevadas, este Camino Vecinal se vuelve peligroso e inaccesible para el tránsito de pobladores y sus distintas labores económicas.

La investigación pretende dar una alternativa de pavimentación en vías clasificadas como trochas carrozables, mediante un análisis comparativo entre los Diseños de Pavimento Flexible por medio de la metodología planteada por la AASHTO y la del instituto del asfalto, promoviendo así el desarrollo del caserío de Chuan Parte Baja, Distrito de Julcán y de todos los caseríos ubicados en los cuatro distritos que conforman la provincia de Julcán. Al obtener la alternativa de solución, se impulsará el tránsito de Vehículos, mejorando la accesibilidad al caserío, la calidad de vida de los pobladores y promoviendo el desarrollo económico y turístico.

El presente trabajo de investigación tiene por Objetivo Realizar el análisis comparativo entre el diseño de Pavimento Flexible mediante las metodologías de la AASHTO y la del Instituto del Asfalto, para dar una alternativa de estructura de pavimento para el Camino Vecinal de Julcán al Caserío de Chuan Parte Baja, Distrito de Julcán, Provincia de Julcán, La Libertad. Para ello, primero se realizará un levantamiento topográfico del Camino Vecinal en estudio, posteriormente realizar un estudio de suelos con fines de pavimentación, el cual será útil para poder definir algunas variables de diseño, luego realizar el diseño y determinar los espesores de las capas que conforman el pavimento flexible, posteriormente realizar el Análisis comparativo entre los diseños realizados para determinar la Alternativa que ofrece mejores resultados en la zona de estudio.

Gracias a la presente investigación se podrá concluir y optar por el diseño que tenga mejores prestaciones como resultado del análisis antes mencionado, haciendo posible la extrapolación de los diseños a otra realidad, que contenga las mismas o similares características técnicas para poder aplicar los mencionados tipos de pavimentos; siendo una investigación que puede ser tomada de referencia, para estudios y/o proyectos a futuro. Se presenta la elaboración del diseño de Estructura de Pavimento Flexible mediante la metodología de la AASHTO y la del Instituto del Asfalto, en un contexto con propiedades mecánicas definidas; por tanto, los procesos de los diseños, pueden ser extrapolados a realidades con similares propiedades mecánicas y servir así de referencia científica para futuros proyectos.

1.2 Problema de Investigación

a. Descripción de la Realidad Problemática

En el mundo, una red vial de carreteras es importante en los países, ya que, es la principal red de comunicación

Una red vial de carreteras es importante para el desarrollo económico, social y cultural de los países, ya que estas son las encargadas de conectar las ciudades, pueblos, caseríos, distritos, etc. Permitiendo, el desarrollo comercial, el crecimiento y expansión cultural, aumentando así, el PBI nacional, volviendo dinámico el monopolio comercial, y asegurando así el desarrollo de cada país.

Según el Sistema Nacional de Carreteras presenta en la Red Vial Nacional 14,747.74 Km de carretera pavimentada y 7,631.51 Km de carretera afirmada y 2,214.16 Km sin afirmar.

Según el Sistema Nacional de Carreteras presenta en la Red Vial Departamental 2,339.72 Km de carretera pavimentada y 14,263.37 Km de carretera afirmada y 7,632.04 Km sin afirmar.

Según el Sistema Nacional de Carreteras presenta en la Red Vial Vecinal 1,611.10 Km de carretera pavimentada y 19,231.34 Km de carretera afirmada y 71,001.39 Km sin afirmar.

El proyecto en estudio se ubica geográficamente en la región de la sierra, en el Distrito de Trujillo, Provincia de Trujillo, Departamento de la Libertad, se encuentra a una altitud de 3 400 m.s.n.m. Presenta una topografía accidentada.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) indica que la población en el Distrito de Julcán es de 28 024 habitantes.

El Distrito de Julcán tiene una superficie territorial de 1101.39 km² con una densidad de 25,44 hab/km².

Conociendo la realidad de las vías de conexión entre pueblos y/o caseríos de las provincias del Ande Liberteño, más aún de la provincia de Julcán, la cual presenta la mayoría de sus vías de comunicación entre caseríos como trocha carrozable.

Encontramos el Camino Vecinal del Distrito de Julcán al Caserío de Chuan Parte Baja, siendo una trocha carrozable, la cual presenta falta de nivelación, compactación, señalización, dispositivos de control verticales, presencia de fallas.

Ubicada en una zona de precipitaciones elevadas, este Camino Vecinal se vuelve peligroso e inaccesible para el tránsito de pobladores y sus distintas labores económicas. Por tanto, se propone la presente Investigación, dando una propuesta de pavimentación para el mencionado Camino Vecinal, al realizar el diseño de la estructura del Pavimento Flexible mediante la metodología AASHTO - 93 y del Instituto del Asfalto.

b. Formulación del Problema

¿Mediante que metodología propuesta para el diseño estructural del pavimento flexible, se podrá obtener mejores resultados para las condiciones propias del Camino Vecinal de Julcán al Caserío de Chuan Parte Baja?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General.

- Realizar el Análisis Comparativo del Diseño Estructural del Pavimento Flexible entre las Metodologías de la AASHTO-93 y la del Instituto del Asfalto para el Camino Vecinal de Julcán al Caserío de Chuan Parte Baja, Distrito de Julcán, Provincia de Julcán, La Libertad.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- Realizar Levantamiento Topográfico del Camino Vecinal de Julcán al Caserío de Chuan parte Baja.
- Realizar un Estudio de Suelos con fines de pavimentación.
- Realizar un Estudio de tráfico.
- Determinar las Variables y Parámetros de Diseño.
- Determinar los Espesor de las Capas que Conforman el Pavimento Flexible mediante la metodología de la AASHTO-93.
- Determinar los Espesor de las Capas que Conforman el Pavimento Flexible mediante la metodología del Instituto del Asfalto.
- Comparar los espesores de la estructura del Pavimento Flexible diseñados mediante la metodología de la AASHTO-93 y la del Instituto del Asfalto.
- Determinar cuál es la alternativa recomendable para la zona de estudio.

1.4 Justificación del Estudio

La presente investigación, pretende dar una alternativa de pavimentación en vías clasificadas como caminos vecinales, mediante el Diseño de la estructura del Pavimento Flexible mediante las metodologías AASHTO-93 y la del Instituto del Asfalto, promoviendo así el desarrollo del caserío de Chuan, Distrito de

Julcán y de todos los caseríos ubicados en los cuatro distritos que conforman la provincia de Julcán. Al obtener las alternativas de solución, se impulsará el tránsito de Vehículos, mejorando la accesibilidad al caserío, la calidad de vida de los pobladores y promoviendo el desarrollo económico y turístico.

Gracias a la presente investigación se podrá concluir que el diseño de la estructura de pavimento flexible puede mejorar la transitabilidad, haciendo posible la extrapolación del diseño a otra realidad, que contenga las mismas o similares características técnicas para poder aplicar el mencionado pavimento; siendo una investigación que puede ser tomada de referencia, para estudios y/o proyectos a futuro.

II. MARCO DE REFERENCIAL

2.1 Antecedentes del Estudio

Gómez (2014) en su investigación “Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del Óvalo Grau – Trujillo - La Libertad”, se propuso la determinación de la estructura del pavimento flexible para el anillo vial del Óvalo Grau, para lo cual desarrolló una investigación descriptiva para encontrar los caracteres de diseño de la estructura del pavimento flexible por medio de las metodologías de diseño de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). La investigación llegó a los siguientes resultados, características de diseño: EAL de diseño de 8023000, Periodo de diseño de 20 años, CBR de 8.20, serviciabilidad inicial de 4.2, serviciabilidad final de 2.5, Factor de confiabilidad del 95%, standard normal deviate de -1.645, overall standard deviation de 0.45 y numero estructural de 4.65. El principal aporte al trabajo de investigación es la determinación del Índice Medio Diario Anual, censo de carga y el cálculo de los factores destructivos para cada conjunto de ejes y tipo de vehículo por medio de estudios de volumen vehicular, hasta llegar a obtener los parámetros de diseño para diseñar la estructura del pavimento flexible por la metodología AASHTO.

Vega (2018) en su investigación “Diseño de los pavimentos de la carretera de acceso al nuevo puerto de Yurimaguas (Km 1+000 a 2+000)”, se propuso Realizar el diseño del pavimento del tramo comprendido entre (Km 1+000 a 2+000) y el análisis de costos entre los pavimentos, tanto por el método AASHTO y el ICA, tanto en la etapa inicial, constructiva y mantenimiento, para lo cual desarrolló por medio de las metodologías de diseño de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y el Método del Instituto del Asfalto. La investigación llegó a los siguientes resultados, que el pavimento flexible se obtuvo espesores mínimos de capas, con la metodología de AASHTO se obtuvo un mínimo de 4 pulgadas mientras que en el método de IA se obtuvo 5 pulgadas de espesor mínimo. El principal aporte al trabajo de investigación son las metodologías utilizadas para diseñar

el pavimento flexible, tanto por el Metodología de AASHTO e IA , para poder tener dos alternativas de diseño.

Harumi (2014) en su investigación “Diseño de los pavimentos de la nueva carretera Panamericana norte en el tramo de Huacho a Pativilca (km 188 a 189).”, se propuso diseñar el pavimento de un kilómetro de carretera, tanto pavimento flexible como rígido, para lo cual desarrolló la metodología de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) y del Instituto del Asfalto (IA). La investigación llegó a los siguientes resultados de la estructura del pavimento compuesta por 10 cm de carpeta asfáltica, 40 cm de base y 45 cm de subbase siendo las dimensiones más óptimas entre todos los diseños de pavimento flexible. El principal aporte al trabajo de investigación es la determinación de la estructura del pavimento flexible utilizando las metodologías AASHTO y IA.

Salamanca y Zuluaga (2014) en su investigación “Diseño de la Estructura de Pavimento Flexible Por Medio de los Métodos Invias, Aashto 93 e Instituto del Asfalto Para la Vía La Ye - Santa Lucia Barranca Lebrija Entre los Abcisisas K19+250 A K25+750 Ubicada en el Departamento Del Cesar”, se propuso diseñar la estructura de pavimento flexible por la metodología de la AASHTO y la de Invias para vía la Ye – Santa Lucia Barranca Lebrija, dando como resultado. Que, habiéndose encontrado suelos expansivos en unos tramos, se debe incluir en el diseño entre la capa base y sub base granular una geomalla biaxial, además de recomendar que las estructuras diseñadas, deberán ser construidas tanto en la calzada como en las bermas para facilidad de procesos constructivos y mayor vida útil.

Torres y Perez (2017) en su investigación, denominada “Diseño de Pavimento Flexible Para Mejorar la Transitabilidad Vehicular y Peatonal en el AA.HH Ampliación Túpac Amaru, Distrito de Chiclayo, Provincia Chiclayo, Región Lambayeque 2017”, se propuso elaborar el diseño de pavimento flexible para mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal del AA.HH. Ampliación Túpac Amaru; dando como resultado, que el estrato presenta características de consistencia media, además de presentar baja plasticidad, es húmeda de color marrón claro, presentando gravas aisladas y de arena fina, pobremente graduada.

Olcese (2018) en su investigación denominada: “Diseño de los Pavimentos de la Carretera de Acceso al Nuevo Puerto de Yurimaguas (KM 1+000 A 2+000)”, en la cual se propuso realizar el diseño del pavimento del tramo comprendido entre el kilómetro 1+000 y 2+000 de la futura carretera de acceso al nuevo Puerto de Yurimaguas, específicamente pavimento flexible y rígido. Mediante la metodología de la AASHTO y la del Instituto del Asfalto para el pavimento flexible, y las metodologías AASHTO y la del PCA para el pavimento rígido. Dando como conclusiones que las características de la subrasante, específicamente el CBR, afectan directamente a los espesores de la capa del pavimento flexible mientras que, para el pavimento rígido, su incidencia es

prácticamente nula. Además, la metodología AASHTO utiliza conceptos de confiabilidad, desviación estándar combinada y pérdida de serviciabilidad, mientras que el IA, brinda una metodología más directa mediante cartas de diseño.

2.2 Marco Teórico

En el entorno de proyectos viales, se diseñan pavimentos, siendo más diseñados y ejecutados los Flexibles, Rígidos y Articulados, en los cuales presentan la mayor diferencia en los materiales que se especifican para su elaboración, en su procedimiento de diseño, en su proceso de mantenimiento, así como en sus propiedades físico – mecánicas, las cuales permiten que cada tipo de pavimento trabaje de manera independiente.

En el presente proyecto nos centraremos en realizar, el diseño de la estructura del Pavimento Flexible para el Camino Vecinal del Distrito de Julcán al Caserío de Chuan.

Como punto de partida, el pavimento es una estructura que tiene el propósito de permitir el tránsito de vehículos, que pueden tener varias capas debiendo cumplir con sus principales funciones como, “proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, de color y textura apropiados, resistente a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir adecuadamente a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito” (Rico, y Del Castillo, 1999, p. 99).

Además, el pavimento “debe ser resistente al desgaste debido a la abrasión producida por las llantas y tener buenas condiciones de drenaje. En cuanto a la seguridad vial debe presentar una textura apropiada de acuerdo a la velocidad de circulación de los vehículos para mejorar la fricción, debe tener un color adecuado de tal manera que se eviten los reflejos y deslumbramientos. Con el fin de brindar comodidad a los usuarios, debe procurar tener regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal. También se debería tener en cuenta en el diseño medidas para disminuir el ruido de la rodadura. Como toda obra de infraestructura los factores de costo y de vida útil son muy importantes por lo que el pavimento debe ser durable y económico” (Rengifo, 2014, p. 3).

2.2.1 Pavimento Flexible

2.2.1.1 Conceptos

Sobre Pavimento Flexible, encontramos a Rondón y Reyes (2015, p. 27): “Las estructuras de pavimento del tipo flexible pueden ser definidas como estructuras viales conformadas por una capa asfáltica apoyada sobre capas de menor rigidez, compuestas por materiales granulares, no tratados o ligados (base, subbase, afirmado, y en algunos casos subrasante mejorada o material de conformación) que a su vez soportan sobre el terreno natural o subrasante”, de aquí se puede identificar las

capas que componen el pavimento flexible, de las cuales, posteriormente se van a diseñar sus espesores, basados en distintos parámetros de diseños.

Las capas que conforman generalmente la estructura del pavimento flexible son según (Montejo, 2006) citado por (Rengifo, 2014, p. 4-5) “- Carpeta asfáltica: es la capa superficial de la estructura. Tiene tres funciones principales: servir como superficie de rodamiento uniforme y estable para permitir el tránsito, impermeabilizar la estructura para evitar en lo posible la percolación del agua al interior del pavimento y ser resistente a los esfuerzos producidos por las cargas aplicadas.

- **Base:** sirve como apoyo a la carpeta asfáltica y transmite los esfuerzos producidos por el tránsito a las capas inferiores en un nivel adecuado.

- **Sub-base:** principalmente cumple con una función económica ya que permite la utilización de materiales de menor calidad en un porcentaje del espesor del pavimento.

Entonces, dependiendo de la calidad y el costo del material disponible, se puede utilizar sólo base o sub-base y base. Con la construcción de la sub-base, puede ser que el espesor final de la capa sea mayor pero aun así resultar en un diseño más económico.”

Además, tenemos que: Este tipo se caracteriza por estar conformado en la superficie por una capa de material bituminoso o mezcla asfáltica que se apoya sobre capas de material granular, las cuales generalmente van disminuyendo su calidad conforme se acercan más a la subrasante. Esto se debe a que los esfuerzos que se producen por el tránsito van disminuyendo con la profundidad y por razones económicas. La teoría que se utiliza para analizar su comportamiento es la teoría de capas de Burmister. (Huang, 2004, p. 8).

2.2.1.2 Tipos de diseño.

En un artículo realizado por Rico, Téllez y Garnica (1998), encontramos que los métodos más usuales de Diseño de Pavimentos son: Método del Instituto de Ingeniería de la UNAM, Método de Diseño Español MOPU – Secciones de Pavimento, Método de Diseño del Instituto del Asfalto de los EUA, Método de la AASHTO para la Sección Estructural de los Pavimentos, existiendo diferencia en los procedimientos y variables de diseño.

Según Salamanca, Zuluaga (2014, p. 70), presenta como métodos de diseño Metodo AASHTO – 1993, Método Inviás para diseño de estructura de pavimento con volúmenes medios y altos de tránsito y Método del Instituto del Asfalto para diseño de estructuras del pavimento flexible, teniendo como resultado: “Al evaluar las estructuras de pavimento por los diferentes métodos se evidencia que los espesores determinados por el método de la AASHTO 93 cumplen con el criterio general pero no la protección por capas, por lo tanto es necesario aumentar los espesores de carpeta asfáltica”, dándonos una recomendación necesaria para la verificación y el buen procedimiento de diseño para cumplir con los parámetros necesarios.

2.2.1.3 Diseño según la Metodología AASHTO – 93

- Variables de diseño

Además, el diseño propuesto en Rondón, Reyes (2015), es el método AASHTO (1993), teniendo como variables necesarias (Variables de diseño) Subrasante, Tránsito (W18), Propiedades mecánicas de los materiales, Índice de serviciabilidad, Condiciones ambientales y drenaje, y Confiabilidad (R), mediante tablas y fórmulas, se podrá realizar dicho diseño, partiendo de las variables e información necesaria, extraída insitu.

Según el Reglamento Nacional de Vehículos (2014, p. 77), en Estudios de Tráfico – Clasificación de Vehículos: “Estos se clasifican según la cantidad y el tipo de ejes que lo componen (simple, tándem o trídem), además del peso máximo permitido para cada uno de ellos. El peso bruto vehicular máximo permitido es de 48 toneladas. Asimismo, el máximo peso permitido por eje es:

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

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

En cuanto a Estimación de la tasa de crecimiento según Rengifo (2014, p. 11) “Se requiere de datos históricos que ayuden a tener una idea de cómo va aumentando la cantidad de vehículos que transitan por esa carretera. Depende de las actividades de la zona, del crecimiento poblacional, etc.”

Para Factores Destructivos, Para hallar el número de ejes equivalentes que se presentan en el tramo, primero se debe uniformizar los tipos de

vehículos que circulan bajo un mismo estándar. Dicho estándar está representado por el factor equivalente de carga por eje, teniendo como base los ejes de 18 kip u 80 kN. Este factor es el denominado factor destructivo.

Cada eje que conforma algún vehículo tiene un peso que puede ser igual o diferente a la carga estándar. Para el caso de nuestra Norma, todos son diferentes por lo que resulta necesaria la aplicación de factores. Por otro lado, dependiendo del tipo de pavimento a utilizar, existen dos ecuaciones diferentes para estimar estos factores. Si el pavimento es flexible se utilizarán los valores proporcionados por el Instituto del Asfalto, en cambio si es rígido se utilizarán los de la AASHTO. (Rengifo, 2014, p. 11).

- **Proceso de diseño**

El proceso de diseño, se definirá mediante las Variables de Diseño, tales como:

“- **Subrasante:** Descripta mediante el módulo resiliente ($M_1=1500$ CBR en psi),

$M_r = 10 \cdot \text{CBR (MPa)}$ ó $M_r = 1500 \cdot \text{CBR (psi)}$, para $\text{CBR} < 10\%$

- **Tránsito (W18):** Se caracteriza a través del número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas que circulan en el carril y el periodo de diseño. El sub índice 18 significa la masa del eje simple equivalente en kips (Kilo-Libras).

-**Propiedades Mecánicas de los Materiales:** El parámetro mecánico con el cual se caracterizan los materiales es el módulo resiliente en PSI. Sin embargo, para el diseño y dimensionamiento del espesor de las capas del pavimento, estos parámetros son traducidos a coeficientes estructurales de capas *aí*, los cuales se determinan a través de las figuras.” (Rondón, Reyes, 2015, p. 573).

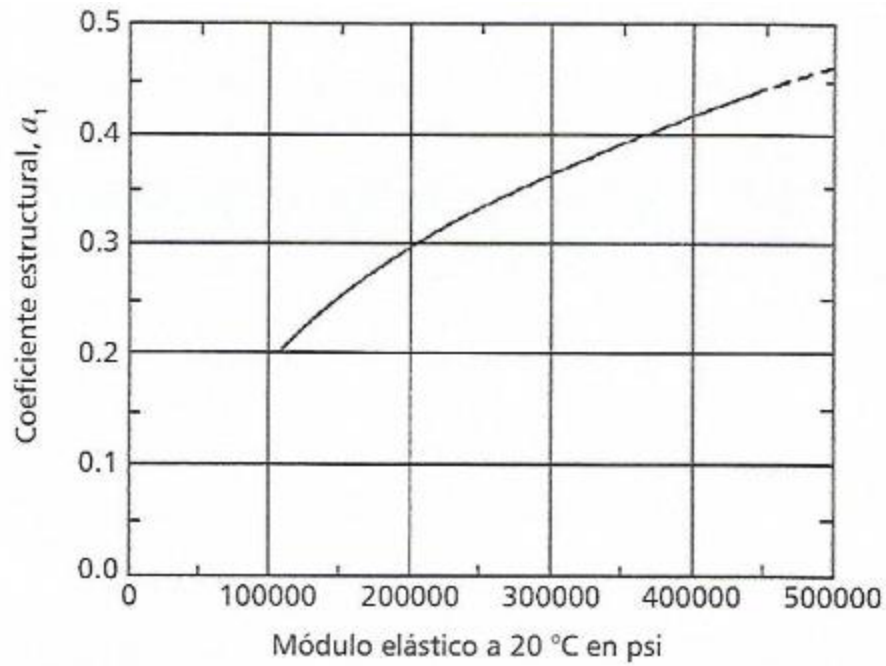
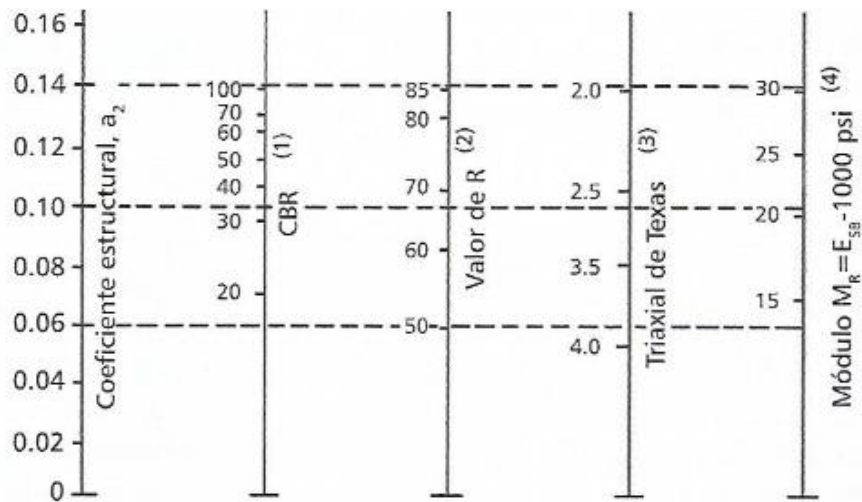


Figura 1.00: Coeficiente estructural a_1 para mezclar de concreto asfáltico.
(Fuente: AASHTO 1993)



- (1) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Illinois.
- (2) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de California, Nuevo Mexico y Wyoming.
- (3) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Texas.
- (4) Escala derivada del proyecto NCHRP (3)

Figura 2.00: Coeficiente estructural a_2 para base granulada no tratada.
(Fuente: AASHTO 1993)

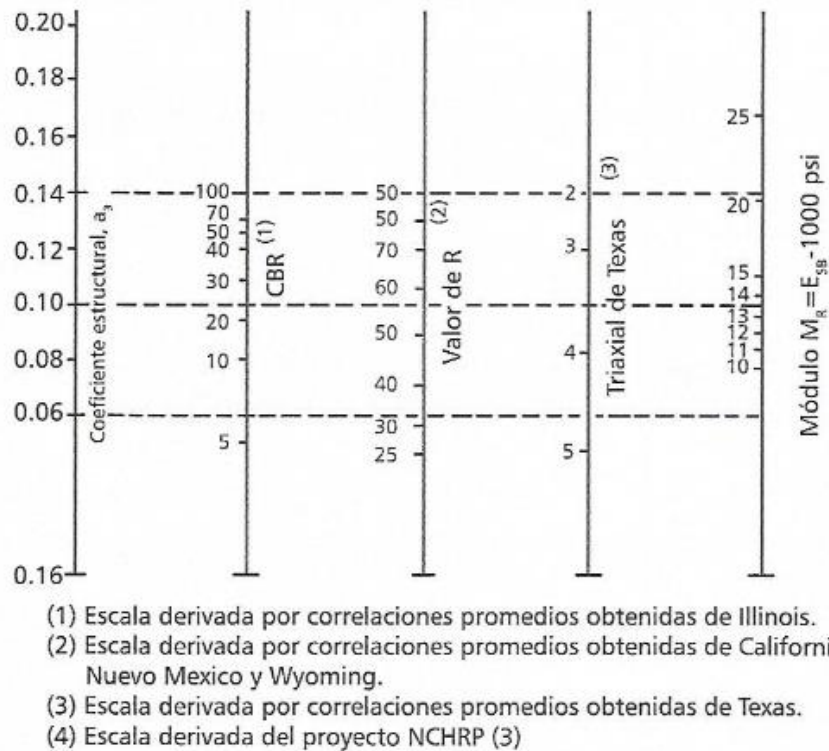


Figura 3.00: Coeficiente estructural a_3 para subbase granular no tratada.
 (Fuente: AASHTO 1993)

Algunos valores recomendados de coeficientes estructurales a_2 para bases estabilizadas de cementantes hidráulicos son 0.14, 0.15, 0.16, 0.17 y 0.18 para materiales que desarrollan una resistencia a la compresión simple (f'_c), medida a los siete días, de 300, 400, 500 y 550 PSI (2.1, 2.8, 3.2, 3.5, y 3.9 MPa) respectivamente. Para estos valores de a_2 , la magnitud aproximada del módulo elástico es de 5.7×10^5 , 6.0×10^5 , 6.2×10^5 , 6.5×10^5 y 6.8×10^5 psi.

$$a_1 = 0.184 \times \ln(E_1)$$

$$a_2 = 0.249 \times \log(E_2)$$

$$a_3 = 0.227 \times \log(E_3)$$

E_1 , E_2 y E_3 son módulos resilientes en psi de la mezcla de concreto asfáltico que conforma la capa asfáltica, la base granular y la subbase granular no tratada, respectivamente". (Rondón, Reyes, 2015, p. 576).

También, "**Índice de Serviciabilidad** ($\Delta PSI = P_0 - P_f$), Este índice tiene en cuenta el estado inicial y final de serviciabilidad del pavimento que se diseñará y construirá. A pesar de ser un parámetro bastante subjetivo, el estado de serviciabilidad se evalúa de manera cuantitativa, asignando un valor entre 0 y 5, donde 5 es el máximo valor, asumiendo que el pavimento se encuentra en perfecto estado de serviciabilidad. (Rondón, Reyes, 2015, p. 573-576).

TIPO DE VIA	SERVICIABILIDAD FINAL, Pf
Autopista	2.5 - 3.0
Carreteras	2.0 - 2.5
ZONAS INDUSTRIALES	
Pavimento urbano principal	1.5 - 2.0
Pavimento urbano secundario	1.5 - 2.0

Tabla 1.00: Serviciabilidad final Pf
Fuente: AASHTO 1993

Además, **Condiciones ambientales y drenaje:** Los coeficientes de drenaje (m_i), para las capas de base y subbase se seleccionan de acuerdo con las características del material, la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles de humedad próxima a la saturación, Este porcentaje se calcula como la relación entre el número de días promedio que llueve en la zona donde se construirá la estructura del pavimento y los 365 días del año. (Rondón, Reyes, 2015, p. 576).

CALIDAD DE DRENAJE	TIEMPO QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Muy Malo	El agua no evacua

Tabla 2.00: Calidad de Drenaje
Fuente: AASHTO – 1993

CARACTERÍSTICAS DE DRENAJE	PORCENTAJES DEL TIEMPO QUE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ESTA EXPUESTA A GRADOS DE HUMEDAD PRÓXIMA A LA SATURACION			
	Menos del 1%	1 - 5%	5 - 25%	Mas del 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy Malo	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Tabla 3.00: Valores de m_i recomendada para corregir los coeficientes estructurales de bases y subbases granulares.
Fuente: AASHTO – 1993

También tenemos, **Confiabilidad (R)**, Tiene en cuenta el grado de incertidumbre que se presenta durante la estimación de las variables de diseño anteriormente mencionadas, introduce para tal fin un factor de seguridad al diseño. Para entender este parámetro hay que señalar que la confiabilidad es contraria a la probabilidad de falla. Entendiendo que R

tiene un valor de 100%, el diseñador tiene a 0% en probabilidad de falla. (Rondón, Reyes, 2015, p. 577).

TIPO DE CARRETERA	NIVEL DE CONFIABILIDAD (R) %	
	URBANA	INTERURBANA
Autopistas y carreteras importantes	85.0 - 99.9	80.0 - 99.9
Arterias Principales	80.0 - 99.0	75.0 - 95.0
Colectoras	80.0 - 95.0	75.0 - 95.0
Locales	50.0 - 80.0	50.0 - 80.0

Tabla 4.00: Niveles de confiabilidad R recomendados.

Fuente: AASHTO – 1993

R (%)	50	70	75	80	85	90	92	94	95	98	99.99
Zr	0.000	-0.524	-0.674	-0.841	-1.037	-1.282	-1.405	-1.555	-1.645	-2.054	-3.750

Tabla 5.00: Algunos valores fractil de la ley norma centrada, Zr.

Fuente: AASHTO – 1993

PROYECTO DE PAVIMENTO	So	
	Flexible	Rígido
	0.40 - 0.50	0.30 - 0.40
Construcción Nueva	0.45	0.35
Sobrecapas	0.5	0.4

Tabla 6.00: Error Normal combinado, So

Fuente: AASHTO – 1993

Así también tenemos espesores mínimos recomendados por AASHTO-93 en la siguiente tabla:

ESPESORES MÍNIMOS (pulg)		
Trafico ESAL's	Concreto Asfáltico	Base de Agregados
Menos de 50,000	1.0	4.0
50,001-150,000	2.0	4.0
150,001-500,000	2.5	4.0
500,001-2'000,000	3.0	6.0
2'000,001-7'000,000	3.5	6.0
mayor que 7'000,000	4.0	6.0

Tabla 7.00: Espesores Mínimos (pulg)

Fuente: AASHTO – 1993

2.2.1.4 Diseño según la Metodología del Instituto del Asfalto

- Concepto

Según Vega (2018, p.52): “El instituto del Asfalto (IA) publicó desde 1954 hasta el año 1969 ocho ediciones para el diseño de espesores de pavimentos asfálticos. Los procedimientos seguidos en estos manuales eran empíricos; sin embargo, en 1981 se publicó la novena edición y a diferencia de las anteriores, se usó la teoría mecánica multicapa en conjunto con el criterio empírico de falla para determinar el espesor del pavimento.”

Según Vega (2018, p.52): “El diseño por la metodología del Instituto del Asfalto toma en cuenta los dos tipos de deformaciones más frecuentes y más críticos en el diseño de pavimentos asfálticos.”

Según Vega (2018, p.52,53): “El criterio de falla por fatiga se encuentra representado en la siguiente ecuación:

$$N_f = 18.4 C (6.167 \times 10^{-5} \epsilon_t^{-3.291} \times E^{-0.854})$$

Donde N_f es el número de ejes equivalentes para controlar la falla por fatiga (20% del área total como máximo), C es función que depende del porcentaje del volumen de vacíos (V_a %) y del porcentaje del volumen de asfalto (V_b %) de la mezcla asfáltica compactada, ϵ_t es la deformación por tracción horizontal admisible en la base de la carpeta asfáltica y E es el módulo dinámico de la mezcla asfáltica (Mpa)

El parámetro C se determina de la siguiente manera:

$$C = 10^{4.84 \times \left(\frac{V_b}{V_a + V_b} - 0.69 \right)}$$

Por otro lado, el criterio de falla por deformación permanente se encuentra representado por la siguiente ecuación:

$$\epsilon_c = 1.05 \times 10^{-2} \times N_d^{-0.2233}$$

Donde ϵ_c es la deformación por compresión vertical admisible en la subrasante y N_d es el número de ejes equivalentes para controlar la falla por deformación permanente (12.7 mm como máximo).”

- Variable de Diseño

Según la tesis de Daniel Vega (2018), menciona las variables de diseño para esta metodología, siendo: el tránsito de diseño, Módulo resiliente de la subrasante y temperatura promedio anual del aire (MAAT)

- Diseño de espesores

En la tesis de Daniel Vega (2018), menciona la metodología a detalle, teniendo consideración los 3 diagramas diferentes a utilizar en función a la temperatura promedio anual del aire. Estas cartas están en función al espesor de la base usada, así se tiene las cartas de diseño de los espesores de la carpeta asfáltica.

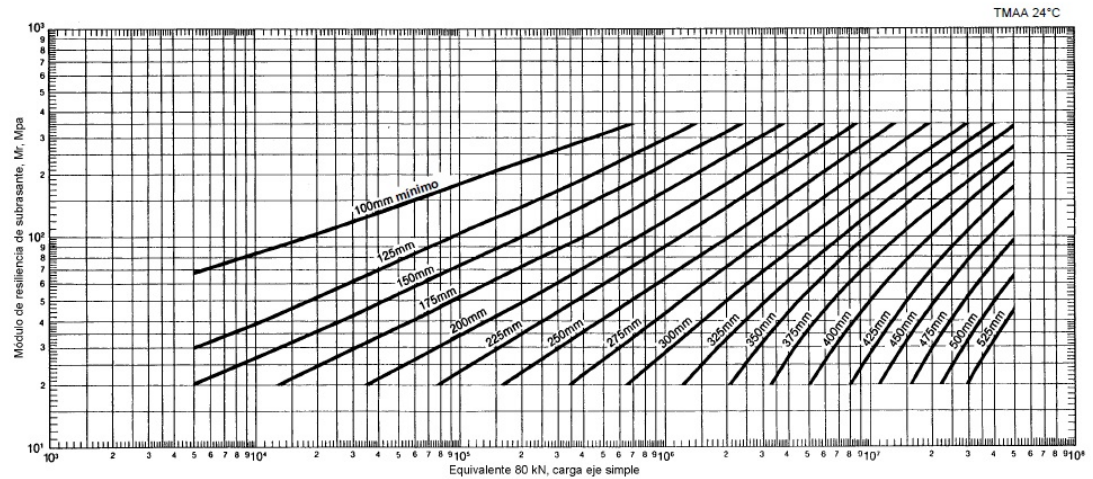


Figura 4.00: Carta de diseño para la carpeta asfáltica en todo su espesor.
(Fuente: The Asphalt Institute (1991))

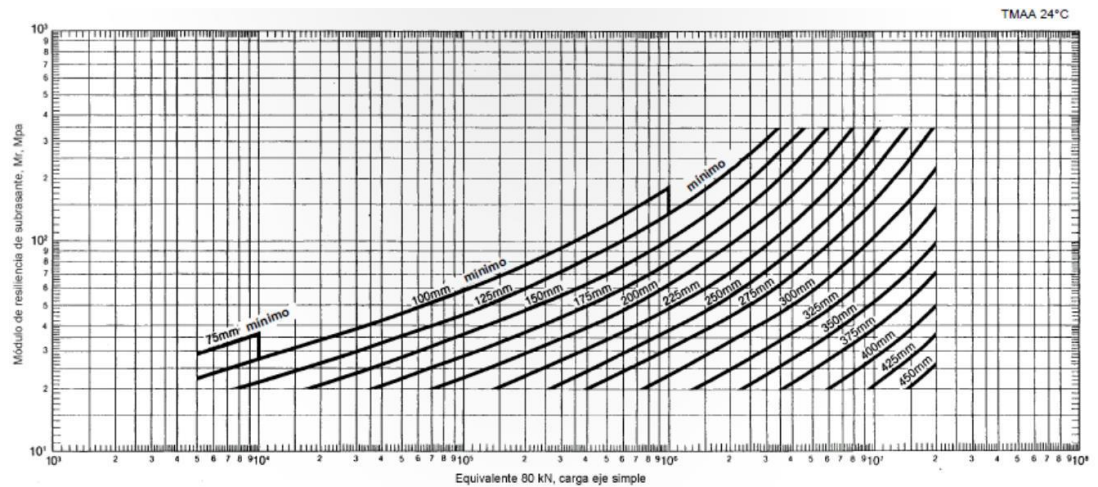


Figura 5.00: Carta de diseño para la carpeta asfáltica y 15 cm de espesor de base. (Fuente: The Asphalt Institute (1991))

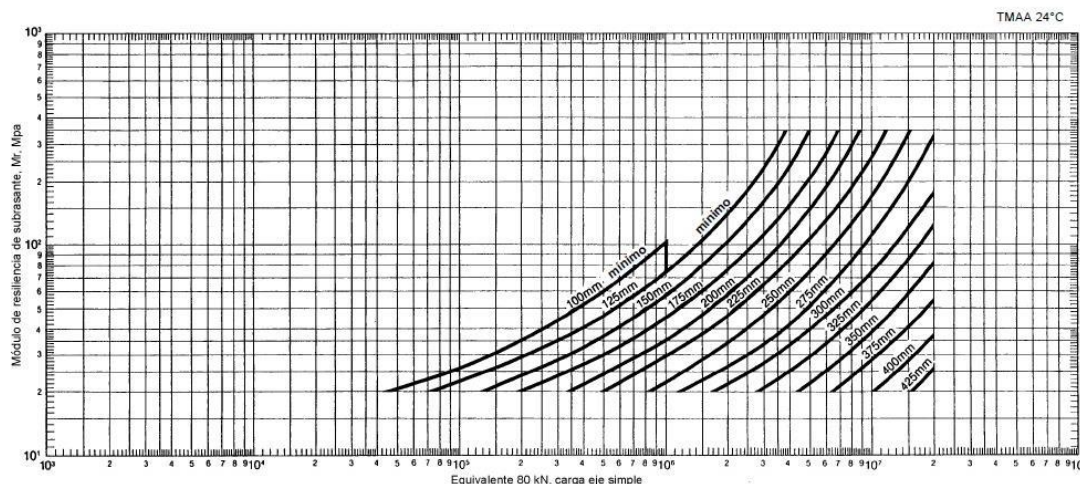


Figura 6.00: Carta de diseño para la carpeta asfáltica y 30 cm de espesor de base. (Fuente: The Asphalt Institute (1991))

Según Tuni (2007, p.20): “El tránsito: De importancia fundamental se considera el número y peso de las cargas por eje que se esperan aplicadas al pavimento durante su periodo de vida, es por ello que es necesario el análisis del tránsito, el conocimiento del número de ejes equivalentes de 8.2 toneladas que se expresarán en el carril de diseño y durante el periodo de diseño.

PORCENTAJE DEL TRAFICO TOTAL DE CAMIONES EN EL CARRIL DE DISEÑO	
NUMERO DE CARRILES DOS DIRECCIONES	PORCENTAJE DE CAMIONES EN EL CARRIL DE DISEÑO
2	50
4	45 (35-48)
6 ó más	40 (25-48)

Tabla 8.00: Porcentaje del tránsito total de camiones en el carril de diseño. Fuente: AASHTO – 1993

Suelos de subrasante:

El Instituto del Asfalto y sus gráficas de diseño exige el conocimiento de la resistencia de la subrasante la cual se determina por medio del módulo de resiliencia (Mr), para lo cual se han establecido las siguientes relaciones propuestas por el Instituto del Asfalto.

Mr (Kg / cm ²)	=	100	CBR
Mr (Mpa)	=	10.3	CBR
Mr (LB / Pul ²)	=	1500	CBR

Tabla 9.00: Relaciones entre el Modulo Resiliente y el CBR. Fuente: Instituto del Asfalto (MS-1) 1991.

Las expresiones anteriores no son aplicables a subbases o bases granulares.

Materiales para construcción de pavimentos:

En cuanto a la rodadura el método considera la utilización de mezclas asfálticas del tipo de concreto asfáltico.

Las bases pueden ser de concreto asfáltico, estabilizadas con emulsión asfáltica o granulares. Las bases estabilizadas con emulsiones asfálticas corresponden a tres tipos de mezcla, según la clase de agregados utilizados.

Tipo I, Mezcla de emulsiones asfálticas con agregados procesados, densamente graduados.

Tipo II, Mezcla de emulsiones asfálticas con agregados semiprocesados, de trituración, bancos o carreteras.

Tipo III, Mezclas de emulsiones con arenas limosas”.

Espesores mínimos de capa asfáltica sobre bases:

CANTIDAD DE EJES EQUIVALENTES	CONDICIÓN DE TRANSITO	ESPEORES MÍNIMOS DE LA CAPA ASFÁLTICA (cm)
Hasta 10,000	Ligero	7.5
Entre 10,000 y 1'000,000	Mediano	10
Mayor de 1'000,000	Pesado	12.5 o más

Tabla 10.00:Espesores mínimos de la capa asfáltica.

Fuente: Instituto del Asfalto (MS-1) 1991.

Procedimiento de diseño

El diseño de pavimento por este método requiere de la ejecución ordenada de los siguientes pasos:

- Estimación del tránsito esperado durante el periodo de diseño (N).
- Determinación de la resistencia de los suelos típicos de subrasante
- Elección de los tipos de base y capa de rodadura a utilizar. Para cada tipo de base elegido el método presenta una gráfica de diseño que permite determinar los espesores de diversas capas del pavimento.

2.3 Marco Conceptual

- **Pavimentos flexibles**

Según Barrionuevo (2017, p.6): “Este tipo de pavimentos están formados por una capa bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase.”

- **CBR**

Según Barrionuevo (2017, p.6): “Es una medida indirecta de resistencia al esfuerzo cortante de un suelo bajo condiciones controladas de densidad y humedad.”

- **Módulo resiliente**

Según Barrionuevo (2017, p.6): “Es una relación que vincula las sollicitaciones aplicadas y las deformaciones recuperables al suprimirse el estado de tensiones impuesto.”

- **Serviciabilidad**

Según Barrionuevo (2017, p.6): “un pavimento en perfecto estado se le asigna un valor de serviciabilidad inicial que depende del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción.”

- **Confiabilidad**

Según Barrionuevo (2017, p.6): “Se entiende por confiabilidad de un proceso diseño-comportamiento de un pavimento a la probabilidad de que una sección diseñada usando dicho proceso.”

- **Coeficientes estructurales**

Según Barrionuevo (2017, p.6): “El método asigna a cada capa del pavimento un coeficiente, los cuales son requeridos para el diseño estructural normal de los pavimentos flexibles.”

- **Periodo de diseño**

Según Barrionuevo (2017, p.6): “el tiempo total para el cual se diseña un pavimento en función de la proyección del tránsito y el tiempo que se considere apropiado para que las condiciones del entorno se comiencen a alterar desproporcionadamente.”

- **Subrasante.**

Según Barrionuevo (2017, p.6): “Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimenta y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto.”

- **Subbase.**
Según Barrionuevo (2017, p.6): “Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento.”
- **Base**
Según Barrionuevo (2017, p.6): “Es la capa de pavimento que tiene como función primordial, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la subbase y a través de ésta a la subrasante, y es la capa sobre la cual se coloca la capa de rodadura.”
- **Superficie de rodadura**
Según Barrionuevo (2017, p.6): “Es la capa que se coloca sobre la base. Su objetivo principal es proteger la estructura de pavimento, impermeabilizando la superficie, para evitar filtraciones de agua de lluvia que podrían saturar las capas inferiores.”
- **Camino vecinal**
Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2005, p.8): “Camino rural destinado fundamentalmente para acceso a las poblaciones pequeñas y a chacras o predios rurales.”
- **Tránsito**
Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2005, p.12): “Vehículos que circulan por el camino”

2.4 Sistema de Hipótesis

2.4.1 General

La metodología AASHTO-93 presenta mejores resultados para las condiciones propias del Camino Vecinal de Julcán al Caserío de Chuan Parte Baja.

2.5 Variables

Independientes:

- Metodología de la AASHTO-93
- Metodología del Instituto del Asfalto

Dependientes:

- Análisis Comparativo del Diseño Estructural del Pavimento Flexible

2.5.1 Operacionalización de las variables

Variable independiente: - Metodología de la AASHTO-93			
Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Instrumento de Investigación
- Diseño de la estructura del Pavimento Flexible	- CBR - EAL diseño - Confiabilidad - Servicialidad - N° Estructural	- Porcentaje (%) - Adimensional - Porcentaje (%) - Adimensional - Adimensional	Metodología de la AASHTO 1993

*Tabla 11.00: Operacionalización de las Variables - Variable Independiente (Metodología de la AASHTO - 93).
Fuente: Elaboración propia.*

Variable independiente: - Metodología del Instituto del Asfalto			
Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Instrumento de Investigación
- Diseño de la estructura del Pavimento Flexible	- CBR - EAL diseño - Modulo resiliente - Temperatura Anual Promedio	- Porcentaje (%) - Adimensional - PSI - Grados Celcius (°C)	Metodología del Instituto del Asfalto

*Tabla 12.00: Operacionalización de las Variables - Variable Independiente (Metodología del Instituto del Asfalto).
Fuente: Elaboración propia.*

Variable independiente: - Análisis Comparativo del Diseño Estructural del Pavimento Flexible			
Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Instrumento de Investigación
- Comparación de los espesores de la estructura del pavimento flexible	- Espesores de la estructura	- Pulgadas (")	Cuadro comparativo

*Tabla 13.00: Operacionalización de las Variables - Variable Dependiente (Análisis Comparativo del Diseño Estructural del Pavimento Flexible).
Fuente: Elaboración propia.*

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1 Tipo y Nivel de Investigación

Correlacional: El diseño del Pavimento Flexible se diseñará mediante la metodología de la American Association of State Highway and Transportation Officials (según AASHTO 1993) y la del Instituto del Asfalto (según el manual “Thickness Design Asphalt Pavements”).

3.2 Población y Muestra de Estudio

- Población:
Red vial de la sierra Liberteña.
- Muestra
Red vial de la Provincia de Julcan, La Libertad.
- Unidad de Análisis
El camino vecinal del Distrito de Julcán al Caserío de Chuan parte Baja, La Libertad

3.3 Diseño de Investigación

Diseño de Investigación de Campo: Se recogerán los datos necesarios del camino vecinal de Julcán al Caserío de Chuan parte baja, Distrito de Julcán, Provincia de Julcán, La Libertad para poder obtener los parámetros o variables de diseño para la metodología a utilizar, sin manipular los datos recolectados.

3.4 Técnicas e Instrumentos de Investigación

Técnica	Forma de aplicación	Forma de obtención
Levantamiento topográfico	Personal y por medios electrónicos	Registros de los medios electrónicos.
Estudio de mecánica de suelos con fines de pavimentación.	Por medios Electrónicos o Mecánicos.	Registros de los medios electrónicos o Mecánicos.
Estudio de tráfico	Personal	Observación directa y registros fílmicos y fotográficos.

*Tabla 14.00: Técnicas e instrumentos de Investigación.
Fuente: Elaboración propia.*

3.5 Procesamiento y Análisis de Datos

3.5.1 Generalidades

- **Ubicación del Estudio:** El proyecto se encuentra ubicado en la Región la Libertad, Provincia de Julcán, Distrito de Julcán.



Figura 7.00: Ubicación del Estudio, Nivel Regional (La Libertad). (Fuente: Elaboración propia)



Figura 8.00: Ubicación del Estudio, Nivel Provincial (Julcan). (Fuente: Elaboración propia)

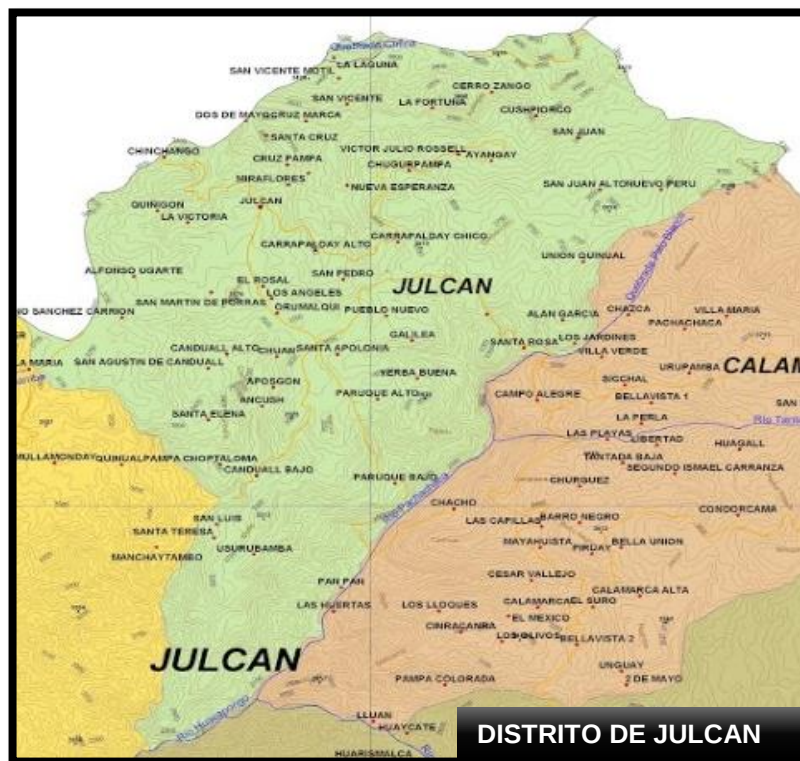


Figura 9.00: Ubicación del Estudio, Nivel Distrital (Julcan). (Fuente: Elaboración propia)

3.5.2 Estudio de Tráfico

El tráfico es un factor muy importante para la concepción del diseño de los pavimentos, la correcta cuantificación es producto de la determinación de variables, el cual concluye en la estimación adecuada del EAL de diseño. Este EAL de diseño, será usado en la metodología de la AASHTO y la del Instituto del asfalto para la concepción de la estructura del pavimento. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el estudio de tráfico realizado, en donde el IMDA será llamado TPDA.

3.5.2.1 Calculo de Índice Medio Diario Anual (IMDA) (TPDA Tránsito Promedio Diario Anual)

- Calculo del TPDS

Se realizó el conteo durante 7 días, donde se realizaron en 3 estaciones ubicadas previamente en el tramo de estudio. Se ubicaron las estaciones estratégicamente después de cada desvío de carretera, en el Dv. Carabamba, Dv. Candual y Dv. Chuan parte alta – entrada a Chuan parte baja.

Se realiza la sumatoria de los vehículos livianos y pesados, dividiéndolo entre el número de días que se realizó el conteo para tener el Transito Promedio Diario Semanal.

De la Expresión:

$$TPDS = \frac{\sum (Volumen_transito_diario_lun - dom)}{7}$$

Donde:

Vol Tránsito Diario Dom a Sáb. = Promedios aforados durante la semana.

Conteos Realizados (durante 7 días de lunes-domingo):

- **Estación N° 01**

Fecha : noviembre 2018
Sentido : Ambos
Referencia : Dv. Chuan parte alta – entrada a Chuan parte baja.
Datos :

FECHA	SUMA DE AUTOS	SUMA DE BUS 2E	SUMA DE CAMION 2E	SUMA DE MOTOS
lunes, 5 de Noviembre de 2018	15	2	5	25
martes, 6 de Noviembre de 2018	9	2	3	11
miércoles, 7 de Noviembre de 2018	7	2	3	12
jueves, 8 de Noviembre de 2018	8	1	2	15
viernes, 9 de Noviembre de 2018	6	2	3	13
sábado, 10 de Noviembre de 2018	8	2	3	10
domingo, 11 de Noviembre de 2018	15	2	5	20
Total General	68	13	24	106
Porcentaje (%)	32.23%	6.16%	11.37%	50.24%
Total Mixto	181			
TPDS (Transito promedio diario semanal)	26			

Tabla 15.00: Calculo de Transito Promedio Diario Semanal (TPDS) de la Estación N° 01.

Fuente: Elaboración propia.

- Estación N° 02

Fecha : noviembre 2018
Sentido : Ambos
Referencia : Dv. Candual
Datos :

FECHA	SUMA DE AUTOS	B2	C2	SUMA DE MOTOS
lunes, 12 de Noviembre de 2018	22	3	6	30
martes, 13 de Noviembre de 2018	25	1	4	25
miércoles, 14 de Noviembre de 2018	23	1	4	22
jueves, 15 de Noviembre de 2018	24	2	3	23
viernes, 16 de Noviembre de 2018	25	1	4	19
sábado, 17 de Noviembre de 2018	20	1	4	21
domingo, 18 de Noviembre de 2018	25	3	6	35
Total General	164	12	11	175
Porcentaje (%)	42.93%	3.14%	8.12%	45.81%
Total Mixto	382			
TPDS (Transito promedio diario semanal)	55			

Tabla 16.00: Calculo de Transito Promedio Diario Semanal (TPDS) de la Estación N° 02.

Fuente: Elaboración propia.

- Estación N° 03

Fecha : noviembre 2018
Sentido : Ambos
Referencia : Dv. Carabamba
Datos :

FECHA	MOTOS	AUTOS	BUS	
			B2	C2
lunes, 19 de Noviembre de 2018	40	35	7	15
martes, 20 de Noviembre de 2018	30	32	2	8
miércoles, 21 de Noviembre de 2018	31	30	2	6
jueves, 22 de Noviembre de 2018	33	31	2	7
viernes, 23 de Noviembre de 2018	32	33	3	6
sábado, 24 de Noviembre de 2018	29	30	2	5
domingo, 25 de Noviembre de 2018	43	38	6	14
Total General	238	229	24	61
Porcentaje (%)	43.12%	41.49%	4.35%	11.05%
Total Mixto	552			
TPDS (Transito promedio diario semanal)	79			

Tabla 17.00: Calculo de Transito Promedio Diario Semanal (TPDS) de la Estación N° 03.

Fuente: Elaboración propia.

Por tanto, tomaremos el caso más crítico el cual será 69 vehículos mixtos/ día.

- Cálculo del TPDA

Para el cálculo de TPDA se toma en cuenta la variación que se puede tener entre el TPDA (Transito Promedio Diario Anual) y TPDS (Transito Promedio Diario Semanal), que se expresa en la variable “A” (máxima diferencia entre TPDA y TPDS)

Con la expresión:

$$TPDA = TPDS \pm A$$

Donde:

A= La máxima diferencia entre TPDA y TPDS

Y también de la expresión para calcular “A”:

$$A = K * E$$

Donde:

K=Numero de desviaciones estándar correspondiente al nivel de confiabilidad deseado

E=error estándar de la media

Utilizamos también la expresión para calcular “E”:

$$E = \sigma'$$

Donde:

σ' =Estimado de la desviación estándar poblacional

Después utilizamos también la expresión para calcular “ σ' ”:

$$\sigma' = \frac{s}{\sqrt{n}} \left(\sqrt{\frac{(N-n)}{(N-1)}} \right)$$

Donde:

S= Desviación estándar de la distribución de los volúmenes de tránsito diario o desviación estándar muestral.

n = Tamaño de la muestra en número de días del aforo

N = Tamaño de la población en número días del año.

Luego utilizamos también la expresión para calcular “S”:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TD_i - TPDS)^2}{n-1}}$$

Donde:

TD_i = Volumen de tránsito del día

i = Xi

Reemplazando sus equivalencias se tiene la siguiente expresión final:

$$TPDA = TPDS \pm A$$

$$TPDA = TPDS \pm KE$$

$$TPDA = TPDS \pm (K\sigma')$$

En la distribución normal, para niveles de confiabilidad del 90% y 95% los valores de la constante K son 1.64 y 1.96 respectivamente.

Empezamos calculando todas las variables con las expresiones antes mencionadas:

- **Desviación Estándar Muestral, S:**

Datos necesarios:

n = 7 días

Utilizamos un cuadro para calcular la sumatoria de (TD_i - TPDS)²

FECHA	TOTAL DIARIO	TPDS	(TDI-TPDS)^2
lunes, 19 de Noviembre de 2018	97	79	324
martes, 20 de Noviembre de 2018	72	79	49
miércoles, 21 de Noviembre de 2018	69	79	100
jueves, 22 de Noviembre de 2018	73	79	36
viernes, 23 de Noviembre de 2018	74	79	25
sábado, 24 de Noviembre de 2018	66	79	169
domingo, 25 de Noviembre de 2018	101	79	484
		Sumatoria	1187

Tabla 18.00: Para el cálculo de la Desviación Estándar Muestral.
Fuente: Elaboración propia.

Remplazando en la expresión antes mencionada tenemos:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TD_i - TPDS)^2}{n-1}} \rightarrow S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^7 (TD_i - 69)^2}{7-1}}$$

S = 14 Vehículos mixtos/día

- **Desviación Estándar Poblacional Estimada, σ' :**

Datos necesarios:

$$\begin{aligned} n &= 7 \\ N &= 365 \end{aligned}$$

Remplazando en la expresión antes mencionada tenemos:

$$\sigma' = \frac{s}{\sqrt{n}} \left(\sqrt{\frac{(N-n)}{(N-1)}} \right) \rightarrow \sigma' = \frac{11}{\sqrt{7}} \left(\sqrt{\frac{(365-7)}{(365-1)}} \right)$$

$\sigma' = 5$ Vehículos mixtos/día

- **Error Estándar de la Media, E:**

Por lo tanto, como:

$$E = \sigma' \rightarrow E = 5$$

E = 5 Vehículos mixtos/día

- **Máxima diferencia entre TPDA y TPDS, A:**

Datos necesarios:

$$\begin{aligned} K &= 1.96 \text{ (Asumiendo una confiabilidad del 95\%)} \\ E &= 5 \text{ Vehículos mixtos/día} \end{aligned}$$

Remplazamos en la expresión para hallar "A":

$$A = K * E \rightarrow A = 1.96 * 5$$

- **Intervalos de TPDA**

De la expresión final para el TPDA, remplazamos para verificar la variación del TPDA:

$$TPDA = TPDS \pm (K\sigma')$$

$$TPDA = 79 \pm 10$$

Se tiene dos valores aplicando el +/-, seleccionamos el TPDA más desfavorable, que sería el mayor.

$$69 \text{ Vehículos mixtos / día} \leq TPDA \leq \underline{89 \text{ Vehículos mixtos/día}}$$

Por lo tanto, asumiremos, el caso más crítico de **89 Vehículos mixtos/día**.

3.5.2.2 Tasa Anual de Crecimiento Vehicular

Es la representación del crecimiento o decrecimiento de la población vehicular en enmarcada en un lugar. A continuación, se tiene la representación numérica del parque automotor en circulación a nivel nacional.

Departamento	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Total	1 162 859	1 209 006	1 248 512	1 342 288	1 361 403	1 440 017	1 473 530	1 534 303	1 640 970	1 732 834	1 849 690	1 979 865	2 137 837	2 223 092	2 423 696
Amazonas	1 287	1 590	1 801	1 900	1 975	2 020	2 103	2 168	2 218	2 292	2 390	2 407	2 400	2 351	2 314
Áncash	17 759	18 980	19 065	19 055	19 293	19 382	19 757	20 354	21 001	21 309	22 086	23 322	25 418	26 786	29 573
Apurímac	2 490	2 946	3 167	3 608	3 730	3 816	3 879	3 916	3 934	3 973	3 969	3 966	4 039	4 048	4 139
Arequipa	68 997	72 885	76 267	78 162	78 858	79 544	81 293	84 829	91 674	98 270	106 521	118 985	134 533	143 914	164 302
Ayacucho	3 367	3 770	3 804	3 832	3 882	3 919	3 969	4 153	5 404	5 572	5 716	5 784	5 941	5 950	6 021
Cajamarca	6 541	7 368	7 905	8 365	8 882	9 501	10 256	11 255	12 383	13 563	15 107	17 320	19 673	20 849	22 664
Cusco	29 251	32 412	33 603	34 993	35 342	35 705	36 204	37 592	39 688	42 175	45 090	48 491	53 675	57 222	64 820
Huancavelica	829	911	1 028	1 036	1 043	1 061	1 080	1 103	1 216	1 291	1 319	1 317	1 323	1 298	1 315
Huánuco	10 519	10 818	10 795	11 088	10 968	10 886	10 836	10 892	11 255	11 382	11 864	12 576	13 476	13 899	14 911
Ica	21 052	21 837	22 290	22 614	22 692	22 753	22 834	23 170	25 498	25 691	26 135	26 419	26 551	26 305	26 439
Junín	41 164	42 553	43 272	43 488	43 468	43 648	44 454	46 091	47 769	49 404	51 094	53 118	56 237	57 762	61 933
La Libertad	38 856	40 119	41 312	98 217	97 590	153 777	152 847	153 251	155 411	156 646	158 672	162 026	167 325	170 255	178 433
Lambayeque	35 126	36 245	37 266	37 739	37 967	38 263	38 744	39 930	41 920	43 689	45 881	49 440	53 902	56 412	61 896
Lima 1/	776 820	802 748	829 214	851 360	866 881	885 636	912 763	957 368	1 036 850	1 106 444	1 195 353	1 287 454	1 395 576	1 453 028	1 590 755
Loreto	5 442	5 510	5 477	5 413	5 336	5 286	5 215	5 154	5 132	5 089	5 089	5 211	5 313	5 372	5 533
Madre de Dios	604	630	695	806	823	819	827	870	913	941	986	1 027	1 062	1 099	1 136
Moquegua	8 030	8 258	8 697	9 004	9 417	9 622	10 394	11 418	12 202	12 692	13 348	14 003	14 608	14 772	14 979
Pasco	3 562	3 822	4 048	4 383	4 772	5 232	5 514	6 075	6 807	7 187	7 351	7 292	7 238	7 103	6 956
Piura	29 325	29 844	30 851	31 391	31 731	31 734	31 828	32 314	33 497	34 650	36 367	39 099	42 404	44 543	49 576
Puno	22 074	23 340	24 304	25 135	25 642	25 874	26 452	28 062	29 889	31 645	34 169	37 074	40 543	42 383	45 056
San Martín	4 603	4 837	4 846	10 384	10 277	10 156	10 033	9 969	9 917	9 977	10 151	10 418	10 926	11 082	11 648
Tacna	26 563	28 557	29 688	29 959	30 549	31 119	32 011	33 944	35 911	38 457	40 465	42 318	44 430	45 247	47 180
Tumbes	2 782	2 842	2 934	2 954	2 958	3 009	3 025	3 042	3 040	3 054	3 086	3 119	3 257	3 296	3 372
Ucayali	5 816	6 184	6 183	7 402	7 327	7 255	7 212	7 383	7 441	7 441	7 481	7 679	7 987	8 116	8 745

Tabla 19.00: Parque automotor en circulación a nivel nacional, según departamento, 2006-2014.
Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones – Oficina General de Planificación y Presupuesto

- Modelo Lineal

Expresado mediante la siguiente expresión de interés:

$$Y = a + bX$$

Donde las constantes a y b se determinan mediante las ecuaciones:

$$a = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

Utilizamos un cuadro para calcular la sumatoria de las variables necesarias para calcular A y B

Año	X	X ²	Y	Y ²	X*Y
2000	0	0	38856	1509788736	0
2001	1	1	40119	1609534161	40119
2002	2	4	41312	1706681344	82624
2003	3	9	98217	9646579089	294651
2004	4	16	97590	9523808100	390360
2005	5	25	153777	23647365729	768885
2006	6	36	152847	23362205409	917082
2007	7	49	153251	23485869001	1072757
2008	8	64	155411	24152578921	1243288
2009	9	81	156646	24537969316	1409814
2010	10	100	158672	25176803584	1586720
2011	11	121	162026	26252424676	1782286
2012	12	144	167325	27997655625	2007900
2013	13	169	170255	28986765025	2213315
2014	14	196	178433	31838335489	2498062
Sumatoria	105	1015	1924737	283434364205	16307863

Tabla 20.00: Para cálculo de A y B, de la Ecuación Lineal.
Fuente: Elaboración propia.

Remplazando en las expresiones tenemos:

$$a = 57448.20$$

$$b = 10123.94$$

Entonces tenemos la ecuación: **Y = 57448.2 + 10123.94X**

- Modelo Exponencial

Expresado mediante la siguiente expresión de interés:

$$Y = ab^x$$

Aplicando Logaritmo a la expresión anterior se tiene:

$$\text{Log } Y = \text{Log}(a) + (\text{Log } b) x$$

Esta ecuación se puede escribir como:

$$Y' = a' + b'x$$

Donde:

$$\begin{aligned} Y' &= \text{Log } Y \\ a' &= \text{Log } a \\ b' &= \text{Log } b \end{aligned}$$

En el siguiente cuadro se expresa los cálculos correspondientes:

Año	X	X ²	Y	Y'(LogY)	Y'^2	X*Y'
2000	0	0	38856	4.589	21.063	0.000
2001	1	1	40119	4.603	21.191	4.603
2002	2	4	41312	4.616	21.308	9.232
2003	3	9	98217	4.992	24.922	14.977
2004	4	16	97590	4.989	24.894	19.958
2005	5	25	153777	5.187	26.904	25.934
2006	6	36	152847	5.184	26.877	31.106
2007	7	49	153251	5.185	26.888	36.298
2008	8	64	155411	5.191	26.951	41.532
2009	9	81	156646	5.195	26.987	46.754
2010	10	100	158672	5.201	27.045	52.005
2011	11	121	162026	5.210	27.140	57.305
2012	12	144	167325	5.224	27.286	62.683
2013	13	169	170255	5.231	27.364	68.004
2014	14	196	178433	5.251	27.578	73.521
Sumatoria	105	1015	1924737	75.850	384.399	543.912

Tabla 21.00: Para el cálculo de a y b, de la Ecuación Exponencial.

Fuente: Elaboración propia.

$a' = 4.733$ Como $a' = \text{Log } a = 4.733$, entonces, **a = 54017.98**
 $b' = 0.046$ Como $b' = \text{Log } b = 0.046$, entonces, **b = 1.11**

Entonces tenemos la ecuación: **$Y = 54017.98 * 1.11^X$**

Cálculo para la tasa de crecimiento tanto por el Modelo Lineal y el Modelo Exponencial, utilizando las ecuaciones respectivas halladas para cada modelo.

Ecuación del Modelo Lineal: $Y = 57448.2 + 10123.94X$

Ecuación del Modelo Exponencial: $Y = 54017.98 * 1.11^X$

MODELO LINEAL			MODELO EXPONENCIAL			
X	Y (calculada)	Crecimiento (Vehículos)	X	Y (calculada)	Crecimiento (Vehículos)	Crecimiento (%)
0	57,448.20	-	0	54,017.98	-	-
1	67,572.14	10,123.94	1	60,095.10	6,077.12	5.11%
2	77,696.09	10,123.94	2	66,855.91	6,760.81	5.11%
3	87,820.03	10,123.94	3	74,377.31	7,521.41	5.11%
4	97,943.97	10,123.94	4	82,744.89	8,367.58	5.11%
5	108,067.91	10,123.94	5	92,053.84	9,308.95	5.11%
6	118,191.86	10,123.94	6	102,410.06	10,356.22	5.11%
7	128,315.80	10,123.94	7	113,931.37	11,521.31	5.11%
8	138,439.74	10,123.94	8	126,748.85	12,817.48	5.11%
9	148,563.69	10,123.94	9	141,008.32	14,259.47	5.11%
10	158,687.63	10,123.94	10	156,872.01	15,863.69	5.11%
11	168,811.57	10,123.94	11	174,520.39	17,648.38	5.11%
12	178,935.51	10,123.94	12	194,154.24	19,633.85	5.11%
13	189,059.46	10,123.94	13	215,996.94	21,842.70	5.11%
14	199,183.40	10,123.94	14	240,296.98	24,300.04	5.11%

Tabla 22.00: Cálculo de Crecimiento anual mediante el Modelo Lineal y Modelo Exponencial.

Fuente: Elaboración propia.

Comparando datos de las ecuaciones lineal y exponencial tenemos que:

- Para el **Modelo Lineal** se tiene un Factor de Crecimiento de **10 123.94 vehículos por año.**
- Para el **Modelo Exponencial** se tiene un Factor de Crecimiento del **5.11% por año.**

Para el cálculo del tránsito equivalente a un eje simple de 18 000 lb.(8.2 Tn), Se utilizará un factor de crecimiento de 10.11% anual.

$$r = 10.11 \%$$

3.5.2.3 Factor de Crecimiento de Tránsito

Utilizamos la siguiente expresión:

$$\text{Factor de Crecimiento} = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

Donde:

r: Tasa de crecimiento anual, % = 10.023%

n: Periodo de diseño en años = 10 años

Reemplazando en la expresión tenemos:

Factor de Crecimiento: 10.023

3.5.2.4 Determinación del Factor Camión

Para el cálculo de los Ejes Equivalentes, se utilizarán las siguientes relaciones simplificadas, que resultaron de relacionar lógicamente los valores de las Tablas del apéndice D de la Guía AASHTO'93, para las diferentes configuraciones de ejes de vehículos pesados (buses y camiones) y tipo de pavimento:

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

Tabla 23.00: Relación de Cargas por Eje Equivalentes (EE) para afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos.

Fuente: Elaboración propia, en base a correlación con los valores de las Tablas del apéndice D de la Guía AASHTO.

Se entiende por factor camión al número de aplicaciones de ejes estándar de 80 kN, correspondiente al paso de un vehículo. El factor camión se puede obtener por pesaje. El peso es un método costoso para proyectos pequeños; por lo tanto, cuando se deba efectuar el diseño para un tramo de vía en la cual no se tengan datos sobre el pesaje quedan dos alternativas:

- a) asumir el F.C. conocido de una vía cuyas características sean similares.
- b) Estimar el F.C. por algún método empírico.

Se puede emplear el D.S. N°034-2001-MTC del 25 de julio del 2001, página 207449 de El Peruano. En el capítulo VIII de la mencionada norma se publican las dimensiones y pesos por eje de vehículos pesados. Los autos no se incorporan en la presente norma, porque como se vio en los ejemplos, el paso de un vehículo ejerce un daño no significativo en el pavimento.

Se calcularon solo para los tipos de camiones que se contabilizaron en la zona de estudio.

- Determinación del Factor Camión C2

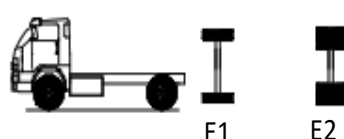
CONFIGURACION VEHICULAR	DESCRIPCION GRAFICA VEHICULAR		LONG. MAXIMA (M)	
C2			12.30	
	$EE_{S1} = [P / 6.6]^{4.0}$ $EE_{S2} = [P / 8.2]^{4.0}$			
Ejes	E1	E2	E3	E4
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	11		
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Simple		
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble		
Factor E.E.	1.27	3.24		
				Total Factor Camion de C2
				4.504

Tabla 24.00: Determinación del Factor Camión, del Camión Tipo C2.

Fuente: Elaboración propia.

- **Determinación del Factor Camión de B2**

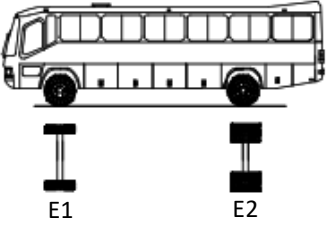
CONFIGURACION VEHICULAR	DESCRIPCION GRAFICA VEHICULAR		LONG. MAXIMA (M)	
C2			13.20	
	$EE_{S1} = [P / 6.6]^{4.0}$ $EE_{S2} = [P / 8.2]^{4.0}$			
Ejes	E1	E2	E3	E4
Carga Según Censo de Carga (Ton)	7	11		
Tipo de Eje	Eje Simple	Eje Simple		
Tipo de Rueda	Rueda Simple	Rueda Doble		
Factor E.E.	1.27	3.24		
				Total Factor Camion de B2
				4.504

Tabla 25.00: Determinación del Factor Camión, del Camión Tipo B2.
Fuente: Elaboración propia.

- **Determinar el Factor Camión Integral**

Se tiene la expresión:

$$FC = \frac{\sum(\%Vehiculo * FC vehiculo)}{\sum(\%Vehiculo)}$$

VEHICULOS	PORCENTAJE	FACTOR CAMION (FC)	3 = 1 x 2
	1	2	
B2	4.35%	4.504	0.196
B3-1	0.00%	-	-
C2	11.05%	4.504	0.498
C3	0.00%	-	-
C4	0.00%	-	-
SUMATORIA	15.40%	-	0.693
		FACTOR CAMION (FC) =	4.504

Tabla 26.00: Determinación del Factor Camión Integral.
Fuente: Elaboración propia.

3.5.3 Estudio de Mecánica de Suelos

El Estudio de Mecánica de Suelos, ayudan a cuantificar uno de los parámetros de diseño más importantes, la capacidad de soporte de la subrasante. Para la presente investigación, se han realizado siete (07) calicatas, tomadas desde la progresiva km 0+000 hasta la progresiva, km 7+000, con una profundidad de 0-1.50 m.

El estudio de suelos realizado con fines de pavimentación, consta de: Clasificación de Suelos (SUCS y AASHTO), Ensayo de Proctor Modificado, Razón soporte de California CBR, Gráficas de CBR

Se consideró dividir el tramo de estudios en 02 tramos en función a las similitudes del suelo (CBR), en consecuencia, se realizará un diseño de espesores para cada tramo, tomando un CBR crítico (el menor) para cada tramo como indica en la tabla siguiente:

Tramo	Calicata	Progresiva	CBR (del estudio de suelos)	CBR (más críticos por tramo)
Tramo N° 01 desde la progresiva Km 0+000 - 3+700	N° 01	Km 0+000	9.10%	8.50%
	N° 02	Km 1+000	9.60%	
	N° 03	Km 2+000	9.00%	
	N° 04	Km 3+000	8.50%	
Tramo N° 02 desde la progresiva Km 3+700 - 7+554	N° 05	Km 4+000	53.50%	53.50%
	N° 06	Km 6+000	57.00%	
	N° 07	Km 7+000	62.00%	

Tabla 27.00: División del tramo de estudio, en tramos con CBR similares.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se detallan los estudios realizados tanto para la Subrasante, Base y Subbase; así como las consideraciones para cada capa de la estructura del pavimento flexible.

- Subrasante

Como datos extraídos del Estudio de Mecánica de Suelos, tenemos:

- Para el Tramo N° 01 desde la progresiva Km 0+000 - 3+700, datos tomados de la calicata N° 04 con CBR más crítico del tramo:

Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Proctor Estándar		CBR (95% MDS)
		OCH	MDS	
CL	A-6 (14)	12.80%	1.816 gr/cm ³	8.50%

Tabla 28.00: Datos de la Subrasante del Tramo N° 01.

Fuente: Elaboración propia, basada en la guía del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013)

- Para el Tramo N° 02 desde la progresiva Km 3+700 - 7+554, datos tomados de la calicata N° 05 con CBR más crítico del tramo:

Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Proctor Estándar		CBR (95% MDS
		OCH	MDS	
GC	A-2-6 (0)	9.51%	2.117 gr/cm ³	53.50%

Tabla 29.00: Datos de la Subrasante del Tramo N° 02.

Fuente: Elaboración propia, basada en la guía del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013)

Se encontró Arcilla Inorgánica de baja compresibilidad, con finos de mediana plasticidad, de color beige, de regular humedad, consistencia media.

Según el MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones), es considerado material apto para la subrasante suelo con un CBR superior o igual a 6%. Al tener 8.5%, no se considerará algún mejoramiento y/o reemplazo del suelo de la subrasante.

Por tanto, este CBR será usado para el cálculo del Módulo Resiliente, el cual será utilizado en la metodología de la AASHTO y la del Instituto del Asfalto.

- Subbase Granular

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, el material de la subbase debe ajustarse a una de las franjas granulométricas indicadas en la siguiente tabla (Para zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 msnm):

Tamiz	% Pasante en Peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
2"	100	100	-	-
1"	-	75-95	100	100
3/8"	30-65	40-75	50-85	60-100
#4	25-55	30-60	35-65	50-85
#10	15-40	20-45	25-50	40-70
#40	8-20.	15-30	15-30	25-45
#200	2-8.	5-15.	5-15.	8-15.

Tabla 30.00: Granulometría necesaria del material de la Subbase.

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013)

También, dicho material debe cumplir los requisitos de calidad:

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% más	25% más
Índice de Plasticidad	MTC E 111	6% máx	4% máx
Equivalente de 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

Tabla 31.00: Requisitos de calidad para la Subbase.

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013)

Sin embargo, como tema de tesis, se tomarán valores de la cartelización de la subbase tanto para el tramo N°01 y tramo N°02. Se asumirá que en la cantera a usar se cuenta con los materiales con las siguientes características:

Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Proctor Estándar		CBR (95% MDS)
		OCH	MDS	
SC	A-2 (6)	8.10%	1.95 gr/cm3	40.00%

Tabla 32.00: Datos de la Subbase.

Fuente: Elaboración propia, basada en la guía del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013)

- Base Granular

Según el MTC, el material a ser destinado en la Base Granular, debe ajustarse a las siguientes franjas granulométricas (Para zonas cuya altitud sea igual o superior a 3000 msnm):

Tamiz	% Pasante en Peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
2"	100	100	-	-
1"	-	75-95	100	100
3/8"	30-65	40-75	50-85	60-100
#4	25-55	30-60	35-65	50-85
#10	15-40	20-45	25-50	40-70
#40	8-20.	15-30	15-30	25-45
#200	2-8.	5-15.	5-15.	8-15.

Tabla 33.00: Granulometría necesaria del material de la Base.

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013)

También, los mínimos valores que se admiten de CBR para el material de la base, dependerán del tipo de tráfico presente en la zona:

Tipo de Tráfico	ESAL	CBR (100% MDS)
Ligero y Medio	$\leq 5 \times 10^6$ ESAL	Mín 80%
Pesado	$> 5 \times 10^6$ ESAL	Mín 100%

Tabla 34.00: CBR mínimos para la Base.

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013)

Además, también tenemos requerimiento para el agregado grueso (materiales retenidos en la malla N° 4):

Ensayo	Norma MTC	Requerimiento	
		<3000 msnm	>=3000 msnm
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	80% mín	80% mín
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	40% mín	50% mín
Abrasión Los Angeles	MTC E 207	40% máx	40% máx
Partículas Chatas y Alargadas	-	15% máx	15% máx
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx	0.5% máx
Pérdida con Sulfato de Magnesio	MTC E 209	-	18% máx

Tabla 35.00: Requisitos para el agregado grueso (material retenido en la malla N°04).

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013)

Por otro lado, también tenemos requerimiento para el agregado grueso (materiales pasantes en la malla N° 4):

Ensayo	Norma MTC	Requerimiento	
		<3000 msnm	>=3000 msnm
Índice de Plasticidad	MTC E 111	4% máx	2% máx
Equivalente de Arena	MTC E 114	35% mín	45% mín
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx	0.5% máx
Pérdida con Sulfato de Magnesio	MTC E 209	-	15%

Tabla 36.00: Requisitos para el agregado grueso (materiales pasantes en la malla N°04).

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013)

Sin embargo, como tema de tesis, al tener un tráfico ligero, se tomarán valores de la cartelización de la base, se asumirá que en la cantera a usar se cuenta con los materiales con las siguientes características

Tipo de Material	Proctor Estándar		CBR (95% MDS)
	OCH	MDS	
Piedra chancada tipo B	6.30%	2.16 gr/cm ³	80.00%

Tabla 37.00: Datos de la Base.

Fuente: Elaboración propia, basada en la guía del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013)

A continuación, se muestran los resultados y procedimiento detallado del estudio realizado a la Subrasante:

Calicata N° 04



MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO - ASFALTO
MATERIALES

INFORME DE ENSAYO

TESIS : "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCÁN AL CASERÍO DE CHUAN PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCÁN, PROVINCIA DE JULCÁN, LA LIBERTAD"

SOLICITANTE : NARCIZO BURGOS, WILLY JESÚS

: BRICEÑO TORRES, LUIS ALBERTO

FECHA ENTREGA : DICIEMBRE DEL 2018.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

CALICATA : C-4

MUESTRA : M-1

PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m.

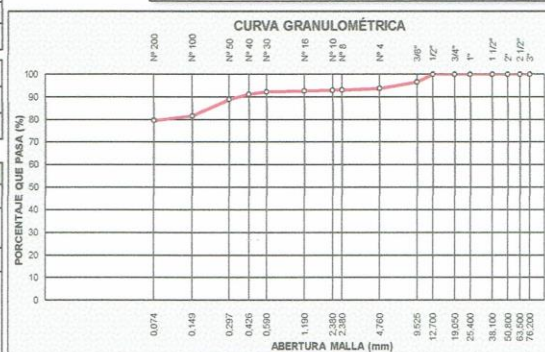
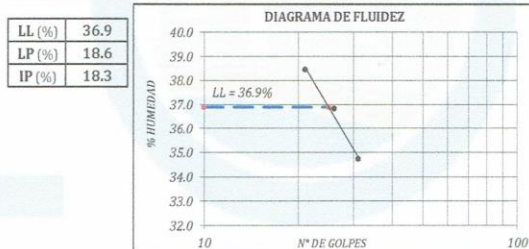
PROGRESIVA : KM 3+000

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 339.128 / ASTM D-422)				
TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (g.)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76.20	0.0	-	100
2 1/2"	63.50	0.0	-	100
2"	50.80	0.0	-	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	-	100.0
1"	25.40	0.0	-	100.0
3/4"	19.05	0.0	-	100.0
1/2"	12.70	0.0	-	100.0
3/8"	9.53	22.0	3.3	96.7
N° 4	4.76	18.8	2.9	93.8
N° 8	2.38	4.60	0.7	93.1
N° 10	2.00	0.70	0.1	93.0
N° 16	1.19	1.50	0.2	92.8
N° 30	0.59	2.80	0.4	92.3
N° 40	0.43	6.90	1.0	91.3
N° 50	0.30	15.50	2.4	88.9
N° 100	0.15	47.30	7.2	81.8
N° 200	0.074	13.70	2.1	79.7
FONDO	-	524.50	79.7	-

Peso Inicial Seco (g)	658.3	% Grava =	6.2
Peso Lavado Seco (g)	133.8	% Arena =	14.1
Pérdida por Lavado (g)	524.5	% Finos =	79.7

CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
SUCS (ASTM D 2487)	CL
AASHTO (ASTM D 3282)	A-6(14)
Descripción de la Muestra:	
Arcilla inorgánica de baja compresibilidad, con finos de mediana plasticidad, de color beige, de regular humedad, consistencia media.	

ENSAYO LIMITES DE CONSISTENCIA- ASTM D4318				
DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO
PESO LATA + S. HÚMEDO (g.)	28.6	29.8	29.0	22.8
PESO LATA + S. SECO (g.)	25.1	26.3	25.7	21.5
PESO DE LA LATA (g.)	16.0	16.8	16.2	14.6
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	38.5	36.8	34.7	18.8
NÚMERO DE GOLPES	21	26	31	



KINSA
GEOLABS SAC

ING. JAVIER J. DE LA CRUZ VASQUEZ
REG. CIP: 145659

INFORME DE ENSAYO

TESIS : "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCÁN AL CASERÍO DE CHUAN PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCÁN, PROVINCIA DE JULCÁN, LA LIBERTAD"

SOLICITANTE : NARCIZO BURGOS, WILLY JESÚS
 BRICEÑO TORRES, LUIS ALBERTO

FECHA DE ENTREGA : DICIEMBRE DEL 2018.

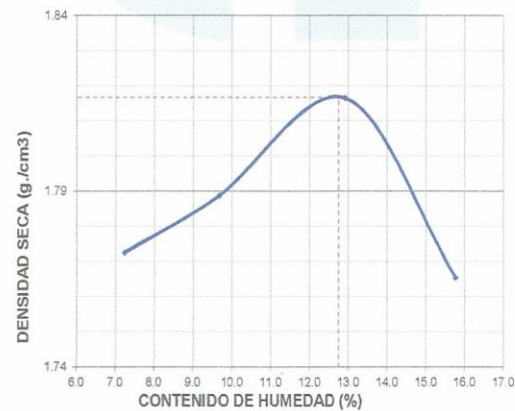
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-1557

CALICATA : C-4 **PROFUNDIDAD** : 0.00-1.50 m
MUESTRA : M-1 **PROGRESIVA** : KM 3+000

Nº DE ENSAYO	1	2	3	4
Peso molde+Suelo Húmedo (g.)	6084.0	6142.0	6227.0	6220.0
Peso del Molde (g.)	4278.4	4278.4	4278.4	4278.4
Peso Suelo Húmedo (g.)	1805.6	1863.6	1948.6	1941.6
Volúmen del molde (cm ³)	950.0	950.0	950.0	950.0
Densidad Suelo húmedo (g./cm ³)	1.901	1.962	2.051	2.044

Número de Tarro	1	2	3	4
Peso Tarro + Suelo húmedo (g.)	404.9	360.1	475.6	450.3
Peso Tarro + Suelo Seco (g.)	385.3	338.1	434.3	404.7
Peso Tarro (g.)	114.2	110.5	114.6	115.6
Peso del agua (g.)	19.6	22.0	41.3	45.6
Peso de suelo seco (g.)	271.1	227.6	319.7	289.1
Contenido de Humedad (%)	7.23	9.67	12.92	15.77
Densidad Seca (g./cm ³)	1.772	1.789	1.816	1.765



MÉTODO:	A
NÚMERO DE CAPAS:	5
NÚMERO DE GOLPES:	25
DSM (g./cm ³)	1.816
OCH (%)	12.8

DATOS DEL MOLDE	
Nº:	1
PESO(g.):	4278.4
VOLUMEN(cm ³):	950.0

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.

INFORME DE ENSAYO

TESIS : "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCÁN AL CASERÍO DE CHUAN PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCÁN, PROVINCIA DE JULCÁN, LA LIBERTAD"

SOLICITANTE : NARCIZO BURGOS, WILLY JESÚS
 BRICEÑO TORRES, LUIS ALBERTO

FECHA DE ENTREGA : DICIEMBRE DEL 2018.

RAZON SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D-1883

CALICATA : C-4
MUESTRA : M-1
PROGRESIVA: KM 3+000

PROFUNDIDAD: 0.00- 1.50 m
Sobrecarga Aplicada : 4530

COMPACTACIÓN	MOLDE -1		MOLDE -2		MOLDE -3	
CONDICIÓN	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO
Número de Capas/Nº Golpes	5/56		5/25		5/12	
Muestra húmeda + Molde (g.)	12897.00	13197.00	12781.00	13025.00	12709.00	12997.00
Peso del Molde (g.)	8547.80	8547.80	8541.00	8541.00	8624.00	8624.00
Peso de la Muestra húmeda (g.)	4349.20	4649	4240.00	4484	4085.00	4373
Volúmen de la Muestra (cm³)	2109.20	2119.2	2120.00	2120	2121.00	2121
Densidad húmeda (g./cm³)	2.062	2.194	2.000	2.115	1.926	2.062

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)						
Tara N°	1	2	3	4	5	6
Muestra húmeda + Tara (g.)	470.90	531.70	507.40	492.60	449.20	520.00
Muestra seca + Tara (g.)	430.10	473.20	462.80	438.90	410.80	463.10
Peso del Agua (g.)	40.80	58.50	44.60	53.70	38.40	56.90
Peso de la Tara (g.)	113.40	113.30	116.80	116.10	112.40	124.00
Muestra Seca (g.)	316.70	359.90	346.00	322.80	298.40	339.10
Contenido de Humedad (%)	12.88	16.25	12.89	16.64	12.87	16.78
DENSIDAD SECA (g./cm³)	1.827	1.887	1.772	1.813	1.706	1.766

EXPANSIÓN	Molde N°		1		2		3	
	-	Tiempo	Lectura	Hincham.	Lectura	Hincham.	Lectura	Hincham.
	-	(horas)	dial	(mm)	dial	(mm)	dial	(mm)
	13-nov	0	0	0	0	0	0	0
	14-nov	24	16	0.406	14	0.356	12	0.305
15-nov	48	22	0.559	19	0.483	18	0.457	
16-nov	72	36	0.914	31	0.787	28	0.711	
17-nov	96	40	1.016	37	0.940	34	0.864	

ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN	PENETRACIÓN (mm)	(pulg)	Molde N° 01		Molde N° 02		Molde N° 03	
			Carga (Kg)	kg/cm²	Carga (Kg)	kg/cm²	Carga (Kg)	kg/cm²
	0.64	0.025	49.0	2.5	32.5	1.68	20.4	1.05
	1.27	0.050	98.9	5.1	63.5	3.28	42.8	2.21
	1.91	0.075	186.3	9.6	141.6	7.32	86.3	4.46
	2.54	0.100	231.3	12.0	150.3	7.77	110.4	5.71
	3.81	0.150	249.6	12.9	169.0	8.74	122.3	6.32
	5.08	0.200	266.0	13.7	180.4	9.33	134.1	6.93
	6.35	0.250	285.3	14.7	203.4	10.51	149.6	7.73
	7.62	0.300	302.2	15.6	220.1	11.38	160.5	8.30
12.7	0.500	335.7	17.4	235.8	12.19	189.5	9.80	

2 de 3

**KINSA
 GEOLABS SAC**
 ING. JAVIER I. DE LA CRUZ VASQUEZ
 REG. CIP: 146659

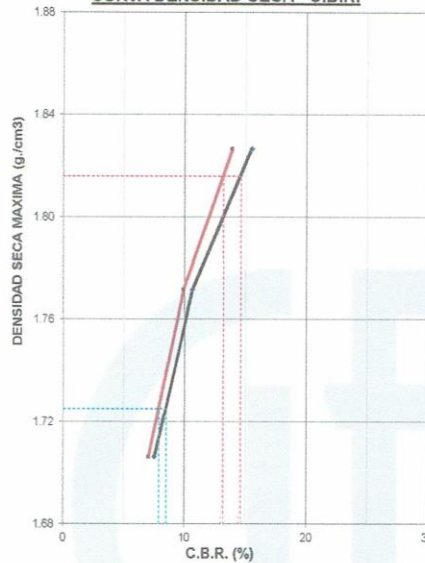
GRÁFICAS - C.B.R.

CALICATA: C-4

MUESTRA: M-1

PROFUNDIDAD: 0.00- 1.50 m

CURVA DENSIDAD SECA - C.B.R.



ÁREA DEL PISTÓN: 19.35 cm²

CARGAS PATRÓN	(2.54 mm) (0.1")	70	kg/cm²
	(5.08 mm) (0.2")	105	kg/cm²

Nº GOLPES		56	25	12
C.B.R. (%)	2.54mm (0.1")	15.49	10.66	7.53
	5.08mm (0.2")	13.90	9.90	7.05

RESUMEN PROCTOR MODIFICADO:

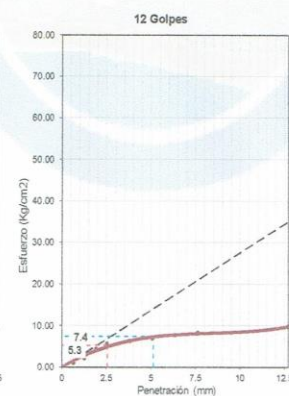
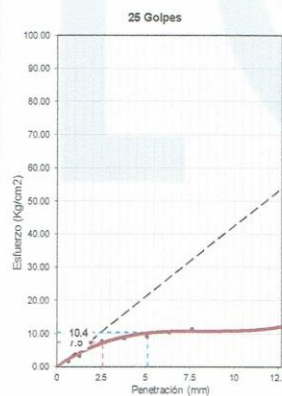
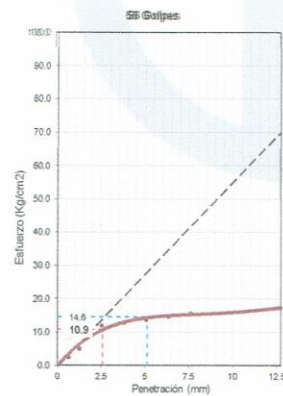
DENSIDAD SECA MÁXIMA : 1.816 (g/cm³)

HUMEDAD ÓPTIMA : 12.8 (%)

95 % DSM : 1.725 (g/cm³)

RESULTADOS DEL ENSAYO C.B.R.:

PENETRACIÓN	0.1"	0.2"	
VALOR CBR AL 100% DSM:	14.6	13.2	(%)
VALOR CBR AL 95% DSM:	8.5	7.9	(%)



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.

3 de 3

KINSA
 GEOLABS SAC
 ING. JAVIER J. DE LA CRUZ VASQUEZ
 REG. CIP: 145659

Calicata N° 05:



MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO - ASFALTO
MATERIALES

INFORME DE ENSAYO

TESIS : "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCÁN AL CASERÍO DE CHUAN PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCÁN, PROVINCIA DE JULCÁN, LA LIBERTAD"

SOLICITANTE : NARCIZO BURGOS, WILLY JESÚS
: BRICEÑO TORRES, LUIS ALBERTO

FECHA ENTREGA : DICIEMBRE DEL 2018.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

CALICATA : C-5 **PROFUNDIDAD** : 0.00 m - 1.50 m.
MUESTRA : M-1 **PROGRESIVA** : KM 4+000

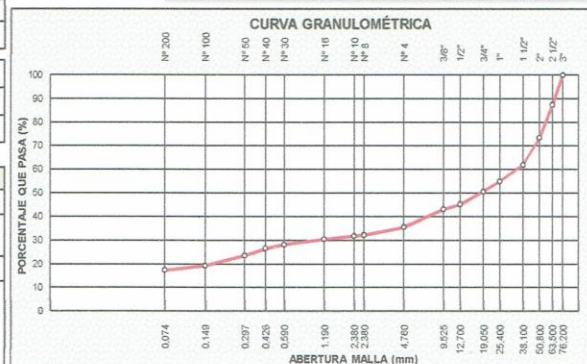
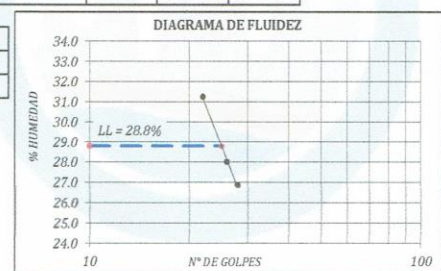
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 339.128 / ASTM D-422)				
TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (g.)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76.20	0.0	-	100
2 1/2"	63.50	281.0	13	87
2"	50.80	314.5	14.0	73.4
1 1/2"	38.10	259.1	11.6	61.9
1"	25.40	155.7	6.9	54.9
3/4"	19.05	96.3	4.3	50.7
1/2"	12.70	122.3	5.5	45.2
3/8"	9.53	46.5	2.1	43.1
Nº 4	4.76	170.2	7.6	35.5
Nº 8	2.38	74.60	3.3	32.2
Nº 10	2.00	8.50	0.4	31.8
Nº 16	1.19	31.40	1.4	30.4
Nº 30	0.59	48.50	2.2	28.3
Nº 40	0.43	38.40	1.7	26.6
Nº 50	0.30	65.30	2.9	23.6
Nº 100	0.15	96.10	4.3	19.4
Nº 200	0.074	42.60	1.9	17.5
FONDO	-	391.50	17.5	-

Peso Inicial Seco (g)	2242.5	% Grava =	64.5
Peso Lavado Seco (g)	1851.0	% Arena =	18.1
Pérdida por Lavado (g)	391.5	% Finos =	17.5

CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
SUCS (ASTM D 2487)	GC
AASHTO (ASTM D 3282)	A-2-6(0)
Descripción de la Muestra:	
Grava Arcillosa, con finos de mediana plasticidad, de color marrón claro, de regular humedad, consistencia media con presencia de material semi rocoso en el fondo de la exploración.	

ENSAYO LIMITES DE CONSISTENCIA- ASTM D4318					
DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
PESO LATA + S. HÚMEDO (g.)	25.6	26.9	25.9	21.1	21.5
PESO LATA + S. SECO (g.)	23.1	24.1	23.4	20.1	20.4
PESO DE LA LATA (g.)	15.1	14.1	14.1	13.8	13.7
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	31.3	28.0	26.9	15.9	16.4
NÚMERO DE GOLPES	22	26	28		

LL (%)	28.8
LP (%)	16.1
IP (%)	12.7



KINSA
GEOLABS SAC
ING. JAVIER L. DE LA CRUZ VASQUEZ
REG. CIP: 145859

INFORME DE ENSAYO

TESIS : "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCÁN AL CASERÍO DE CHUAN PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCÁN, PROVINCIA DE JULCÁN, LA LIBERTAD"

SOLICITANTE : NARCIZO BURGOS, WILLY JESÚS
 BRICEÑO TORRES, LUIS ALBERTO

FECHA DE ENTREGA : DICIEMBRE DEL 2018.

RAZON SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D-1883

CALICATA : C-5 **PROFUNDIDAD:** 0.0 - 1.5 m
MUESTRA : M-1 **Sobrecarga Aplicada:** 4530
PROGRESIVA: KM 4+000

COMPACTACIÓN	MOLDE -1		MOLDE -2		MOLDE -3	
CONDICIÓN	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO
Número de Capas/Nº Golpes	5/56		5/25		5/12	
Muestra húmeda + Molde (g.)	13480.0	13687.0	13355.0	13550.0	13211.0	13442.0
Peso del Molde (g.)	8547.80	8547.80	8541.00	8541.00	8624.00	8624.00
Peso de la Muestra húmeda (g.)	4932.20	5139	4814.00	5009	4587.00	4818
Volumen de la Muestra (cm ³)	2109.20	2119.2	2120.00	2120	2121.00	2121
Densidad húmeda (g./cm ³)	2.338	2.425	2.271	2.363	2.163	2.272

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)						
Tara N°	1	2	3	4	5	6
Muestra húmeda + Tara (g.)	512.40	521.70	484.60	554.30	499.40	450.20
Muestra seca + Tara (g.)	477.80	477.60	452.80	505.20	466.20	412.40
Peso del Agua (g.)	34.60	44.10	31.80	49.10	33.20	37.80
Peso de la Tara (g.)	115.30	116.40	120.20	115.50	117.50	121.10
Muestra Seca (g.)	362.50	361.20	332.60	389.70	348.70	291.30
Contenido de Humedad (%)	9.54	12.21	9.56	12.60	9.52	12.98
DENSIDAD SECA (g./cm ³)	2.135	2.161	2.073	2.098	1.975	2.011

EXPANSIÓN	Molde N°		1		2		3	
	-	Tiempo	Lectura	Hincham.	Lectura	Hincham.	Lectura	Hincham.
	-	(horas)	dial	(mm)	dial	(mm)	dial	(mm)
	-	-	-	-	-	-	-	-
	05-nov	0	0	0	0	0	0	0
	06-nov	24	5	0.127	3	0.076	3	0.076
	07-nov	48	6	0.152	6	0.152	5	0.127
	08-nov	72	8	0.203	7	0.178	6	0.152
	09-nov	96	9	0.229	7	0.178	6	0.152

ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN	PENETRACIÓN		Molde N° 01		Molde N° 02		Molde N° 03	
	(mm)	(pulg)	Carga (Kg)	kg/cm ²	Carga (Kg)	kg/cm ²	Carga (Kg)	kg/cm ²
	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-
	0.64	0.025	140.3	7.3	113.1	5.85	95.3	4.93
	1.27	0.050	515.2	26.6	363.2	18.77	292.5	15.12
	1.91	0.075	907.6	46.9	601.5	31.09	425.7	22.01
	2.54	0.100	1218.3	63.0	937.3	48.45	728.9	37.68
	3.81	0.150	1411.2	72.9	1312.0	67.82	948.6	49.03
	5.08	0.200	1732.5	89.6	1539.6	79.58	1121.4	57.97
	6.35	0.250	1881.5	97.3	1604.5	82.94	1271.7	65.74
	7.62	0.300	1911.8	98.8	1887.4	97.56	1490.9	77.07
	12.7	0.500	2125.1	109.8	1911.7	98.82	1669.4	86.29

2 de 3

**KINSA
 GEOLABS SAC**

ING. JAVIER J. DE LA CRUZ VASQUEZ
 REG/ CIP: 145559

INFORME DE ENSAYO

TESIS : "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCÁN AL CASERÍO DE CHUAN PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCÁN, PROVINCIA DE JULCÁN, LA LIBERTAD"

SOLICITANTE : NARCIZO BURGOS, WILLY JESÚS
 BRICEÑO TORRES, LUIS ALBERTO

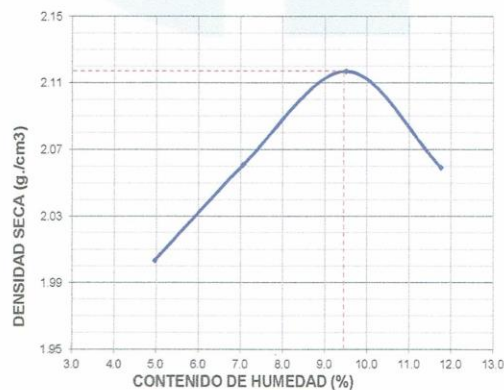
FECHA DE ENTREGA : DICIEMBRE DEL 2018.

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-1557

CALICATA : C-5
MUESTRA : M-1
PROFUNDIDAD : 0.0 - 1.5 m
PROGRESIVA : KM 4+000

Nº DE ENSAYO	1	2	3	4
Peso molde+Suelo Húmedo (g.)	11031.0	11,251.00	11,489.00	11,453.00
Peso del Molde (g.)	6562.5	6562.50	6562.50	6562.50
Peso Suelo Húmedo (g.)	4468.5	4688.5	4926.5	4890.5
Volúmen del molde (cm3)	2125.0	2125.0	2125.0	2125.0
Densidad Suelo húmedo (g./cm3)	2.103	2.206	2.318	2.301
Número de Tarro	1	2	3	4
Peso Tarro +Suelo húmedo (g.)	568.5	546.9	490.10	474.70
Peso Tarro + Suelo Seco (g.)	547.7	519.2	458.40	437.60
Peso Tarro (g.)	128.5	126.8	125.00	122.00
Peso del agua (g.)	20.8	27.7	31.7	37.1
Peso de suelo seco (g.)	419.2	392.4	333.4	315.6
Contenido de Humedad (%)	4.96	7.06	9.51	11.76
Densidad Seca (g./cm3)	2.003	2.061	2.117	2.059



MÉTODO:	C
NÚMERO DE CAPAS:	5
NÚMERO DE GOLPES:	56
DSM (g./cm³)	2.117
OCH (%)	9.51

DATOS DEL MOLDE	
Nº:	II
PESO(g.):	6562.5
VOLÚMEN(cm3):	2125.0

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.

1 de 3

KINSA
GEOLABS SAC
 ING. JAVIER J. DE LA CRUZ VASQUEZ
 REG. CIP: 145659

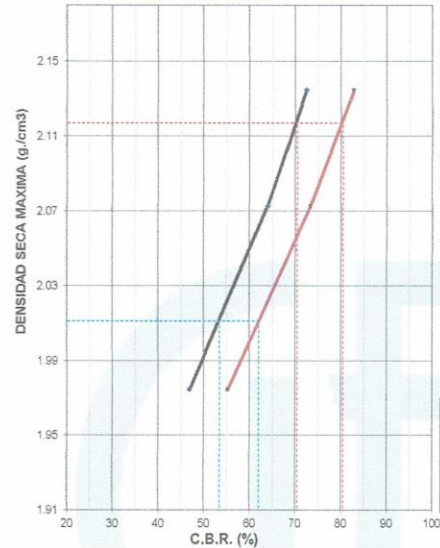
GRÁFICAS - C.B.R.

CALICATA: C-5

MUESTRA: M-1

PROFUNDIDAD: 0.0 - 1.5 m

CURVA DENSIDAD SECA - C.B.R.



ÁREA DEL PISTÓN:	19.35	cm²
CARGAS PATRÓN	(2.54 mm) (0.1")	70 kg/cm²
	(5.08 mm) (0.2")	105 kg/cm²

Nº GOLPES	56	25	12
C.B.R. (%)	72.48	63.96	46.90
	82.83	73.31	55.22

RESUMEN PROCTOR MODIFICADO:

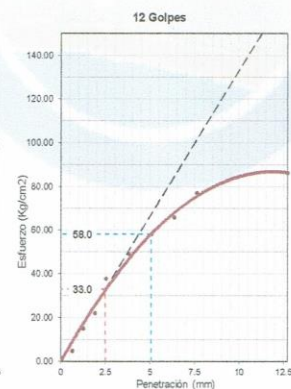
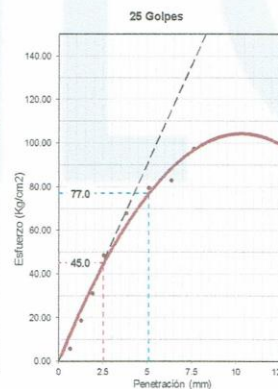
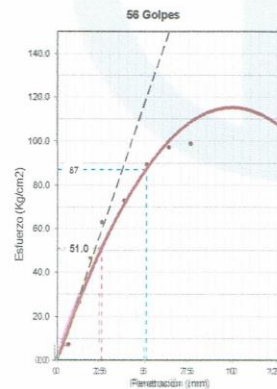
DENSIDAD SECA MÁXIMA : 2.117 (g./cm³)

HUMEDAD ÓPTIMA : 9.51 (%)

95 % DSM : 2.011 (g./cm³)

RESULTADOS DEL ENSAYO C.B.R.:

PENETRACIÓN	0.1"	0.2"
VALOR CBR AL 100% DSM:	70.5	80.5 (%)
VALOR CBR AL 95% DSM:	53.5	62.0 (%)



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.

3.5.3.1 Módulo de Resiliencia de la Subrasante

“La propiedad definitiva de material usada para caracterizar al suelo de fundación en el diseño de pavimentos flexibles, es el Modulo Resiliente (Mr)”, (AASHTO T 724).

La Guía de la AASHTO 93 propone relaciones para el cálculo del Módulo Resiliente, las cuales se encuentran en función de CBR:

Formula	Rango de CBR
$MR = 17.3 \text{ CBR}^{0.64}$	CBR entre 1-12 (%)
$MR = 22.1 \text{ CBR}^{0.55}$	CBR entre 12-80 (%)

Tabla 38.00: Formulas para determinar Mr en función al CBR.

Fuente: Elaboración propia, basada en la guía de la AASHTO - 93

- **Para el Tramo N° 01** desde la progresiva Km 0+000 - 3+700, datos tomados de la calicata N° 04 con CBR de 8.5%, siendo este el más crítico del tramo como indica en la tabla xxx.

Entonces, se utilizará la expresión:

$MR = 17.3 \text{ CBR}^{0.64}$	CBR entre 1-12 (%)
--------------------------------	--------------------

Por tanto:

$$\begin{array}{lll} MR = & 68.06 & \text{Mpa} \\ MR = & 9,870.86 & \text{PSI} \end{array}$$

- **Para el Tramo N° 02** desde la progresiva Km 3+700 -7+554, datos tomados de la calicata N° 05 con CBR de 53.5%, siendo este el más crítico del tramo como indica en la tabla xxx.

Entonces, se utilizará la expresión:

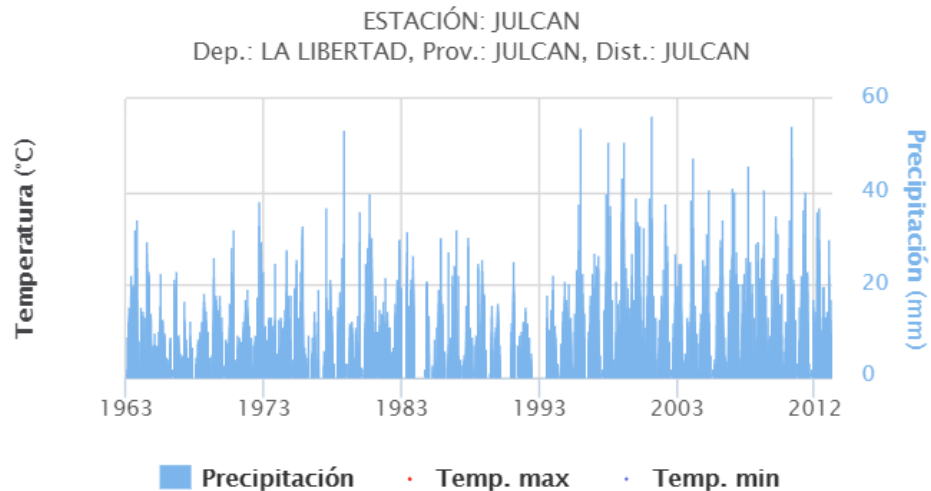
$MR = 22.1 \text{ CBR}^{0.55}$	CBR entre 12-80 (%)
--------------------------------	---------------------

Por tanto:

$$\begin{array}{lll} MR = & 197.24 & \text{Mpa} \\ MR = & 28,606.70 & \text{PSI} \end{array}$$

3.5.4 Estudio Pluviométrico y Meteorológico

De acuerdo a los datos recolectados como resultado de los estudios realizados por el SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). “En Julcan, los veranos son cortos, frescos, áridos y nublados y los inviernos son cortos, fríos, secos y parcialmente nublados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 4 °C a 18 °C y rara vez baja a menos de 1 °C o sube a más de 20 °C.” (Weather Spark).



Las precipitaciones tienen mayor fuerza desde el mes de diciembre al mes de marzo, dando un total de 120 días de lluvia. Aproximadamente el agua acumulada como producto de las precipitaciones, tarda en evacuar un día.

3.5.5 Diseño de Pavimentos Flexibles

Para el diseño de pavimentos flexibles existen diferentes Métodos de Diseño para calcular la estructura del pavimento (los espesores de las capas). Los diseños se diferencian en las variables que consideran importantes para tener un cálculo más apropiado de acuerdo a las realidades de la zona y a la proyección del estudio, donde se basan en ensayos más profundos y precisos para tomar la data necesaria para los estudios de las variables de diseño. En el desarrollo de esta tesis se emplearán dos metodologías de diseño reconocidas a nivel internacional: Metodología AASHTO 93 Y Metodología del Instituto del Asfalto (IA) tanto para el Tramo N° 01 desde la progresiva Km 0+000 - 3+700 y el Tramo N° 02 desde la progresiva Km 3+700 -7+554.

3.5.5.1 Método AASHTO 93

AASHTO se basa en un gran número de resultados de ensayos aplicados en carreteras AASHO (AASHO Road Test) en los 50's y 60's donde se publicó la primera guía de diseño en 1961 y revisada en 1972 y 1981. En 1984 – 1985 se expandió la guía que fue publicada en 1986 y revisada en 1993.

La guía de la AASHTO de 1993 es realizada con la suposición de un número estructural del pavimento y se efectúa tanteos analíticamente hasta equilibrar la expresión de diseño del pavimento o a través de monogramas.

La ecuación básica de diseño propuesto por la AASHTO 93 es la siguiente:

$$\log W_{18} = Z_R(S_o) + 9.36 \log(SN_1 + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{2.70}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN_1 + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log Mr - 8.07$$

Donde:

W18 = Tráfico

Zr = Desviación estándar normal.

So = Error estándar combinado de la predicción del tráfico.

ΔPSI = Diferencia de serviciabilidad.

Mr = Módulo resiliente.

SN = Número estructural indicativo del espesor total del pavimento.

SN = a1D1+a2D2m2+a3D3m3

a = Coeficiente de capa.

D = Espesor de capa (in)

m = Coeficiente de drenaje de la capa

Para el desarrollo del método se debe hallar las variables antes mencionadas para proceder con el cálculo de espesores.

✓ Diseño del Tramo N° 01 desde la progresiva Km 0+000 - 3+700.

A) Variables de diseño

A.1) Tránsito de diseño; Se halla el número de ejes equivalentes (ESAL o la variable "N"), para ejes simples equivalentes a 8.2 Tn.

$$N = TPD \times \frac{k_1}{100} \times \frac{k_2}{100} \times 365 \times \frac{(1+r)^n - 1}{\ln(1+r)} \times F.C.$$

Donde:

N= Número de ejes equivalentes de 8.2 ton.

TPD= Transito promedio diario inicial.

A= % estimado de vehículos pesados (buses y camiones).

B= % de vehículos pesados que emplean el carril de diseño.

r= Tasa anual de crecimiento de tránsito.

n= Periodo de diseño.

F.C.=Factor camión.

Donde a continuación se hallan las variables antes mencionadas:

Datos antes ya calculados:

- **Transito Promedio Anual (TPD):** Se calculó el TPD, realizando un conteo de 7 días consecutivos. Se tiene:

$$\text{TPD} = 89 \text{ veh/dia}$$

- **Factor de Crecimiento (r):** Se realizó en base al número de vehículos en circulación del parque automotor del periodo del 2000-2014, por el modelo lineal y exponencial.

$$r = 5.11\%$$

- **Factor Camión (FC):** Se calculó en base a los tipos de camiones que pasan por las estaciones de conteo de vehículos, las cuales fueron, camión tipo C2 y B2.

$$\text{F.C.} = 4.504$$

Determinación de k1 y k2:

- **k1 (vehículos pesados):** Se toma el porcentaje para cada tipo de vehículo pesado en referencia de la suma de vehículos ligeros y livianos.

VEHICULOS PESADOS	PORCENTAJE
B2	4.35%
B3-1	0.00%
C2	11.05%
C3	0.00%
C4	0.00%
% de Vehículos Pesados	15.40%

Tabla 39.00: Determinación de k1 (Vehículos pesados) , Tramo N°01.

Fuente: Elaboración propia, basada en la guía de la AASHTO - 93

$$k1 = 15.40\%$$

- **k2 (vehículos pesados que emplean al carril de diseño):** Empleando la siguiente tabla, teniendo en consideración la vía a diseñar es de 1 carril.

PORCENTAJE DEL TRAFICO TOTAL DE CAMIONES EN EL CARRIL DE DISEÑO	
TIPO DE VIAS	PORCENTAJE DE CAMIONES EN EL CARRIL DE DISEÑO
1 carril	100%
2 carriles (1 en cada direccón)	50%
4 carriles (2 en cada direccón)	40%-50%
6 carriles (3 en cada direccón)	30%-40%
8 carriles (4 en cada direccón)	25%-37.5%
2 o 3 carriles en una direccón	80%-90%

Tabla 40.00: Determinación de k_2 , en función tipo de vía (carril de diseño), Tramo N°01.

Fuente: Elaboración propia, basada en la guía de la AASHTO - 93

$$k_2 = 100\%$$

Reemplazando en la Formula para hallar el ESAL o la variable “N” los datos obtenidos se obtiene:

$$N = 292,033.80$$

$$N = 0.29203380 \times 10^6$$

A.2) Coeficientes de capa; Se hallan para cada capa a_1 (carpeta asfáltica), a_2 (base) y a_3 (subbase).

- **Para el cálculo de a_1 :** Se considera según la recomendación de la AASHTO que para un pavimento asfáltico trabajado con mezcla en caliente, pero con baja calidad de producción y supervisión, el coeficiente **a_1 será de 0.40**.

Nos ayudaremos de Tabla recomendada por Alexander Rondon y Alberto Reyes, entramos a la gráfica con un a_1 de 0.40 para obtener el M_r de la carpeta asfáltica.

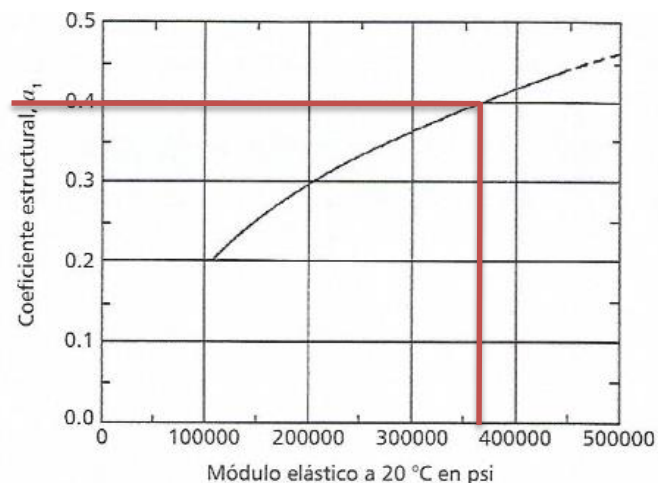


Figura 10.00: Coeficiente de capa estructural a_1 para mezcla de concreto asfáltico, Tramo N°01. (Fuente: Elaboración propia, basada en la guía de la AASHTO – 93)

Se proyecta en la curva teniendo que M_r es:

MR (Carpeta Asfáltica) = 360000 Psi

- **Para el cálculo de a_2 :** Se recomienda un Valor de CBR mínimo de 80%, para bajos y medios volúmenes de tránsito, por tanto, ubicamos en el gráfico para hallar un a_2 y M_r de la base, que se hallaran proyectando en la gráfica.

Entramos en el gráfico con un CBR recomendado del 80%:

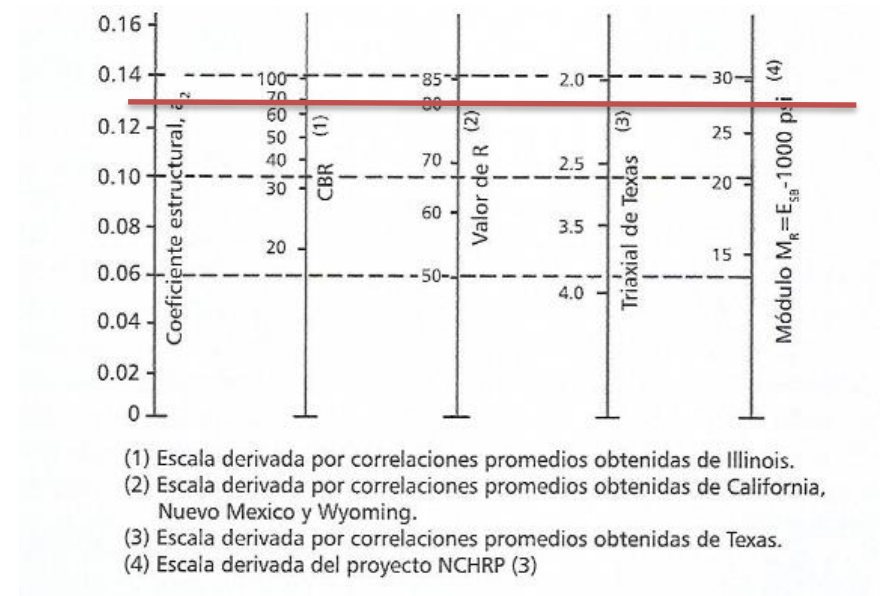


Figura 11.00: Coeficiente estructural a_2 para base granular no tratada, Tramo N°01. (Fuente: Elaboración propia, basada en la guía de la AASHTO – 93)

Proyectando en la gráfica se obtiene un a_2 y M_r de la base de:

$a_2 = 0.13$

Mr (base) = 28,000.00 PSI

- **Para el cálculo de a_3 :** Considerando un CBR de 40% para la subbase, para hallar en la un a_3 y M_r de la subbase, que se hallaran proyectando en la gráfica.

Entramos en el gráfico con un CBR recomendado del 40%:

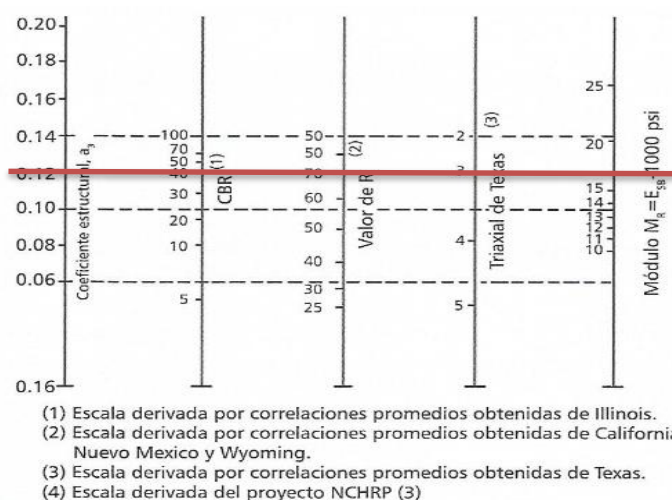


Figura 12.00: Coeficiente estructural a_3 para subbase granular no tratada, Tramo N°01. (Fuente: Elaboración propia, basada en la guía de la AASHTO – 93)

Proyectando en la gráfica se obtiene un a_3 y M_r de la subbase de:

$$a_3 = 0.12$$

$$M_r (\text{subbase}) = 16,300.00 \text{ PSI}$$

- **Resumen de a_i :**

CAPA	CBR	COEFICIENTE ESTRUCTURAL (a_i)
Carpeta asfáltica (a_1)	-	0.400
Base (a_2)	80%	0.13
Subbase (a_3)	40%	0.12

Tabla 41.00: Coeficientes estructurales de las capas del pavimento flexible, Tramo N°01.

Fuente: Elaboración propia.

- **Resumen de M_r :**

CAPA	CBR	Modulo de Resiliente (M_r)
Carpeta Asfáltica	-	360,000.00
Subrasante (SN3)*	9%	10,311.30
Subbase (SN2)	40%	16,300.00
Base (SN1)	80%	28,000.00

(*) Hallado en el Ítem 3.5.3.1

Tabla 42.00: Módulos de Resiliencia de las capas del Pavimento flexible y de la subrasante, Tramo N°01.

Fuente: Elaboración propia.

A.3) Índice de serviciabilidad ($\Delta PSI = P_0 - P_f$):

- **Serviciabilidad Final (P_f):** Según la tabla 43.00 recomienda la Serviciabilidad Final, P_f en función al tipo de vía de carretera, se selecciona la serviciabilidad final tomando en cuenta que tenemos un tipo de vía de CARRETERAS, se tiene:

TIPO DE VIA	SERVICIABILIDAD FINAL, P_f
Autopista	2.5 - 3.0
Carreteras	2.0 - 2.5
ZONAS INDUSTRIALES	
Pavimento urbano principal	1.5 - 2.0
Pavimento urbano secundario	1.5 - 2.0

Tabla 43.00: Serviciabilidad Final, P_f , Tramo N°01.
Fuente: AASHTO-93.

Serviciabilidad Final = 2.5

Se selecciona el número mayor entre el rango de 2.0-2.5, para que sea menor ΔPSI , y la vida útil del pavimento no se deteriore.

- **Serviciabilidad Inicial (P_0):** Se recomienda entre un rango de 4.0 - 4.2, donde se considera un estado bueno de la vía.

Serviciabilidad Inicial = 4.0

- **Índice de Serviciabilidad ($\Delta PSI = P_0 - P_f$):** Se calcula de los resultados de Serviciabilidad Inicial – Final.

$\Delta PSI = P_0 - P_f = 1.5$

A.4) Condiciones ambientales y drenaje:

- Según la Tabla 44.00. determinamos la calidad de drenaje en función del tiempo que tarda el agua en ser evacuada.

CALIDAD DE DRENAJE	TIEMPO QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Muy Malo	El agua no evacua

Tabla 44.00: Calidad de Drenaje, , Tramo N°01.
Fuente: AASHTO – 1993

En la zona de estudio se tarda aproximadamente en evacuar el agua **1 día**, por lo cual se tiene una calidad de drenaje: **BUENO**

Según el **tiempo de lluvia anual** que hay en la zona. Se tiene un total de 4 meses de temporada lluvia, desde diciembre - marzo, dando un total de 120 días de lluvia.

El porcentaje de tiempo que la estructura está expuesta a grados de humedad por la saturación:

Días de lluvia = 120 días

Año = 365 días

% Tiempo expuesta a la humedad = 32.88%

CARACTERÍSTICAS DE DRENAJE	PORCENTAJES DEL TIEMPO QUE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ESTA EXPUESTA A GRADOS DE HUMEDAD PRÓXIMA A LA SATURACIÓN			
	Menos del 1%	1 - 5%	5 - 25%	Mas del 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy Malo	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Tabla 45.00: Valores de mi recomendada para corregir los coeficientes estructurales de bases y subbases granulares, Tramo N°01.

Fuente: AASHTO – 1993

De la Tabla 45.00 se obtiene:

m2 = 1.00

m3 = 1.00

Para m1 se recomienda considerar igual a 1.0

m1 = 1.00

A.5) Confiabilidad:

- **Nivel de confiabilidad (R):** De la Tabla 46.00 se tiene el nivel de confiabilidad de acuerdo al tipo de carretera.

Por ser un tipo de carretera LOCAL e INTERURBANA se considera:

TIPO DE CARRETERA	NIVEL DE CONFIABILIDAD (R) %	
	URBANA	INTERURBANA
Autopistas y carreteras importantes	85.0 - 99.9	80.0 - 99.9
Arterias Principales	80.0 - 99.0	75.0 - 95.0
Colectoras	80.0 - 95.0	75.0 - 95.0
Locales	50.0 - 80.0	50.0 - 80.0

Tabla 46.00: Niveles de confiabilidad R recomendados, Tramo N°01.

Fuente: AASHTO – 1993

$$R = 75.00\%$$

Se considera un 75%, entre el rango de 50% y 80%, en consideración a una probabilidad de falla menor

- **Se toma el valor fractil de la ley normal centrada (Zr);** nos guiamos de la Tabla 47.00, donde entramos con R=75%.

R (%)	50	70	75	80	85	90	92	94	95	98	99.99
Zr	0.000	-0.524	-0.674	-0.841	-1.037	-1.282	-1.405	-1.555	-1.645	-2.054	-3.750

Tabla 47.00: Algunos valores fractil de la ley norma centrada, Zr, Tramo N°01.

Fuente: AASHTO – 1993

El valor de fractil se obtiene:

$$Zr = -0.674$$

- **Para determinar el error normal combinado (So);** nos guiamos de la Tabla 48.00, donde entramos con: **Pavimento Flexible y Construcción Nueva:**

PROYECTO DE PAVIMENTO	So	
	Flexible	Rígido
	0.40 - 0.50	0.30 - 0.40
Construcción Nueva	0.45	0.35
Sobrecapas	0.5	0.4

Tabla 48.00: Error Normal combinado, So, Tramo N°01.

Fuente: AASHTO – 1993

Se obtiene:

$$So = 0.450$$

A.6) Numero estructural de la capa:

Para este paso recopilamos la información antes hallada y calculada.

Datos del Proyecto:

Periodo de Diseño (PD)	: 10 años
Tasa de Crecimiento	: 5.11%
Suelo de Fundacion (CBR)	: 8.5%
Transito Promedio Diario (TPD)	: 89 Vehículos mixtos/día

Datos de Diseño

EAL's	: 292,033.80
	0.292033×10^6
Incidencia de Serviciabilidad Inicial (Po)	: 4.00
Incidencia de Serviciabilidad Final (Pf)	: 2.50
Módulo de Resiliencia (MR -Carpeta Asfáltica)	: 360,000.00 psi
Módulo de Resiliencia (MR-Base)	: 28,000.00 psi
Módulo de Resiliencia (MR-Subbase)	: 16,300.00 psi
Módulo de Resiliencia (MR-Subrasante)	: 9,870.86 psi
Coefficiente de drenaje (m1, m2 y m2)	: 1.00
Nivel de confiabilidad (R)	: 75.00%
Desviación Estándar Normal (Zr)	: -0.6740
Error Estándar Combinado (So)	: 0.450

- Método Grafico:

Según la Figura 13.00 entramos con el eje del Nivel de confiabilidad (R) y unimos con el eje del Error Estándar Combinado (So), donde se proyecta en el eje TL, luego se une con el eje del EAL's para proyectar en el otro eje TL, después se une con el eje del Módulo de resiliencia (Mr), luego se proyecta en el eje vertical de la cuadrícula, después se une a las curvas y se proyecta al eje horizontal de la cuadrícula, donde sacaremos el Numero Estructural (SN).

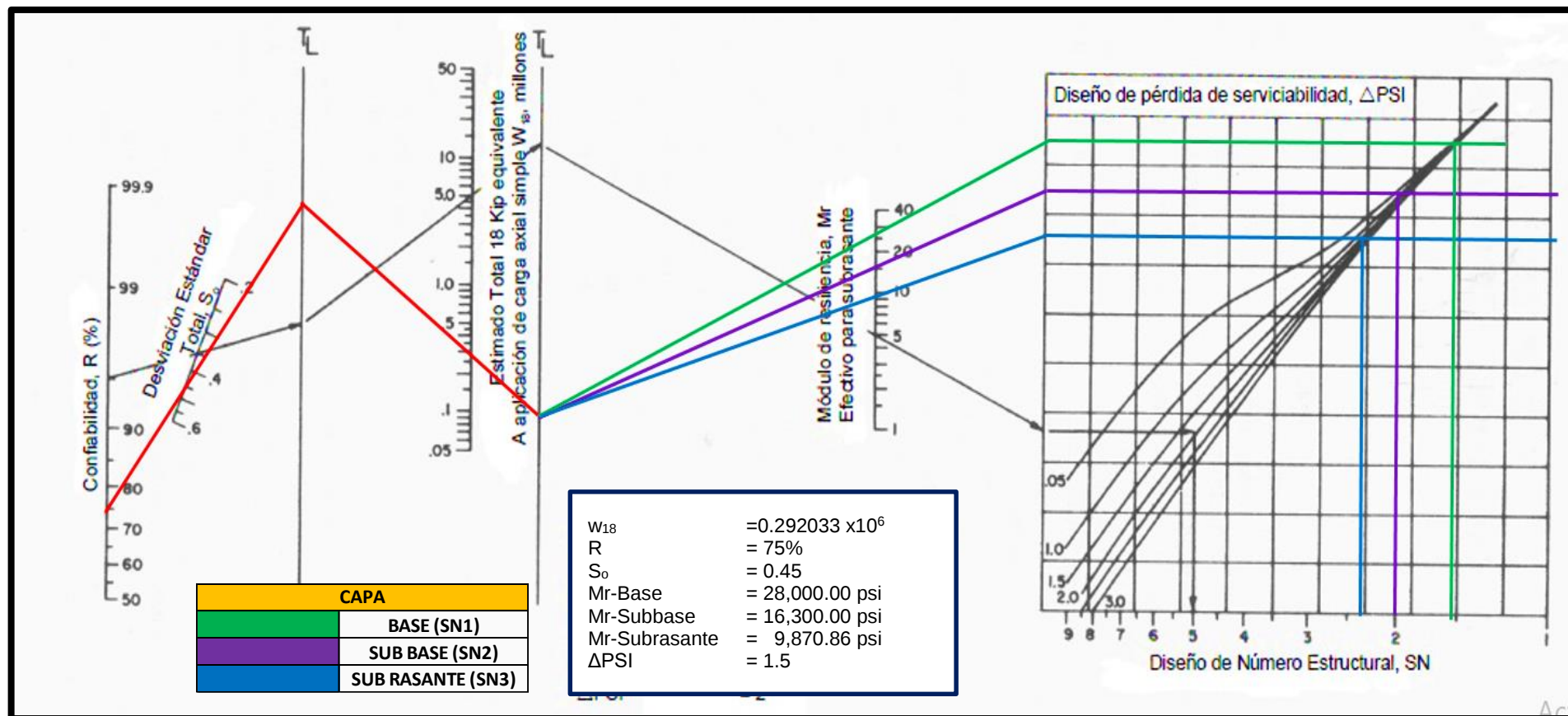


Figura 13.00 Diseño estructural del Pavimento, Tramo N° 01. (Fuente: Guía para el diseño de estructura de parámetros, AASHTO, 1993.

Se hallan los **SN** para cada capa variando en el Modulo Resiliente (Mr) tanto de la base (SN1), sub base (SN2) y sub rasante (SN3):

CAPA	Mr (psi)	SNi (pulg)
BASE (SN1)	28,000.00	1.600
SUB BASE (SN2)	16,300.00	2.000
SUB RASANTE (SN3)	9,870.86	2.400

Tabla 49.00: SNi de la Base (SN1), Subbase (SN2) y Subrasante (SN3) mediante el Método Grafico, Tramo N°01.
Fuente: Elaboración propia.

- **Método de la Ecuación:**

de la expresión general del Método AASHTO introducimos los datos suponiendo un espesor de 1 pulg, para iterar y hallar los SN de cada capa de la base (SN1), sub base (SN2) y sub rasante (SN3), mediante la función del Excel “Búsqueda Objetivo”

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

Datos para la ecuación:

$$\begin{aligned} Z_r &= -0.674 \\ S_o &= 0.450 \\ \Delta PSI = P_0 - P_f &= 1.5 \\ W_{18} &= 292.033.80 \end{aligned}$$

Módulos de resiliencia (Mri)

$$Mr_1 = 28,000.00 \text{ PSI}$$

$$Mr_2 = 16,300.00 \text{ PSI}$$

$$Mr_3 = 9,870.86 \text{ PSI}$$

Se hallan los SN para cada capa, iterando en la ecuación, con la función “Búsqueda Objetivo” en el programa Excel:

CAPA	logW18 =	$Z_R(S_o) + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log Mr - 8.07$	NUMERO ESTRUCTURAL (SN i)	
BASE (SN1)	5.465	5.465	SN1	1.514
SUB BASE (SN2)		5.465	SN2	1.894
SUB RASANTE (SN3)		5.465	SN3	2.314

Tabla 50.00: SNi de la Base (SN1), Subbase (SN2) y Subrasante (SN3) mediante el Método de Ecuación, Tramo N°01.
Fuente: Elaboración propia.

B) Diseño de los espesores de la estructura:

- Método Grafico:

Luego hallamos los h para cada capa:

CAPA	Coeficiente Estructural (ai)	Coeficientes de Drenaje (mi)	Numero Estructural (SN i)	Espesores (hi) [pulg]
Concreto Asfaltico	0.40	1.00	1.60	4.000
Base	0.13	1.00	2.00	3.077
Subbase	0.12	1.00	2.40	3.417

Tabla 51.00: Espesores del Concreto asfaltico, Base y Subbase mediante el Método Grafico, Tramo N°01.
Fuente: Elaboración propia.

Ahora propondremos dimensiones de hi redondeando los decimales, para luego poder hallar el SN definitivo para cada capa:

CAPA	Espesores (hi) [pulg]	Coeficiente Estructural (ai)	Coeficientes de Drenaje (mi)	Numero Estructural (SN i)*
Concreto Asfaltico	4.00	0.40	1.00	1.600
Base	3.00	0.13	1.00	1.990
Subbase	3.50	0.12	1.00	2.410

Tabla 52.00: Espesores definitivos y los SNi definitivos del Concreto asfaltico, Base y Subbase mediante el Método Grafico, Tramo N°01.
Fuente: Elaboración propia.

Cumple con los espesores mínimos como detalla en la Tabla 53.00, teniendo un ESAL de 292,033.80 tenemos un espesor mínimo de concreto asfaltico de 2.5 pulgadas y un espesor mínimo de base granular de 4 pulgadas (base+subbase).

ESPESORES MÍNIMOS (pulg)		
Trafico ESAL's	Concreto Asfaltico	Base de Agregados
Menos de 50,000	1.0	4.0
50,001-150,000	2.0	4.0
150,001-500,000	2.5	4.0
500,001-2'000,000	3.0	6.0
2'000,001-7'000,000	3.5	6.0
mayor que 7'000,000	4.0	6.0

Tabla 53.00: Espesores Mínimos (pulg), Tramo N°01, Método Grafico.
Fuente: AASHTO – 1993

Cumpliendo con la carpeta asfáltica de 4.0 pulgadas y de base granular de 6.5 pulgadas (3.0 pulg. de base + 3.5 pulg. de subbase).

– **Método de la Ecuación:**

Luego hallamos los h para cada capa:

CAPA	Coficiente Estructural (ai)	Coficientes de Drenaje (mi)	Numero Estructural (SN i)	Espesores (hi) [pulg]
Concreto Asfaltico	0.400	1.000	1.514	3.784
Base	0.130	1.000	1.894	2.259
Subbase	0.120	1.000	2.314	3.241

Tabla 54.00: Espesores del Concreto asfaltico, Base y Subbase mediante el Método de Ecuación, Tramo N°01.

Fuente: Elaboración propia.

Ahora propondremos dimensiones de hi redondeando los decimales, para luego poder hallar el SN definitivo para cada capa:

CAPA	Espesores (hi) [pulg]	Coficiente Estructural (ai)	Coficientes de Drenaje (mi)	Numero Estructural (SN i)*
Concreto Asfaltico	4.00	0.400	1.000	1.600
Base	2.50	0.130	1.000	1.925
Subbase	3.00	0.120	1.000	2.285

Tabla 55.00: Espesores definitivos y los SNI definitivos del Concreto asfaltico, Base y Subbase mediante el Método de Ecuación, Tramo N°01.

Fuente: Elaboración propia.

Cumple con los espesores mínimos como detalla en la Tabla 56.00, teniendo un ESAL de 292,033.80 tenemos un espesor mínimo de concreto asfaltico de 2.5 pulgadas y un espesor mínimo de base granular de 4 pulgadas (base+subbase).

ESPESORES MÍNIMOS (pulg)		
Trafico ESAL's	Concreto Asfaltico	Base de Agregados
Menos de 50,000	1.0	4.0
50,001-150,000	2.0	4.0
150,001-500,000	2.5	4.0
500,001-2'000,000	3.0	6.0
2'000,001-7'000,000	3.5	6.0
mayor que 7'000,000	4.0	6.0

Tabla 56.00: Espesores Mínimos (pulg), Tramo N°01, Método de Ecuación.

Fuente: AASHTO – 1993

Cumpliendo con la carpeta asfáltica de 4.0 pulgadas y de base granular de 5.5 pulgadas (2.5 pulg. de base + 3.0 pulg. de subbase).

C) Propuesta económica de Diseño de los espesores de la estructura:

Se propone una alternativa, en función a la Carpeta Asfáltica donde cumplirá con el espesor mínimo según la Tabla 74.00, a causa de poder minorar los costos de construcción del pavimento sin perder la buena función y calidad, donde se volverá a calcular partiendo de un espesor mínimo de 3.00 pulg de la carpeta asfáltica tanto para el Diseño por Ecuacion y por Grafico demostrada en la Tabla 111 y 113 respectivamente teniendo en consideración los SN hallados en la gráfica.

- Método Grafico:

Hallamos los h para cada capa:

CAPA	Coficiente Estructural (ai)	Coficientes de Drenaje (mi)	Numero Estructural (SN i)	Espesores (hi) [pulg]
Concreto Asfaltico	0.40	1.00	1.60	4.00
Base	0.13	1.00	2.00	6.15
Subbase	0.12	1.00	2.40	2.96

Tabla110.00: Espesores del Concreto asfaltico, Base y Subbase mediante el Método Grafico, Tramo N°02.

Fuente: Elaboración propia.

Para la nueva propuesta propondremos dimensiones de hi redondeando los decimales, para luego poder hallar el SN definitivo para cada capa:

CAPA	Espesores (hi) [pulg]	Coficiente Estructural (ai)	Coficientes de Drenaje (mi)	Numero Estructural (SN i)*
Concreto Asfaltico	3.00	0.40	1.00	1.20
Base	6.50	0.13	1.00	2.05
Subbase	3.00	0.12	1.00	2.41

Tabla111.00: Espesores definitivos y los SNi definitivos del Concreto asfaltico, Base y Subbase mediante el Método Grafico, Tramo N°02.

Fuente: Elaboración propia.

Cumple con los espesores mínimos como detalla en la Tabla 71.00, teniendo un ESAL de 292,033.80 tenemos un espesor mínimo de concreto asfaltico de 2.5 pulgadas y un espesor mínimo de base granular de 4 pulgadas (base+subbase). Compuesta por la carpeta asfáltica de 3.0 pulgadas y de base granular de 9.5 pulgadas (6.00 pulg. de base + 3.00 pulg. de subbase).

- **Método de la Ecuación:**
Luego hallamos los h para cada capa:

CAPA	Coefficiente Estructural (ai)	Coefficientes de Drenaje (mi)	Numero Estructural (SN i)	Espesores (hi) [pulg]
Concreto Asfaltico	0.400	1.000	1.514	3.785
Concreto Asfaltico	0.40	1.00	1.51	3.78
Base	0.13	1.00	1.89	5.34

Tabla112.00: Espesores del Concreto asfaltico, Base y Subbase mediante el Método de Ecuación, Tramo N°02.

Fuente: Elaboración propia.

Para la nueva propuesta propondremos dimensiones de hi redondeando los decimales, para luego poder hallar el SN definitivo para cada capa:

CAPA	Espesores (hi) [pulg]	Coefficiente Estructural (ai)	Coefficientes de Drenaje (mi)	Numero Estructural (SN i)*
Concreto Asfaltico	3.00	0.40	1.00	1.20
Base	5.50	0.13	1.00	1.92
Subbase	3.50	0.12	1.00	2.34

Tabla113.00: Espesores definitivos y los SNI definitivos del Concreto asfaltico, Base y Subbase mediante el Método de Ecuación, Tramo N°02.

Fuente: Elaboración propia.

Cumple con los espesores mínimos como detalla en la Tabla 74.00, teniendo un ESAL de 292,033.80 tenemos un espesor mínimo de concreto asfaltico de 2.5 pulgadas y un espesor mínimo de base granular de 4 pulgadas (base+subbase). Compuesta por la carpeta asfáltica de 3.0 pulgadas y de base granular de 9 pulgadas (5.5 pulg. de base + 3.5 pulg. de subbase).

✓ **Diseño del Tramo N° 02 desde la progresiva Km 3+700 - 7+554.**

D) Variables de diseño

A.1) Tránsito de diseño; Se halla el número de ejes equivalentes (ESAL o la variable "N"), para ejes simples equivalentes a 8.2 Tn.

$$N = TPD \times \frac{k_1}{100} \times \frac{k_2}{100} \times 365 \times \frac{(1+r)^n - 1}{\ln(1+r)} \times F.C.$$

Donde:

N= Número de ejes equivalentes de 8.2 ton.

TPD= Transito promedio diario inicial.

A= % estimado de vehículos pesados (buses y camiones).

B= % de vehículos pesados que emplean el carril de diseño.

r= Tasa anual de crecimiento de tránsito.

n= Periodo de diseño.

F.C.=Factor camión.

Donde a continuación se hallan las variables antes mencionadas:

Datos antes ya calculados:

- **Transito Promedio Anual (TPD):** Se calculó el TPD, realizando un conteo de 7 días consecutivos. Se tiene:

$$\text{TPD} = 89 \text{ veh/dia}$$

- **Factor de Crecimiento (r):** Se realizó en base al número de vehículos en circulación del parque automotor del periodo del 2000-2014, por el modelo lineal y exponencial.

$$r = 5.11\%$$

- **Factor Camión (FC):** Se calculó en base a los tipos de camiones que pasan por las estaciones de conteo de vehículos, las cuales fueron, camión tipo C2 y B2.

$$\text{F.C.} = 4.504$$

Determinación de k1 y k2:

- **k1 (vehículos pesados):** Se toma el porcentaje para cada tipo de vehículo pesado en referencia de la suma de vehículos ligeros y livianos.

VEHICULOS PESADOS	PORCENTAJE
B2	4.35%
B3-1	0.00%
C2	11.05%
C3	0.00%
C4	0.00%
% de Vehículos Pesados	15.40%

Tabla 57.00: Determinación de k1 (Vehículos pesados), Tramo N°02.
Fuente: Elaboración propia, basada en la guía de la AASHTO - 93

$$k1 = 15.40\%$$

- **k2 (vehículos pesados que emplean al carril de diseño):** Empleando la siguiente tabla, teniendo en consideración la vía a diseñar es de 1 carril.

PORCENTAJE DEL TRAFICO TOTAL DE CAMIONES EN EL CARRIL DE DISEÑO	
TIPO DE VIAS	PORCENTAJE DE CAMIONES EN EL CARRIL DE DISEÑO
1 carril	100%
2 carriles (1 en cada dirección)	50%
4 carriles (2 en cada dirección)	40%-50%
6 carriles (3 en cada dirección)	30%-40%
8 carriles (4 en cada dirección)	25%-37.5%
2 o 3 carriles en una dirección	80%-90%

Tabla 58.00: Determinación de k2, en función tipo de vía (carril de diseño) , Tramo N°02..

Fuente: Elaboración propia, basada en la guía de la AASHTO - 93

$$k2. = 100\%$$

Reemplazando en la Formula para hallar el ESAL o la variable “N” los datos obtenidos se obtiene:

$$N = 292,033.80$$
$$N = 0.29203380 \times 10^6$$

A.2) Coeficientes de capa; Se hallan para cada capa a1(carpeta asfáltica), a2 (base) y a3 (subbase).

- **Para el cálculo de a1:** Se considera según la recomendación de la AASHTO que para un pavimento asfáltico trabajado con mezcla en

caliente, pero con baja calidad de producción y supervisión, el coeficiente **a1 será de 0.40**.

Nos ayudaremos de Tabla recomendada por Alexander Rondon y Alberto Reyes, entramos a la gráfica con un a1 de 0.40 para obtener el Mr de la carpeta asfáltica.

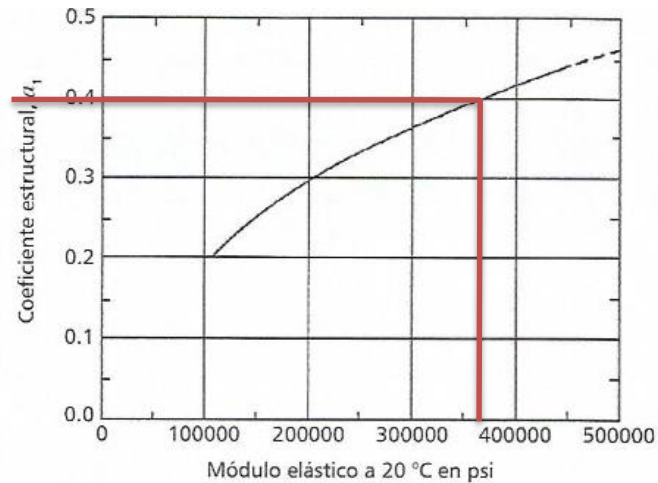


Figura 14.00: Coeficiente de capa estructural a_1 para mezcla de concreto asfáltico, Tramo N°02. (Fuente: Elaboración propia, basada en la guía de la AASHTO – 93)

Se proyecta en la curva teniendo que Mr es:

MR (Carpeta Asfáltica) = 360000 Psi

- **Para el cálculo de a_2 :** Se recomienda un Valor de CBR mínimo de 80%, para bajos y medios volúmenes de tránsito, por tanto, ubicamos en el gráfico para hallar un a_2 y Mr de la base, que se hallaran proyectando en la Figura 15.00.

Entramos en el gráfico con un CBR recomendado del 80%:

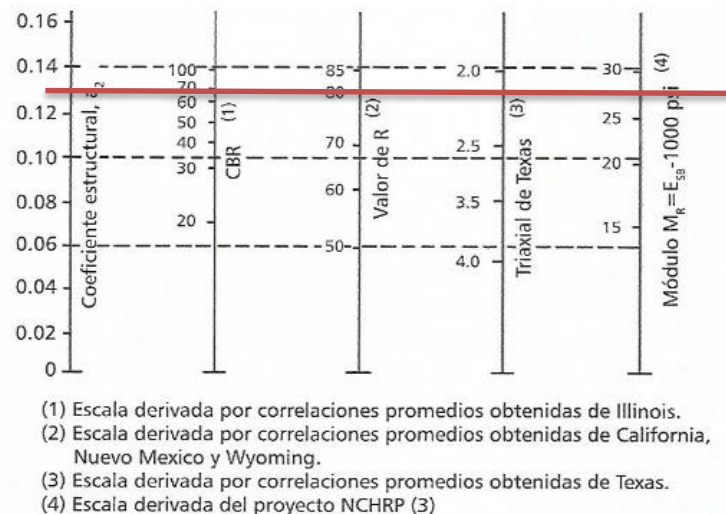


Figura 15.00: Coeficiente estructural a_2 para base granular no tratada, Tramo N°02. (Fuente: Elaboración propia, basada en la guía de la AASHTO – 93)

Proyectando en la gráfica se obtiene un a_2 y M_r de la base de:

$$a_2 = 0.13$$

$$M_r (\text{base}) = 28,000.00 \text{ PSI}$$

- **Para el cálculo de a_3 :** Considerando un CBR de 40% para la subbase, para hallar en la un a_3 y M_r de la subbase, que se hallaran proyectando en la Figura 16.00.

Entramos en el gráfico con un CBR recomendado del 40%:

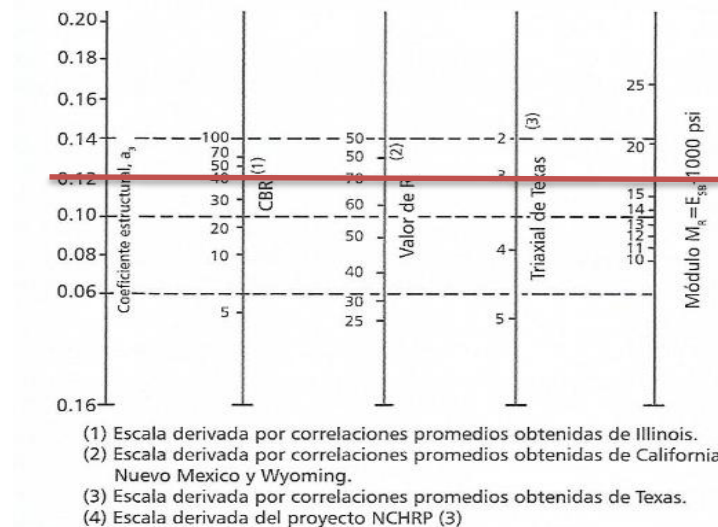


Figura 16.00: Coeficiente estructural a_3 para subbase granular no tratada, Tramo N°02. (Fuente: Elaboración propia, basada en la guía de la AASHTO – 93)

Proyectando en la gráfica se obtiene un a_3 y M_r de la subbase de:

$$a_3 = 0.12$$

$$M_r (\text{subbase}) = 16,300.00 \text{ PSI}$$

- **Resumen de a_i :**

CAPA	CBR	COEFICIENTE ESTRUCTURAL (a_i)
Carpeta asfáltica (a_1)	-	0.400
Base (a_2)	80%	0.13
Subbase (a_3)	40%	0.12

Tabla 59.00: Coeficientes estructurales de las capas del pavimento flexible, Tramo N°02..

Fuente: Elaboración propia.

- **Resumen de Mr:**

CAPA	CBR	Modulo de Resiliente (Mr)
Carpeta Asfáltica	-	360,000.00
Subrasante (SN3)*	54%	28,606.70
Subbase (SN2)	40%	16,300.00
Base (SN1)	80%	28,000.00

(*) Hallado en el Ítem 3.5.3.1

Tabla 60.00: Módulos de Resiliencia de las capas del Pavimento flexible y de la subrasante, Tramo N°02..

Fuente: Elaboración propia.

A.3) Índice de serviciabilidad ($\Delta PSI = P_0 - P_f$):

- **Serviciabilidad Final (P_f):** Según la tabla 43.00 recomienda la Serviciabilidad Final, P_f en función al tipo de vía de carretera, se selecciona la serviciabilidad final tomando en cuenta que tenemos un tipo de vía de CARRETERAS, se tiene:

TIPO DE VIA	SERVICIABILIDAD FINAL, P_f
Autopista	2.5 - 3.0
Carreteras	2.0 - 2.5
ZONAS INDUSTRIALES	
Pavimento urbano principal	1.5 - 2.0
Pavimento urbano secundario	1.5 - 2.0

Tabla 61.00: Serviciabilidad Final, P_f , Tramo N°02.

Fuente: AASHTO-93.

Serviciabilidad Final = 2.5

Se selecciona el número mayor entre el rango de 2.0-2.5, para que sea menor ΔPSI , y la vida útil del pavimento no se deteriore.

- **Serviciabilidad Inicial (P_0):** Se recomienda entre un rango de 4.0 - 4.2, donde se considera un estado bueno de la vía.

Serviciabilidad Inicial = 4.0

- **Índice de Serviciabilidad ($\Delta PSI = P_0 - P_f$):** Se calcula de los resultados de Serviciabilidad Inicial – Final.

$\Delta PSI = P_0 - P_f = 1.5$

A.4) Condiciones ambientales y drenaje:

- Según la Tabla 44.00. determinamos la calidad de drenaje en función del tiempo que tarda el agua en ser evacuada.

CALIDAD DE DRENAJE	TIEMPO QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Muy Malo	El agua no evacua

Tabla 62.00: Calidad de Drenaje, Tramo N°02.

Fuente: AASHTO – 1993

En la zona de estudio se tarda aproximadamente en evacuar el agua **1 día**, por lo cual se tiene una calidad de drenaje: **BUENO**

Según el **tiempo de lluvia anual** que hay en la zona. Se tiene un total de 4 meses de temporada lluvia, desde diciembre - marzo, dando un total de 120 días de lluvia.

El porcentaje de tiempo que la estructura está expuesta a grados de humedad por la saturación:

Días de lluvia = 120 días

Año = 365 días

% Tiempo expuesta a la humedad = 32.88%

CARACTERÍSTICAS DE DRENAJE	PORCENTAJES DEL TIEMPO QUE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO ESTA EXPUESTA A GRADOS DE HUMEDAD PRÓXIMA A LA SATURACIÓN			
	Menos del 1%	1 - 5%	5 - 25%	Mas del 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1.20
Bueno	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1.00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0.80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0.60
Muy Malo	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Tabla 63.00: Valores de mi recomendada para corregir los coeficientes estructurales de bases y subbases granulares, Tramo N°02.

Fuente: AASHTO – 1993

De la Tabla 45.00 se obtiene:

m2 = 1.00

m3 = 1.00

Para m1 se recomienda considerar igual a 1.0

m1 = 1.00

A.5) Confiabilidad:

- **Nivel de confiabilidad (R):** De la Tabla 46.00 se tiene el nivel de confiabilidad de acuerdo al tipo de carretera.

Por ser un tipo de carretera LOCAL e INTERURBANA se considera:

TIPO DE CARRETERA	NIVEL DE CONFIABILIDAD (R) %	
	URBANA	INTERURBANA
Autopistas y carreteras importantes	85.0 - 99.9	80.0 - 99.9
Arterias Principales	80.0 - 99.0	75.0 - 95.0
Colectoras	80.0 - 95.0	75.0 - 95.0
Locales	50.0 - 80.0	50.0 - 80.0

Tabla 64.00: Niveles de confiabilidad R recomendados, Tramo N°02.

Fuente: AASHTO – 1993

$$R = 75.00\%$$

Se considera un 75%, entre el rango de 50% y 80%, en consideración a una probabilidad de falla menor

- **Se toma el valor fractil de la ley normal centrada (Zr);** nos guiamos de la Tabla 47.00, donde entramos con R=75%.

R (%)	50	70	75	80	85	90	92	94	95	98	99.99
Zr	0.000	-0.524	-0.674	-0.841	-1.037	-1.282	-1.405	-1.555	-1.645	-2.054	-3.750

Tabla 65.00: Algunos valores fractil de la ley norma centrada, Zr, Tramo N°02..

Fuente: AASHTO – 1993

El valor de fractil se obtiene:

$$Zr = -0.674$$

- **Para determinar el error normal combinado (So);** nos guiamos de la Tabla 48.00, donde entramos con: **Pavimento Flexible y Construcción Nueva:**

PROYECTO DE PAVIMENTO	So	
	Flexible	Rígido
	0.40 - 0.50	0.30 - 0.40
Construcción Nueva	0.45	0.35
Sobrecapas	0.5	0.4

Tabla 66.00: Error Normal combinado, So, Tramo N°02.

Fuente: AASHTO – 1993

Se obtiene:

$$So = 0.450$$

A.6) Numero estructural de la capa:

Para este paso recopilamos la información antes hallada y calculada.

Datos del Proyecto:

Periodo de Diseño (PD)	: 10 años
Tasa de Crecimiento	: 5.11%
Suelo de Fundacion (CBR)	: 53.50%
Transito Promedio Diario (TPD)	: 89 Vehículos mixtos/día

Datos de Diseño

EAL's	: 292,033.80
	0.292033 x10 ⁶
Incidencia de Serviciabilidad Inicial (Po)	: 4.00
Incidencia de Serviciabilidad Final (Pf)	: 2.50
Módulo de Resiliencia (MR -Carpeta Asfáltica)	: 360,000.00 psi
Módulo de Resiliencia (MR-Base)	: 28,000.00 psi
Módulo de Resiliencia (MR-Subbase)	: 16,300.00 psi
Módulo de Resiliencia (MR-Subrasante)	: 28,606.70 psi
Coefficiente de drenaje (m1, m2 y m2)	: 1.00
Nivel de confiabilidad (R)	: 75.00%
Desviación Estándar Normal (Zr)	: -0.6740
Error Estándar Combinado (So)	: 0.450

- Método Grafico:

Según la Figura 17.00 entramos con el eje del Nivel de confiabilidad (R) y unimos con el eje del Error Estándar Combinado (So), donde se proyecta en el eje TL, luego se une con el eje del EAL's para proyectar en el otro eje TL, después se une con el eje del Módulo de resiliencia (Mr), luego se proyecta en el eje vertical de la cuadrícula, después se une a las curvas y se proyecta al eje horizontal de la cuadrícula, donde sacaremos el Numero Estructural (SN).

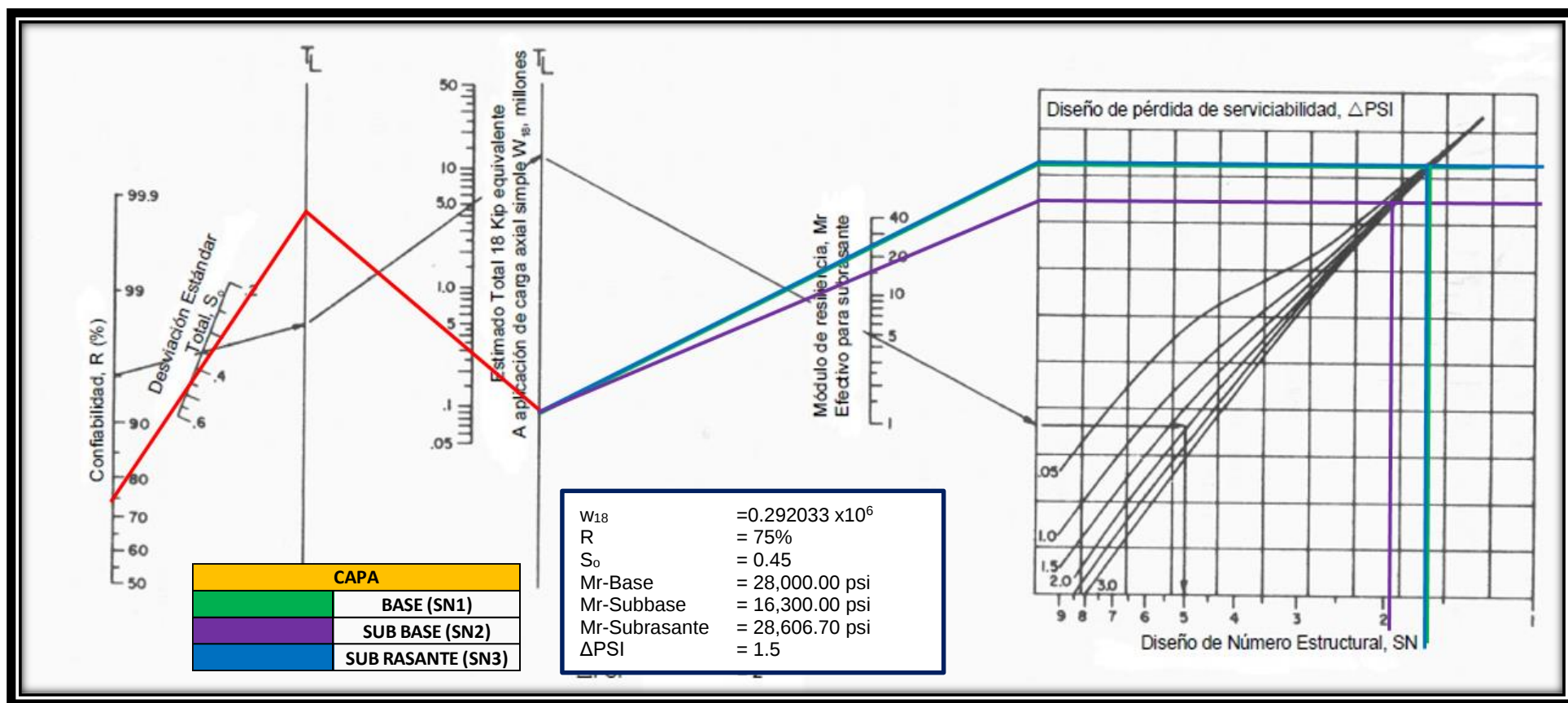


Figura 17.00 Diseño estructural del Pavimento, Tramo N°02.(Fuente: Guía para el diseño de estructura de parámetros, AASHTO, 1993.

Se hallan los **SN** para cada capa variando en el Modulo Resiliente (Mr) tanto de la base (SN1), sub base (SN2) y sub rasante (SN3):

CAPA	Mr (psi)	SNi (pulg)
BASE (SN1)	28,000.00	1.68
SUB BASE (SN2)	16,300.00	1.97
SUB RASANTE (SN3)	28,606.70	1.65

Tabla 67.00: SNi de la Base (SN1), Subbase (SN2) y Subrasante (SN3) mediante el Método Grafico, Tramo N°02..

Fuente: Elaboración propia.

- Método de la Ecuación:

de la expresión general del Método AASHTO introducimos los datos suponiendo un espesor de 1 pulg, para iterar y hallar los SN de cada capa de la base (SN1), sub base (SN2) y sub rasante (SN3), mediante la función del Excel “Búsqueda Objetivo”

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

Datos para la ecuación:

$$\begin{aligned} Z_r &= -0.674 \\ S_o &= 0.450 \\ \Delta PSI = P_0 - P_f &= 1.5 \\ W_{18} &= 292,033.80 \end{aligned}$$

Módulos de resiliencia (Mri)

$$Mr_1 = 28,000.00 \text{ PSI}$$

$$Mr_2 = 16,300.00 \text{ PSI}$$

$$Mr_3 = 28,606.70 \text{ PSI}$$

Se hallan los SN para cada capa, iterando en la ecuación, con la función “Búsqueda Objetivo” en el programa Excel:

CAPA	logW18 =	$Z_R(S_o) + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log Mr - 8.07$	NUMERO ESTRUCTURAL (SN i)	
BASE (SN1)	5.47	5.465	SN1	1.514
SUB BASE (SN2)		5.465	SN2	1.894
SUB RASANTE (SN3)		5.465	SN3	1.500

Tabla 68.00: SNi de la Base (SN1), Subbase (SN2) y Subrasante (SN3) mediante el Método de Ecuación, Tramo N°02.

Fuente: Elaboración propia.

E) Diseño de los espesores de la estructura:

- Método Grafico:

Luego hallamos los h para cada capa:

CAPA	Coficiente Estructural (ai)	Coficientes de Drenaje (mi)	Numero Estructural (SN i)	Espesores (hi) [pulg]
Concreto Asfaltico	0.40	1.00	1.20	3.785
Base	0.13	1.00	1.55	2.258
Subbase	0.12	1.00	1.18	-3.539

Tabla 69.00: Espesores del Concreto asfaltico, Base y Subbase mediante el Método Grafico, Tramo N°02.
Fuente: Elaboración propia.

Ahora propondremos dimensiones de hi redondeando los decimales, para luego poder hallar el SN definitivo para cada capa:

CAPA	Espesores (hi) [pulg]	Coficiente Estructural (ai)	Coficientes de Drenaje (mi)	Numero Estructural (SN i)*
Concreto Asfaltico	4.00	0.40	1.00	1.600
Base	2.50	0.13	1.00	1.925
Subbase	-	0.12	1.00	1.925

Tabla 70.00: Espesores definitivos y los SNI definitivos del Concreto asfaltico, Base y Subbase mediante el Método Grafico, Tramo N°02.
Fuente: Elaboración propia.

Cumple con los espesores mínimos como detalla en la Tabla 71.00, teniendo un ESAL de 292,033.80 tenemos un espesor mínimo de concreto asfaltico de 2.5 pulgadas y un espesor mínimo de base granular de 4 pulgadas (base+subbase).

ESPESORES MÍNIMOS (pulg)		
Trafico ESAL's	Concreto Asfaltico	Base de Agregados
Menos de 50,000	1.0	4.0
50,001-150,000	2.0	4.0
150,001-500,000	2.5	4.0
500,001-2'000,000	3.0	6.0
2'000,001-7'000,000	3.5	6.0
mayor que 7'000,000	4.0	6.0

Tabla 71.00: Espesores Mínimos (pulg) , Tramo N°02, Método Grafico.
Fuente: AASHTO – 1993

Cumpliendo con la carpeta asfáltica de 4.0 pulgadas y de base granular de 4.0 pulgadas (2.5 pulg. de base + 1.5 pulg. de subbase).

Se asumirá una subbase de 1.5”.

- **Método de la Ecuación:**
Luego hallamos los h para cada capa:

CAPA	Coefficiente Estructural (ai)	Coefficientes de Drenaje (mi)	Numero Estructural (SN i)	Espesores (hi) [pulg]
Concreto Asfáltico	0.400	1.000	1.514	3.785
Base	0.130	1.000	1.894	2.258
Subbase	0.120	1.000	1.500	-2.997

Tabla 72.00: Espesores del Concreto asfáltico, Base y Subbase mediante el Método de Ecuación, Tramo N°02.

Fuente: Elaboración propia.

Ahora propondremos dimensiones de hi redondeando los decimales, para luego poder hallar el SN definitivo para cada capa:

CAPA	Espesores (hi) [pulg]	Coefficiente Estructural (ai)	Coefficientes de Drenaje (mi)	Numero Estructural (SN i)*
Concreto Asfáltico	4.00	0.400	1.000	1.600
Base	2.00	0.130	1.000	1.860
Subbase	-	0.120	1.000	1.860

Tabla 73.00: Espesores definitivos y los SNi definitivos del Concreto asfáltico, Base y Subbase mediante el Método de Ecuación, Tramo N°02.

Fuente: Elaboración propia.

Cumple con los espesores mínimos como detalla en la Tabla 74.00, teniendo un ESAL de 292,033.80 tenemos un espesor mínimo de concreto asfáltico de 2.5 pulgadas y un espesor mínimo de base granular de 4 pulgadas (base+subbase).

ESPESORES MÍNIMOS (pulg)		
Trafico ESAL's	Concreto Asfáltico	Base de Agregados
Menos de 50,000	1.0	4.0
50,001-150,000	2.0	4.0
150,001-500,000	2.5	4.0
500,001-2'000,000	3.0	6.0
2'000,001-7'000,000	3.5	6.0
mayor que 7'000,000	4.0	6.0

Tabla 74.00: Espesores Mínimos (pulg), Tramo N°02, Método de Ecuación.

Fuente: AASHTO – 1993

Cumpliendo con la carpeta asfáltica de 4.0 pulgadas y de base granular de 2 pulgadas (2.5 pulg. de base + 0.0 pulg. de subbase). Se asignará 2" de subbase para cumplir con el mínimo de espesores.

F) Propuesta económica de Diseño de los espesores de la estructura:

Se propone una alternativa, en función a la Carpeta Asfáltica donde cumplirá con el espesor mínimo según la Tabla 74.00, a causa de poder minorar los costos de construcción del pavimento sin perder la buena función y calidad, donde se volverá a calcular partiendo de un espesor mínimo de 3.00 pulg de la carpeta asfáltica tanto para el Diseño por Ecuacion y por Grafico demostrada en la Tabla xxx y xxx respectivamente teniendo en consideración los SN hallados en la gráfica.

- Método Grafico:

Hallamos los h para cada capa:

CAPA	Coefficiente Estructural (ai)	Coefficientes de Drenaje (mi)	Numero Estructural (SN i)	Espesores (hi) [pulg]
Concreto Asfaltico	0.40	1.00	1.20	4.200
Base	0.13	1.00	1.55	5.923
Subbase	0.12	1.00	1.18	-2.750

Tabla 75.00: Espesores del Concreto asfaltico, Base y Subbase mediante el Método Grafico, Tramo N°02.

Fuente: Elaboración propia.

Para la nueva propuesta propondremos dimensiones de hi redondeando los decimales, para luego poder hallar el SN definitivo para cada capa:

CAPA	Espesores (hi) [pulg]	Coefficiente Estructural (ai)	Coefficientes de Drenaje (mi)	Numero Estructural (SN i)*
Concreto Asfaltico	3.00	0.40	1.00	1.200
Base	6.00	0.13	1.00	1.980
Subbase	-	0.12	1.00	1.980

Tabla 76.00: Espesores definitivos y los SNi definitivos del Concreto asfaltico, Base y Subbase mediante el Método Grafico, Tramo N°02.

Fuente: Elaboración propia.

Cumple con los espesores mínimos como detalla en la Tabla 71.00, teniendo un ESAL de 292,033.80 tenemos un espesor mínimo de concreto asfaltico de 2.5 pulgadas y un espesor mínimo de base granular de 4 pulgadas (base+subbase). Compuesta por la carpeta

asfáltica de 3.0 pulgadas y de base granular de 6 pulgadas (6.00 pulg. de base + 0.0 pulg. de subbase).

– **Método de la Ecuación:**

Luego hallamos los h para cada capa:

CAPA	Coefficiente Estructural (ai)	Coefficientes de Drenaje (mi)	Numero Estructural (SN i)	Espesores (hi) [pulg]
Concreto Asfaltico	0.400	1.000	1.514	3.785
Base	0.130	1.000	1.894	5.335
Subbase	0.120	1.000	1.500	-3.456

Tabla 77.00: Espesores del Concreto asfaltico, Base y Subbase mediante el Método de Ecuación, Tramo N°02.

Fuente: Elaboración propia.

Para la nueva propuesta propondremos dimensiones de hi redondeando los decimales, para luego poder hallar el SN definitivo para cada capa:

CAPA	Espesores (hi) [pulg]	Coefficiente Estructural (ai)	Coefficientes de Drenaje (mi)	Numero Estructural (SN i)*
Concreto Asfaltico	3.00	0.400	1.000	1.200
Base	5.50	0.130	1.000	1.915
Subbase	0.00	0.120	1.000	1.915

Tabla 78.00: Espesores definitivos y los SNi definitivos del Concreto asfaltico, Base y Subbase mediante el Método de Ecuación, Tramo N°02.

Fuente: Elaboración propia.

Cumple con los espesores mínimos como detalla en la Tabla 74.00, teniendo un ESAL de 292,033.80 tenemos un espesor mínimo de concreto asfaltico de 2.5 pulgadas y un espesor mínimo de base granular de 4 pulgadas (base+subbase). Compuesta por la carpeta asfáltica de 3.0 pulgadas y de base granular de 6 pulgadas (6.00 pulg. de base + 0.0 pulg. de subbase).

3.5.5.2 Método del Instituto del Asfalto.

AASHTO se basa en un gran número de resultados de ensayos aplicados en carreteras AASHO (AASHO Road Test) en los 50's y 60's donde se publicó la primera guía de diseño en 1961 y revisada en 1972 y 1981. En 1984 – 1985 se expandió la guía que fue publicada en 1986 y revisada en 1993.

✓ Diseño del Tramo N° 01 desde la progresiva Km 0+000 - 3+700.

A) Variables de Diseño

A.1) Determinación del Valor de Tránsito, ESAL

- Total, de vehículos por carril:

De la expresión:

$$\text{Total, de veh por carril} = \text{TPD} \times \% \text{ de camiones en el carril de diseño}$$

Partiendo del TPD

$$\text{TPD} = 89 \text{ veh/día}$$

Según la tabla de porcentaje del total de camiones en el carril de diseño:

PORCENTAJE DEL TRAFICO TOTAL DE CAMIONES EN EL CARRIL DE DISEÑO	
NUMERO DE CARRILES DOS DIRECCIONES	PORCENTAJE DE CAMIONES EN EL CARRIL DE DISEÑO
2	50
4	45 (35-48)
6 ó más	40 (25-48)

Tabla 79.00: Porcentaje del tránsito total de camiones en el carril de diseño, Tramo N°01.

Fuente: AASHTO – 1993

Considerando que hay un carril de diseño, seleccionamos el más próximo que sería el de 2 carriles de diseño.

Porcentaje que corresponde al carril de diseño: 50%

Reemplazando en la expresión:

$$\text{Total, de veh por carril} = 89 \times 50\%$$

Total, de vehículos por carril = 44.5 veh/día

- **Cálculo del Número Promedio de cada Tipo de Vehículo Esperado en el carril de diseño para el primer año:**

Calcularemos el número total de vehículos en el carril de diseño para un 15.40 % el cual corresponde al porcentaje de vehículos pesados indicado en el TPD.

$$k1 = 15.40\%$$

Primero calculamos el número total de vehículos:

- **Número de Vehículos:**

De la expresión:

$$\text{Número de vehículos} = k1 \times \text{total de veh por carril}$$

Con los siguientes datos:

$$\text{Total, de vehículos por carril} = 44.5 \text{ veh/día}$$

Multiplicaremos el factor K1 por el Total de Vehículos por carril tenemos:

$$\text{Número de vehículos} = 15.40\% \times 44.5$$

$$\text{Número de Vehículos} = 6.85 \text{ veh/día}$$

- **Total, de Vehículos:**

De la expresión:

$$\text{Total, de Vehículos} = \text{Nº de Veh} \times \text{Nº días del año}$$

Con los siguientes datos:

$$\text{Número de Vehículos} = 6.85 \text{ veh/día}$$

Además, tenemos que:

$$\text{Nº días del año} = 365 \text{ días}$$

Por tanto, multiplicaremos el número de vehículos por día, por los días del año, para tener el Total de Vehículos por año:

$$\text{Total de Vehículos por año} = 6.85 \text{ veh/día} \times 365 \text{ días} = 2500.25 \text{ veh/año}$$

$$\text{Total, de Vehículos} = 6.85 \times 365$$

Lo que significa que durante el primer año de servicio se tendrá:

$$\text{Total, de Vehículos} = 2501.11 \text{ Vehículos}$$

- **Factor de Crecimiento de Tránsito**

$$\text{Factor de Crecimiento} = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Donde:

r: Tasa de crecimiento anual, % = 5.11%

n: Período de diseño en años = 10 años

Remplazamos:

$$\text{Factor de Crecimiento} = \frac{(1 + 5.11\%)^{10} - 1}{5.11\%}$$

$$\text{Factor de Crecimiento} = 10.023$$

- **Determinación del Factor Camión**

Para el Cálculo del Factor Camión, se tomaron los cálculos realizados en el Ítem 3.5.2.4 de la presente investigación.

- **Cálculo del ESAL de Diseño**

VEHÍCULOS	N° veh/sem	N° veh/día	N° veh/año	F.C.	ESAL en el carril de diseño	Factor de crecimiento o*	ESAL _{diseño}
	1	2=1/7	3=2*365	4	5=4*3	6	7=6*5
Autos, camionetas y combis	229.00	32.71	11940.714	0.0030	35.822	10.023	359.05
B2	24.00	3.43	1251.429	4.504	5636.001	10.023	56,489.79
C2	61.00	8.71	3180.714	4.504	14324.836	10.023	143,578.21
SUMATORIA	314.00	44.86	16372.86	-	19996.66	-	200427.04
ESAL =							200,427.038
ESAL =							20.04 x 10⁴

Tabla 80.00: ESAL de Diseño, Tramo N°01.

Fuente: Elaboración Propia

A.2) Selección del Módulo de Resiliencia de la Subrasante

- **Cálculo del Percentil de Diseño**

Obteniendo un ESAL de 4.52×10^4 , entramos a la Tabla 77.00 y Se toma el valor percentil de 75 % para ESAL entre $10^4 - 10^6$

PRINCIPIO DE COMPARACION (ESAL)	
NUMERO DE EJES DE 18000 Lb EN EL CARRIL DE DISEÑO	PERCENTIL A SELECCIONAR PARA HALLAR CBR
$< 10^4$	60
$10^4 - 10^6$	75
$> 10^6$	87.5

Tabla 81.00: Porcentil de Diseño, Tramo N°01.
Fuente: Manual del Instituto del Asfalto (MS-1) 1991

Porcentil = 75

- Determinación del Módulo de Resiliencia de la Subrasante

El estudio ha ensayado cuatro muestras de subrasante para el primer diseño de pavimento flexible, siendo los resultados de C.B.R. expresados en la Tabla 78.00 utilizando las expresiones siguientes:

$$Mr \text{ (Mpa)} = 10.3 \times CBR$$

$$Mr \text{ (psi)} = 1,500 \times CBR$$

CBR %	MODULO DE RESILENCIA	
	P.S.I.	(Mpa)
9.10	13650	93.73
9.60	14400	98.88
9.00	13500	92.70
8.50	12750	87.55

Tabla 82.00: Determinación del Módulo de Resiliencia, Tramo N°01.
Fuente: Elaboración Propia

- Cálculo del Módulo de Resiliencia de Diseño de la Subrasante

Para el cálculo, tenemos los valores de Mr, en secuencia numérica de forma descendente; luego, para cada valor diferente del Mr, empezando con el menor valor, se obtiene el número de valores que son iguales o mayores que el valor analizado, luego

se calcula el porcentaje de cada uno de los valores con respecto al total. Lo anterior se resume en la Tabla 79.00:

Mr (PSI)	N° DE VALORES MAYORES O IGUALES A Mri	PORCENTAJES DE VALORES MAYORES O IGUALES (%)
12,750.00	1	23.48%
13,500.00	2	48.34%
13,650.00	3	73.48%
14,400.00	4	100.00%
54,300.00	-	-

*Tabla 83.00: Calculo del Módulo Resiliente, Tramo N°01.
Fuente: Elaboración Propia*

A continuación, se muestran los datos el Grafico 18.00, y se muestra la selección del Módulo Resiliente, entrando con el percentil del 75%.

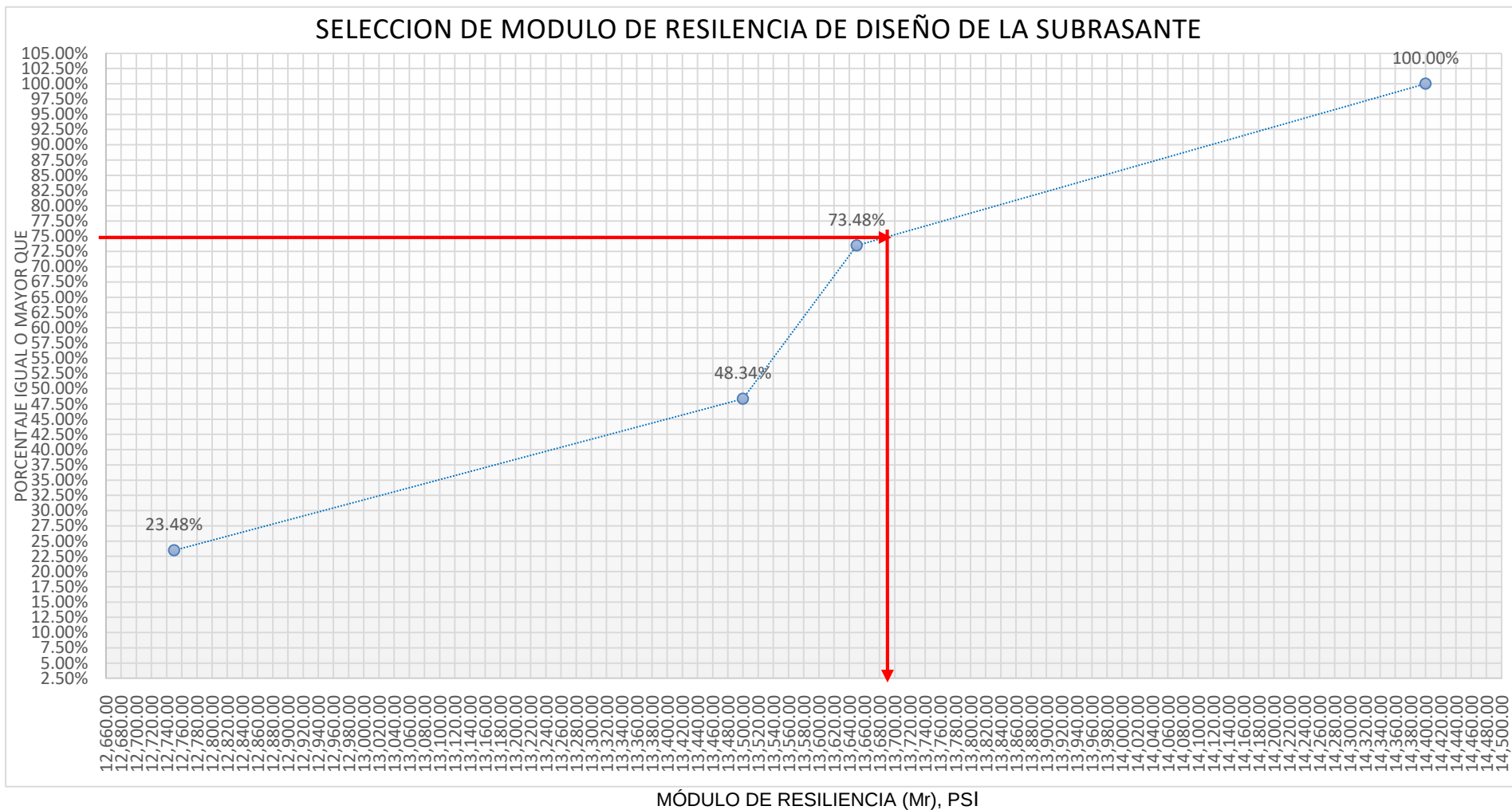


Figura 18.00: Selección del Módulo de Resiliencia, Tramo N°01.

Fuente: Elaboración Propia

Mr = 13690.00 PSI

Mr = 94.39 Mpa

B) Determinación de Espesores de la Estructura del Pavimento Flexible

- Mediante Cartas de Diseño

Habiéndose realizado los procedimientos anteriores, se procedió a determinar el espesor del pavimento con concreto asfáltico, el cual será ubicado sobre base de agregados que no necesitan mejoramiento. Para tal objetivo, utilizaremos la carta de diseño para base de agregados no tratados de 30 cm, 15 cm y espesor completo de concreto asfáltico, y consideraremos una temperatura media anual de 7°C.

- **Carta de diseño de Espesor Completo de Concreto Asfáltico de TMAX 7°C.**

Tenemos un ESAL de 2.00×10^5 , un Módulo de Resiliencia de la Subrasante de Mr: 94.39 Mpa.

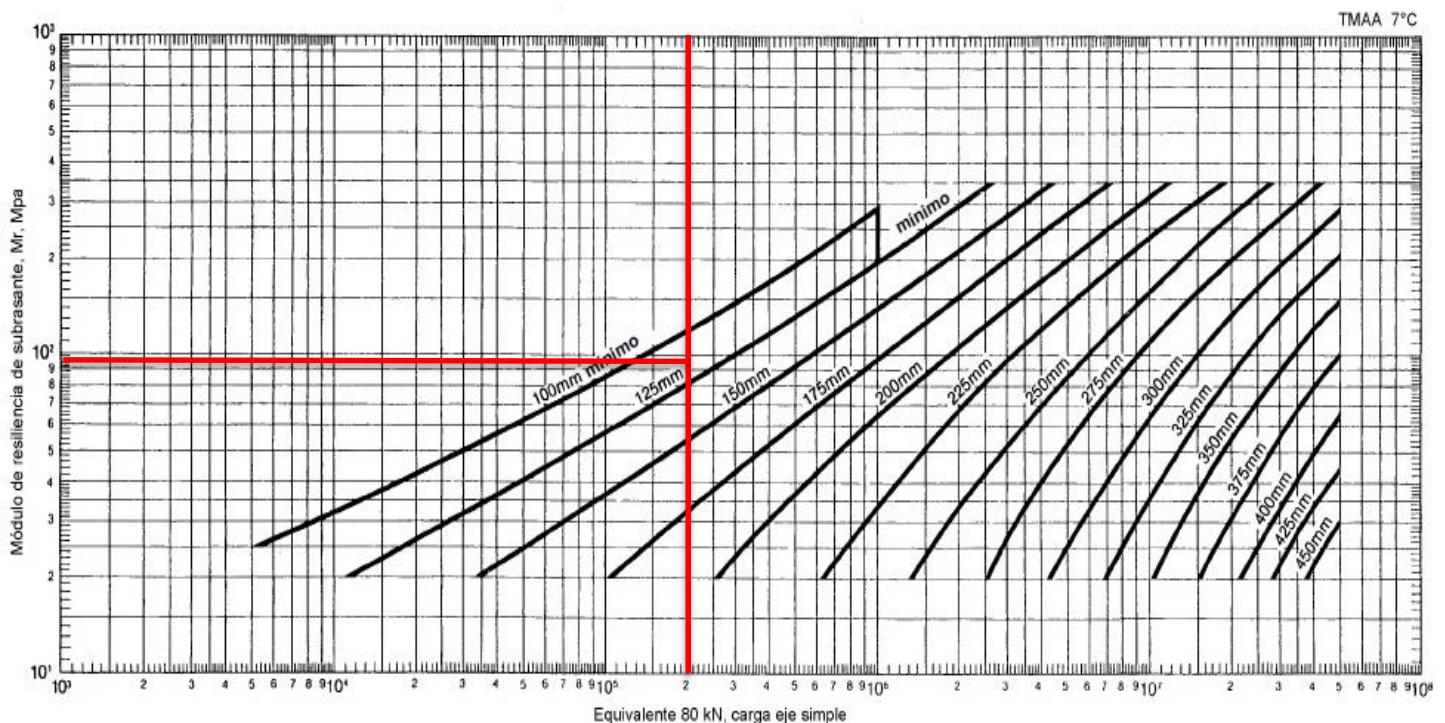


Figura 19.00: Espesor completo de concreto asfáltico, TMAX 7°C, Tramo N°01.
Fuente: Instituto del Asfalto (MS-1) 1991.

Como resultado tenemos un espesor de concreto asfáltico de 115 mm, equivalente a 4.5 pulgadas, cumpliendo este con el mínimo estipulado en el manual del Instituto del Asfalto.

CANTIDAD DE EJES EQUIVALENTES	CONDICIÓN DE TRANSITO	ESPESORES MÍNIMOS DE LA CAPA ASFÁLTICA (cm)
Hasta 10,000	Ligero	7.5
Entre 10,000 y 1'000,000	Mediano	10
Mayor de 1'000,000	Pesado	12.5 o más

Tabla 84.00: Espesores mínimos de la capa asfáltica, Tramo N°01.
Fuente: Instituto del Asfalto (MS-1) 1991.

Por tanto, la estructura del pavimento flexible, quedaría determinada de la siguiente manera:

CAPA	Espesores (hi) [pulg]	Espesores (hi) [mm]
Concreto Asfáltico	4.5	115.00
Base	-	-
Subbase	-	-

Tabla 85.00: Espesores definitivos del Pavimento Flexible, Tramo N°01.
Fuente: Elaboración propio.

ESPESOR TOTAL: 4" (100 mm)

- Carta de diseño de Agregado de base de 150 mm de espesor de TMAX 7°C.

Tenemos un ESAL de 2.00×10^5 , un Módulo de Resiliencia de la Subrasante de Mr: 94.39 Mpa.

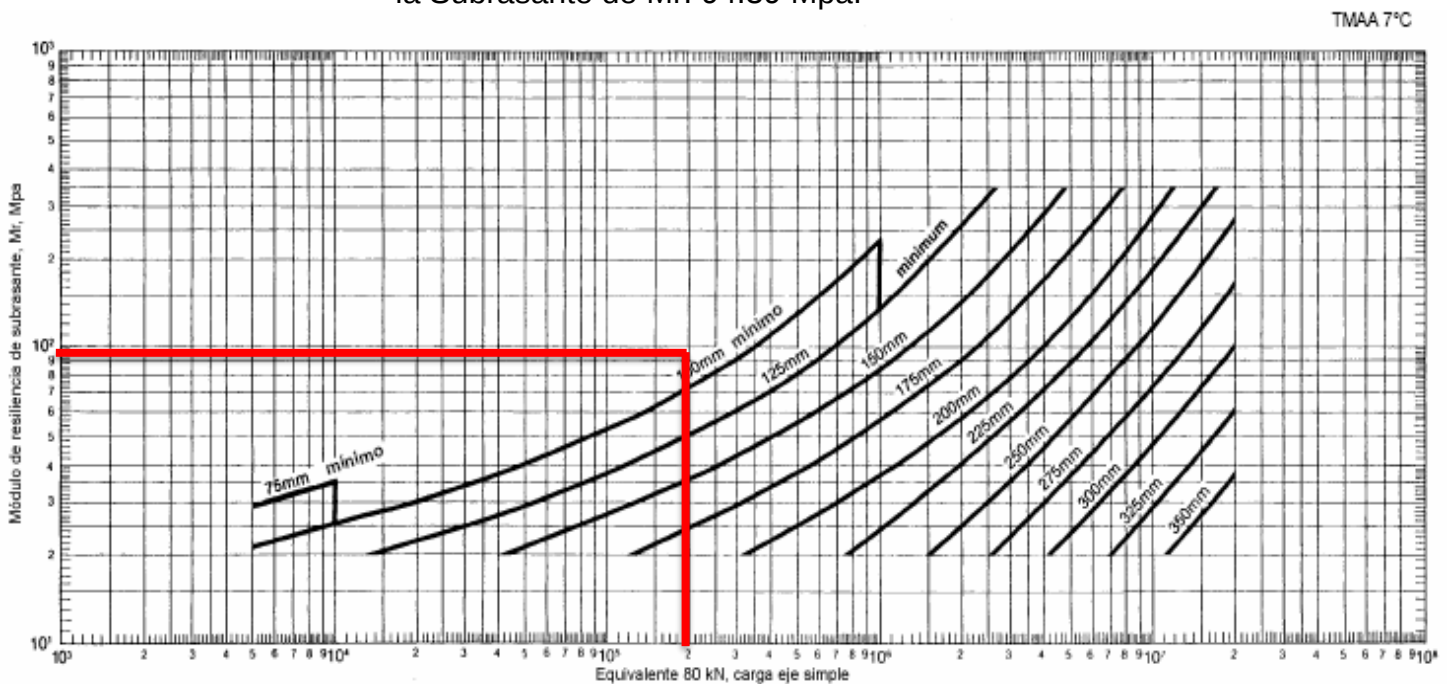


Figura 20.00: Agregado de base de 150 mm de espesor, TMAX 7°C, Tramo N°01.
Fuente: Instituto del Asfalto (MS-1) 1991.

Como resultado tenemos un espesor de concreto asfáltico de 100 mm, equivalente a 4 pulgadas, cumpliendo este con el mínimo estipulado en el manual del Instituto del Asfalto.

CANTIDAD DE EJES EQUIVALENTES	CONDICIÓN DE TRANSITO	ESPESORES MÍNIMOS DE LA CAPA ASFÁLTICA (cm)
Hasta 10,000	Ligero	7.5
Entre 10,000 y 1'000,000	Mediano	10
Mayor de 1'000,000	Pesado	12.5 o más

Tabla 86.00: Espesores mínimos de la capa asfáltica, Tramo N°01.

Fuente: Instituto del Asfalto (MS-1) 1991.

Por tanto, la estructura del pavimento flexible, quedaría determinada de la siguiente manera:

CAPA	Espesores (hi) [pulg]	Espesores (hi) [mm]
Concreto Asfáltico	4.00	100.00
Base	6.00	150.00
Subbase	-	-

Tabla 87.00: Espesores definitivos del Pavimento Flexible, 150 mm de espesor de agregado de base, Tramo N°01.

Fuente: Elaboración propio.

ESPESOR TOTAL: 10" (250 mm)

- **Carta de diseño de Agregado de base de 150 mm de espesor de TMAX 7°C.**

Tenemos un ESAL de 2.00×10^5 un Módulo de Resiliencia de la Subrasante de Mr: 94.39 Mpa.

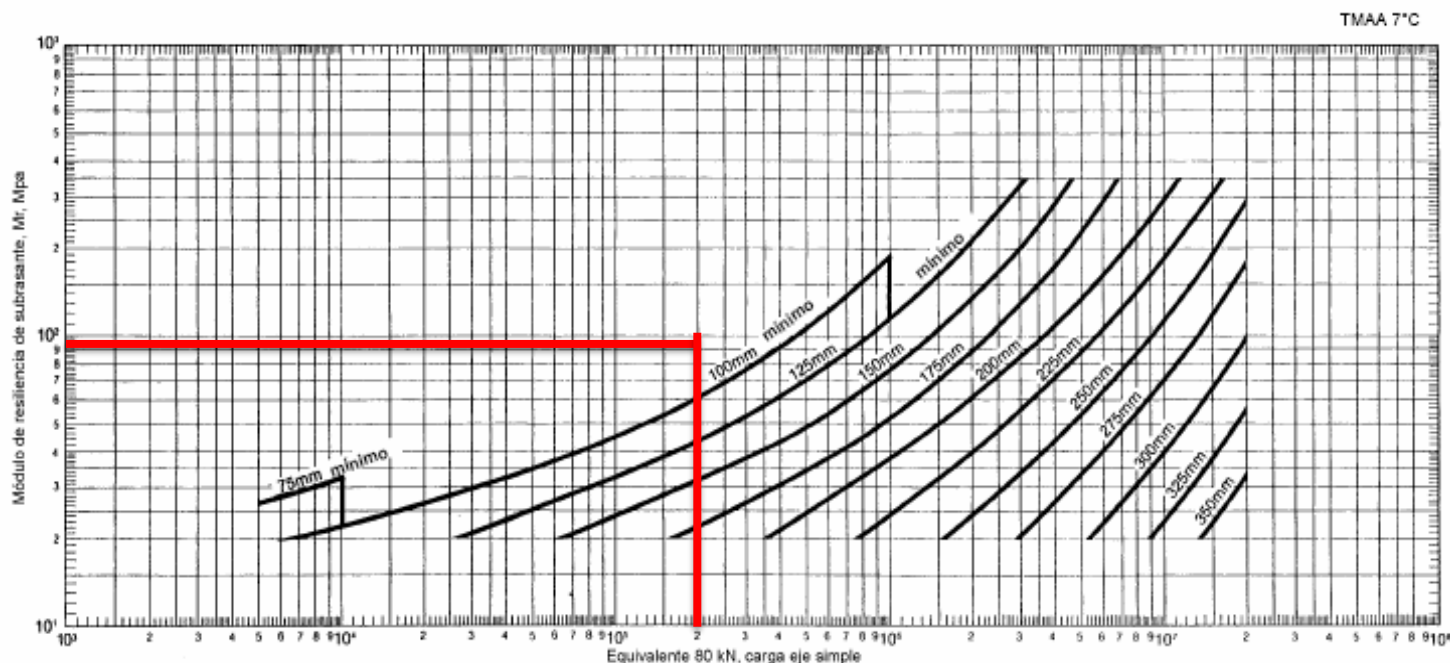


Figura 21.00: Agregado de base de 300 mm de espesor, TMAX 7°C, Tramo N°01.
Fuente: Instituto del Asfalto (MS-1) 1991.

Como resultado tenemos un espesor de concreto asfáltico de 100 mm, equivalente a 4 pulgadas, cumpliendo este con el mínimo estipulado en el manual del Instituto del Asfalto.

CANTIDAD DE EJES EQUIVALENTES	CONDICIÓN DE TRANSITO	ESPESORES MÍNIMOS DE LA CAPA ASFÁLTICA (cm)
Hasta 10,000	Ligero	7.5
Entre 10,000 y 1'000,000	Mediano	10
Mayor de 1'000,000	Pesado	12.5 o más

Tabla 88.00: Espesores mínimos de la capa asfáltica, Tramo N°01.
Fuente: Instituto del Asfalto (MS-1) 1991.

Por tanto, la estructura del pavimento flexible, quedaría determinada de la siguiente manera:

CAPA	Espesores (hi) [pulg]	Espesores (hi) [mm]
Concreto Asfáltico	4.00	100.00
Base	6.00	150.00
Subbase	6.00	150.00

Tabla 89.00: Espesores definitivos del Pavimento Flexible, 300 mm de espesor de agregado de base, Tramo N°01.
Fuente: Elaboración propio.

ESPESOR TOTAL: 16" (400.00mm)

✓ Diseño del Tramo N° 02 desde la progresiva Km 3+700 - 7+554.

C) Variables de Diseño

A.1) Determinación del Valor de Tránsito, ESAL

- Total, de vehículos por carril:

De la expresión:

$$\text{Total, de veh por carril} = \text{TPD} \times \% \text{ de camiones en el carril de diseño}$$

Partiendo del TPD

$$\text{TPD} = 89 \text{ veh/día}$$

Según la tabla de porcentaje del total de camiones en el carril de diseño:

PORCENTAJE DEL TRAFICO TOTAL DE CAMIONES EN EL CARRIL DE DISEÑO	
NUMERO DE CARRILES DOS DIRECCIONES	PORCENTAJE DE CAMIONES EN EL CARRIL DE DISEÑO
2	50
4	45 (35-48)
6 ó más	40 (25-48)

Tabla 90.00: Porcentaje del tránsito total de camiones en el carril de diseño, Tramo N°02.

Fuente: AASHTO – 1993

Considerando que hay un carril de diseño, seleccionamos el más próximo que sería el de 2 carriles de diseño.

Porcentaje que corresponde al carril de diseño: 50%

Reemplazando en la expresión:

$$\text{Total, de veh por carril} = 89 \times 50\%$$

$$\text{Total, de vehículos por carril} = 44.5 \text{ veh/día}$$

- **Cálculo del Número Promedio de cada Tipo de Vehículo Esperando en el carril de diseño para el primer año:**

Calcularemos el número total de vehículos en el carril de diseño para un 15.40 el cual corresponde al porcentaje de vehículos pesados indicado en el TPD.

$$k1 = 15.40\%$$

Primero calculamos el número total de vehículos:

- **Número de Vehículos:**

De la expresión:

$$\text{Número de vehículos} = k1 \times \text{total de veh por carril}$$

Con los siguientes datos:

$$\text{Total, de vehículos por carril} = 44.5 \text{ veh/día}$$

Multiplicaremos el factor K1 por el Total de Vehículos por carril tenemos:

$$\text{Número de vehículos} = 15.40\% \times 44.5$$

$$\text{Número de Vehículos} = 6.85 \text{ veh/día}$$

- **Total, de Vehículos:**

De la expresión:

$$\text{Total, de Vehículos} = \text{Nº de Veh} \times \text{Nº días del año}$$

Con los siguientes datos:

$$\text{Número de Vehículos} = 6.85 \text{ veh/día}$$

Además, tenemos que:

$$\text{Nº días del año} = 365 \text{ días}$$

Por tanto, multiplicaremos el número de vehículos por día, por los días del año, para tener el Total de Vehículos por año:

$$\text{Total, de Vehículos} = 6.85 \times 365$$

Lo que significa que durante el primer año de servicio se tendrá:

Total, de Vehículos= 2501.11 Vehículos

- **Factor de Crecimiento de Tránsito**

$$\text{Factor de Crecimiento} = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Donde:

r: Tasa de crecimiento anual, % = 10.11%

n: Período de diseño en años = 10 años

Remplazamos:

$$\text{Factor de Crecimiento} = \frac{(1 + 5.11\%)^{10} - 1}{5.11\%}$$

Factor de Crecimiento = 10.023

- **Determinación del Factor Camión**

Para el Cálculo del Factor Camión, se tomaron los cálculos realizados en el Ítem 3.5.2.4 de la presente investigación.

- **Cálculo del ESAL de Diseño**

VEHÍCULOS	N° veh/sem	N° veh/día	N° veh/año	F.C.	ESAL en el carril de diseño	Factor de crecimiento*	ESAL _{diseño}
	1	2=1/7	3=2*365	4	5=4*3	6	7=6*5
Autos, camionetas y combis	229.00	32.71	11940.714	0.0030	35.822	10.023	359.05
B2	24.00	3.43	1251.429	4.504	5636.001	10.023	56,489.79
C2	61.00	8.71	3180.714	4.504	14324.836	10.023	143,578.21
SUMATORIA	314.00	44.86	16372.86	-	19996.66	-	200427.04
ESAL =							200,427.038
ESAL =							20.04 x 10⁴

Tabla 91.00: ESAL de Diseño, Tramo N°02.

Fuente: Elaboración Propia

A.2) Selección del Módulo de Resiliencia de la Subrasante

- Cálculo del Percentil de Diseño

Obteniendo un ESAL de 4.52×10^4 , entramos a la Tabla 84.00 y Se toma el valor percentil de 75 % para ESAL entre $10^4 - 10^6$

PRINCIPIO DE COMPARACION (ESAL)	
NUMERO DE EJES DE 18000 Lb EN EL CARRIL DE DISEÑO	PORCENTIL A SELECCIONAR PARA HALLAR CBR
$< 10^4$	60
$10^4 - 10^6$	75
$> 10^6$	87.5

Tabla 92.00: Percentil de Diseño, Tramo N°02.
Fuente: Manual del Instituto del Asfalto (MS-1) 1991

Percentil = 75

- Determinación del Módulo de Resiliencia de la Subrasante

El estudio ha ensayado cuatro muestras de subrasante para el primer diseño de pavimento flexible, siendo los resultados de C.B.R. expresados en la Tabla 85.00 utilizando las expresiones siguientes:

$$\begin{aligned} Mr \text{ (Mpa)} &= 10.3 \times CBR \\ Mr \text{ (psi)} &= 1,500 \times CBR \end{aligned}$$

CBR %	MODULO DE RESILENCIA	
	P.S.I.	(Mpa)
53.50	80250	551.05
57.00	85500	587.10
62.00	93000	638.60

Tabla 93.00: Determinación del Módulo de Resiliencia, Tramo N°02.
Fuente: Elaboración Propia

- Cálculo del Módulo de Resiliencia de Diseño de la Subrasante

Para el cálculo, tenemos los valores de Mr, en secuencia numérica de forma descendente; luego, para cada valor diferente del Mr, empezando con el menor valor, se obtiene el número de

valores que son iguales o mayores que el valor analizado, luego se calcula el porcentaje de cada uno de los valores con respecto al total. Lo anterior se resume en la Tabla 86.00:

Mr (PSI)	N° DE VALORES MAYORES O IGUALES A Mri	PORCENTAJES DE VALORES MAYORES O IGUALES (%)
80,250.00	1	31.01%
85,500.00	2	64.06%
93,000.00	3	100.00%
258,750.00	-	-

*Tabla 94.00: Calculo del Módulo Resiliente, Tramo N°02.
Fuente: Elaboración Propia*

A continuación, se muestran los datos el Grafico 18.00, y se muestra la selección del Módulo Resiliente, entrando con el percentil del 75%.

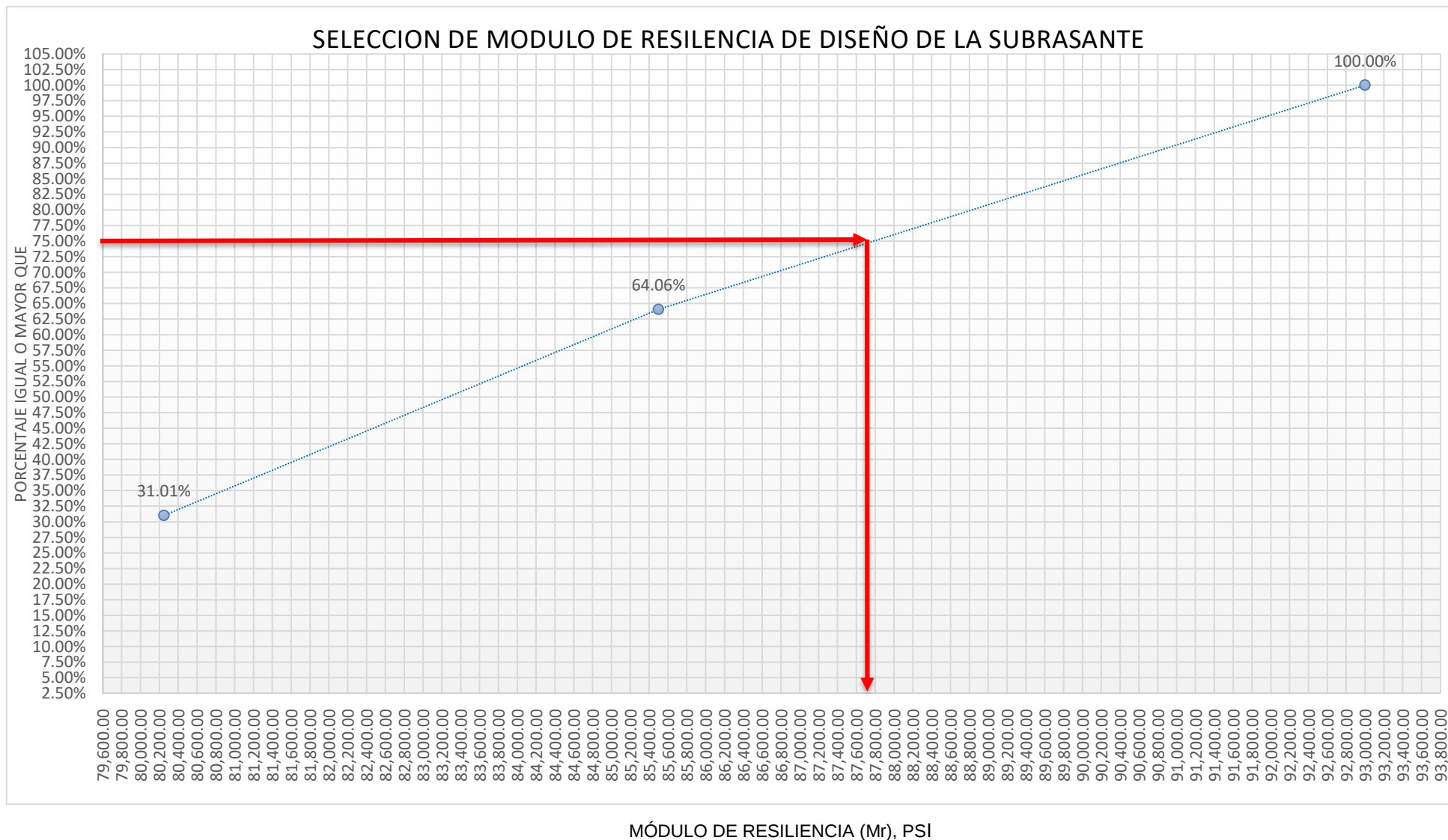


Figura 22.00: Selección del Módulo de Resiliencia, Tramo N°02.
Fuente: Elaboración Propia

Mr = 87750.00PSI
Mr = 605.02 Mpa

D) Determinación de Espesores de la Estructura del Pavimento Flexible

- Mediante Cartas de Diseño

Habiéndose realizado los procedimientos anteriores, se procedió a determinar el espesor del pavimento con concreto asfáltico, el cual será ubicado sobre base de agregados que no necesitan mejoramiento. Para tal objetivo, utilizaremos la carta de diseño para base de agregados no tratados de 30 cm, 15 cm y espesor completo de concreto asfáltico, y consideraremos una temperatura media anual de 7°C.

- **Carta de diseño de Espesor Completo de Concreto Asfáltico de TMAX 7°C.**

Tenemos un ESAL de 2.00×10^5 , un Módulo de Resiliencia de la Subrasante de $M_r: 605.02 \text{ Mpa}$.

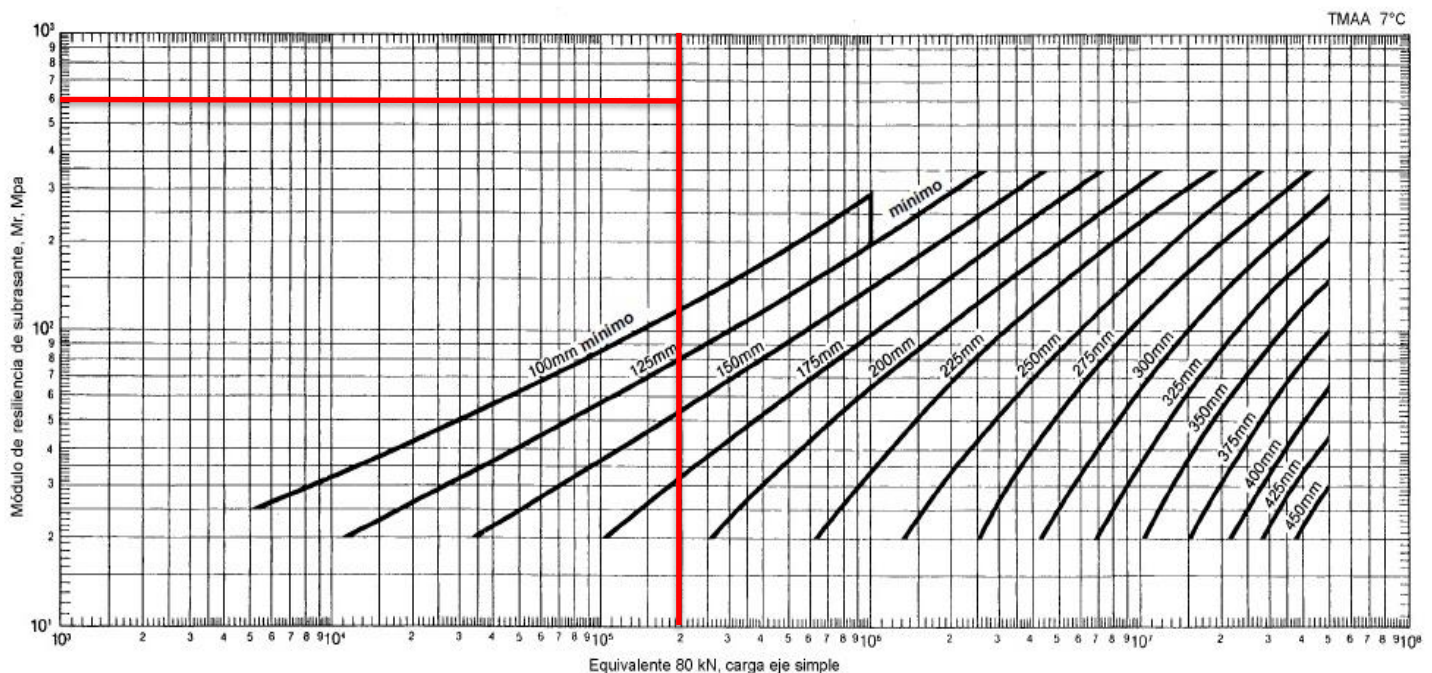


Figura 23.00: Espesor completo de concreto asfáltico, TMAX 7°C, Tramo N°02.
Fuente: Instituto del Asfalto (MS-1) 1991.

Como resultado tenemos un espesor de concreto asfáltico de 100 mm, equivalente a 4 pulgadas, cumpliendo este con el mínimo estipulado en el manual del Instituto del Asfalto.

CANTIDAD DE EJES EQUIVALENTES	CONDICIÓN DE TRANSITO	ESPESORES MÍNIMOS DE LA CAPA ASFÁLTICA (cm)
Hasta 10,000	Ligero	7.5
Entre 10,000 y 1'000,000	Mediano	10
Mayor de 1'000,000	Pesado	12.5 o más

Tabla 95.00: Espesores mínimos de la capa asfáltica, Tramo N°02.
Fuente: Instituto del Asfalto (MS-1) 1991.

Por tanto, la estructura del pavimento flexible, quedaría determinada de la siguiente manera:

CAPA	Espesores (hi) [pulg]	Espesores (hi) [mm]
Concreto Asfáltico	4.00	100.00
Base	-	-
Subbase	-	-

Tabla 96.00: Espesores definitivos del Pavimento Flexible, Tramo N°02.
Fuente: Elaboración propio.

ESPESOR TOTAL : 4" (100.00mm)

- **Carta de diseño de Agregado de base de 150 mm de espesor de TMAX 7°C.**

Tenemos un ESAL de 2.00×10^5 , un Módulo de Resiliencia de la Subrasante de Mr: 605.02Mpa.

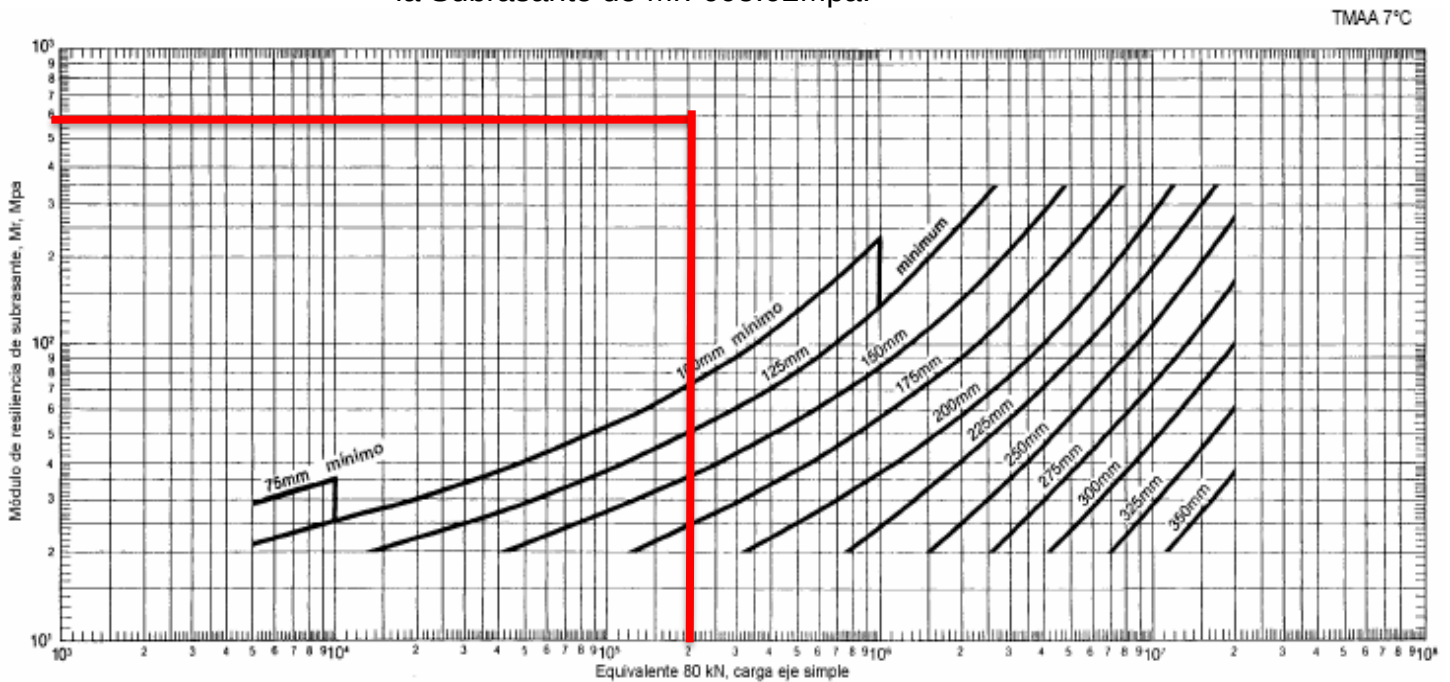


Figura 24.00: Agregado de base de 150 mm de espesor, TMAX 7°C, Tramo N°02.
Fuente: Instituto del Asfalto (MS-1) 1991.

Como resultado tenemos un espesor de concreto asfáltico de 100 mm, equivalente a 4 pulgadas, cumpliendo este con el mínimo estipulado en el manual del Instituto del Asfalto.

CANTIDAD DE EJES EQUIVALENTES	CONDICIÓN DE TRANSITO	ESPESORES MÍNIMOS DE LA CAPA ASFÁLTICA (cm)
Hasta 10,000	Ligero	7.5
Entre 10,000 y 1'000,000	Mediano	10
Mayor de 1'000,000	Pesado	12.5 o más

Tabla 97.00: Espesores mínimos de la capa asfáltica, Tramo N°02.

Fuente: Instituto del Asfalto (MS-1) 1991.

Por tanto, la estructura del pavimento flexible, quedaría determinada de la siguiente manera:

CAPA	Espesores (hi) [pulg]	Espesores (hi) [mm]
Concreto Asfáltico	4.00	100.00
Base	6.00	150.00
Subbase	-	-

Tabla 98.00: Espesores definitivos del Pavimento Flexible, 150 mm de espesor de agregado de base, Tramo N°02.

Fuente: Elaboración propio.

ESPESOR TOTAL: 10" (250.00 mm)

- **Carta de diseño de Agregado de base de 150 mm de espesor de TMAX 7°C.**

Tenemos un ESAL de 2.00×10^5 , un Módulo de Resiliencia de la Subrasante de Mr: 605.02 Mpa.

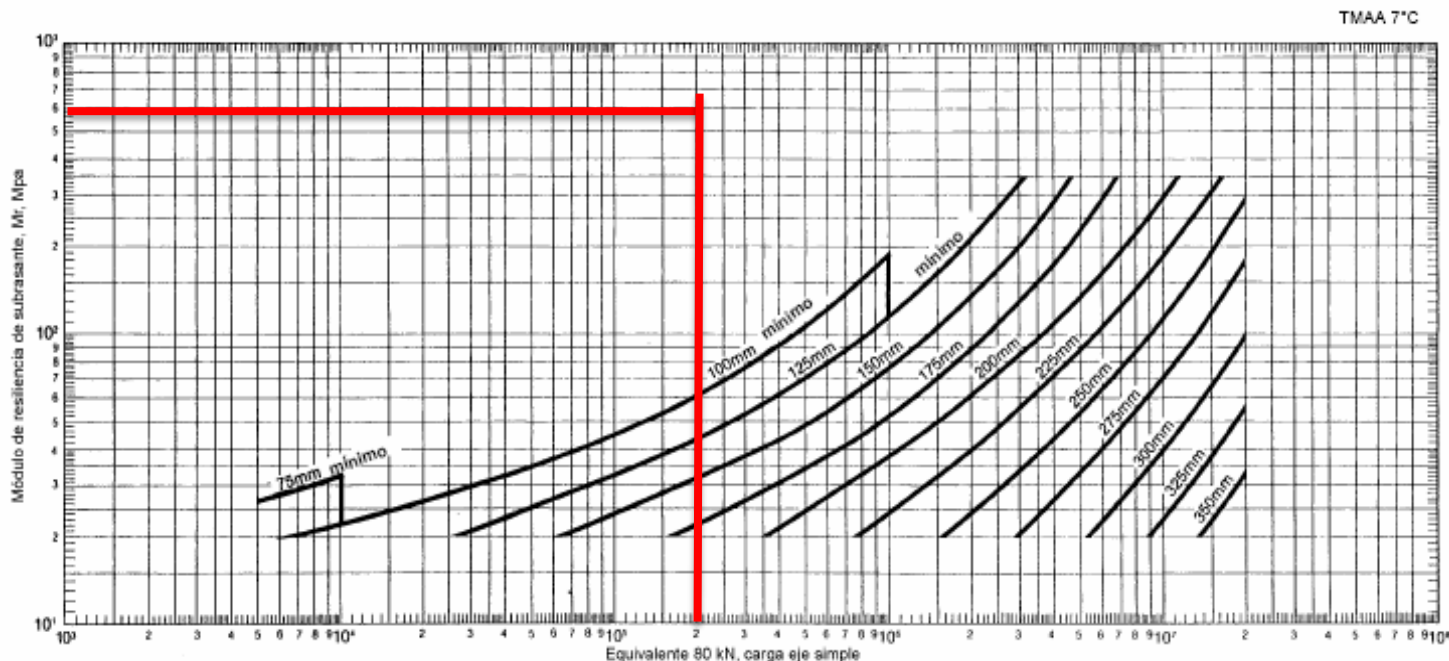


Figura 25.00: Agregado de base de 300 mm de espesor, TMAX 7°C, Tramo N°02.
Fuente: Instituto del Asfalto (MS-1) 1991.

Como resultado tenemos un espesor de concreto asfáltico de 100 mm, equivalente a 4 pulgadas, cumpliendo este con el mínimo estipulado en el manual del Instituto del Asfalto.

CANTIDAD DE EJES EQUIVALENTES	CONDICIÓN DE TRANSITO	ESPESORES MÍNIMOS DE LA CAPA ASFÁLTICA (cm)
Hasta 10,000	Ligero	7.5
Entre 10,000 y 1'000,000	Mediano	10
Mayor de 1'000,000	Pesado	12.5 o más

Tabla 99.00: Espesores mínimos de la capa asfáltica, Tramo N°02.
Fuente: Instituto del Asfalto (MS-1) 1991.

Por tanto, la estructura del pavimento flexible, quedaría determinada de la siguiente manera:

CAPA	Espesores (hi) [pulg]	Espesores (hi) [mm]
Concreto Asfáltico	4.00	100.00
Base	6.00	150.00
Subbase	6.00	150.00

Tabla 100.00: Espesores definitivos del Pavimento Flexible, 300 mm de espesor de agregado de base, Tramo N°02.
Fuente: Elaboración propia.

ESPESOR TOTAL: 16" (400.00 mm)

3.5.6 Análisis comparativo de los espesores de la estructura del Pavimento Flexible diseñados mediante la metodología de la AASHTO-93 y la del Instituto del Asfalto.

Para el análisis comparativo entre las metodologías de la AASHTO y la del Instituto del Asfalto, se ha considerado 2 propuestas de diseño mediante la AASHTO-93, Método gráfico (ábacos) y Método de la Ecuación, y 3 propuestas de diseño (ábacos), mediante el Instituto del Asfalto, mediante las cartas de diseño de Agregado de base de 150 mm de espesor de TMAX 7°C, de Agregado de base de 300 mm de espesor de TMAX 7°C y la carta de diseño de Espesor Completo de Concreto Asfáltico de TMAX 7°C.

Primero hacemos la comparación entre las 2 propuestas de la metodología AASHTO – 93, Método gráfico (ábacos) y Método de la Ecuación y luego hacemos la comparación entre las 3 propuestas de diseño mediante el Instituto del Asfalto, mediante las cartas de diseño de Agregado de base de 150 mm de espesor de TMAX 7°C, de Agregado de base de 300 mm de espesor de TMAX 7°C y la carta de diseño de Espesor Completo de Concreto Asfáltico de TMAX 7°C.:

- **Análisis comparativo de la estructura del Método de la AASHTO – 93**
 - ✓ **Tramo N°01 entre progresiva Km 0+000 – 3+700 (Chuan Parte Baja)**

ESTRUCTURA	CAPAS	ESPESORES (Plg)		VARIACIÓN DE ESPESORES
		MÉTODO GRAFICO	MÉTODO POR ECUACIÓN	
	Concreto Asfáltico	4.00	4.00	No hay variación
	Base	3.00	2.50	Varía en 0.50 pulgadas
	Sub base	3.50	3.00	Varía en 0.50 pulgada

Propuesta Económica

ESTRUCTURA	CAPAS	ESPESORES (Plg)		VARIACIÓN DE ESPESORES
		MÉTODO GRAFICO	MÉTODO POR ECUACIÓN	
	Concreto Asfáltico	3.00	3.00	No hay variación
	Base	6.50	5.50	Varía en 1.00 pulgadas
	Sub base	3.00	3.50	Varía en 0.50 pulgada

Tabla 101.00: Análisis comparativo de la estructura del Método AASHTO-93, Tramo N°01.

Fuente: Elaboración propia.

Tenemos una diferencia de espesores mínima, en el caso del Concreto Asfáltico no hay variación, en la Base de 0.50 pulg y en la Subbase de 0.50 pulg.

- ✓ **Tramo N°02 entre progresiva Km 3+700 – 7+554 (Oromalqui a Julcán)**

ESTRUCTURA	CAPAS	ESPESORES (Plg)		VARIACIÓN DE ESPESORES
		MÉTODO GRAFICO	MÉTODO POR ECUACIÓN	
	Concreto Asfáltico	4.00	4.00	No hay variación
	Base	2.50	2.00	Varia en 0.50 pulgadas
	Sub base	-	-	No cuentan con subbase al tener la subrasante un CBR óptimo de 53.50%

Propuesta Económica

ESTRUCTURA	CAPAS	ESPESORES (Plg)		VARIACIÓN DE ESPESORES
		MÉTODO GRAFICO	MÉTODO POR ECUACIÓN	
	Concreto Asfáltico	3.00	3.00	No hay variación
	Base	6.00	5.50	Varia en 0.50 pulgadas
	Sub base	-	-	No cuentan con subbase al tener la subrasante un CBR óptimo de 53.50%

Tabla 102.00: Análisis comparativo de la estructura del Método AASHTO-93, Tramo N°02.

Fuente: Elaboración propia.

Tenemos una diferencia de espesores mínima, en el caso del Concreto Asfáltico no hay variación, en la Base de 0.50 pulg y en la Subbase no presenta dimensión.

Selección de espesores de la estructura del Pavimento Flexible del Método AASHTO-93 para cada tramo:

Se considerarán los espesores del Método por Ecuación por ser un método donde presenta mayor precisión de cálculo al utilizar la formula general del método AASHTO-93 (Programa Excel – función búsqueda objetivo) para obtener los Números Estructurales (SNi), a diferencia del Método Grafico (ábacos), en el cual se realiza el cálculo mediante un ábaco trazando y proyectando líneas manualmente para obtener los Números Estructurales (SNi), siendo este método impreciso, teniendo un porcentaje de error mayor, existiendo riesgo de sobredimensionar el pavimento.

Por lo tanto, se escoge el Método por Ecuación, en pro de optimizar los costos del proyecto, se optó por la propuesta económica, teniendo los espesores definitivos para cada tramo:

- ✓ **Tramo N°01 entre progresiva Km 0+000 – 3+700 (Chuan Parte Baja)**

ESTRUCTURA	CAPAS	ESPESORES (Plg)
	Concreto Asfáltico	3.00
	Base	5.50
	Sub base	3.50

Tabla 103.00: Selección de espesores de la estructura del Método AASHTO-93, Tramo N°01.

Fuente: Elaboración propia.

- ✓ **Tramo N°02 entre progresiva Km 3+700 – 7+554 (Oromalqui a Julcán)**

ESTRUCTURA	CAPAS	ESPESORES (Plg)
	Concreto Asfáltico	3.00
	Base	5.50
	Sub base	-

Tabla 104.00: Selección de espesores de la estructura del Método AASHTO-93, Tramo N°02.

Fuente: Elaboración propia.

- Análisis comparativo de la estructura del Método del Instituto del Asfalto
- ✓ Tramo N°01 entre progresiva Km 0+000 – 3+700 (Chuan Parte Baja)

ESTRUCTURA	CAPAS	ESPESORES (Pig)			VARIACIÓN DE ESPESORES
		Carta de diseño de Espesor Completo de Concreto Asfáltico de TMAX 7°C	Carta de diseño de Agregado de base de 150 mm de espesor de TMAX 7°C.	Carta de diseño de Agregado de base de 300 mm de espesor de TMAX 7°C.	
	Concreto Asfáltico	4.50	4.00	4.00	Varía en 0.5 de espesor
	Base	-	6.00	6.00	Para la carta de diseño de espesor completo de concreto asfáltico no considera base, mientras que entre las otras 2 propuestas no hay variación
	Sub base	-	-	6.00	Para la carta de diseño de espesor completo de concreto asfáltico y 150 mm de base de agregado no considera subbase, mientras que entre las otra propuesta considera un espesor total entre base y subbase de 300 mm

Tabla 105.00: Análisis comparativo de la estructura del Método del Instituto del Asfalto, Tramo N°01.

Fuente: Elaboración propia.

Las variaciones entre las 3 propuestas son las capas que toma en cuenta para el diseño.

✓ Tramo N°02 entre progresiva Km 3+700 – 7+554 (Oromalqui a Julcán)

ESTRUCTURA	CAPAS	ESPESORES (Pig)			VARIACIÓN DE ESPESORES
		Carta de diseño de Espesor Completo de Concreto Asfáltico de TMAX 7°C	Carta de diseño de Agregado de base de 150 mm de espesor de TMAX 7°C.	Carta de diseño de Agregado de base de 300 mm de espesor de TMAX 7°C.	
	Concreto Asfáltico	4.00	4.00	4.00	No hay variación
	Base	-	6.00	6.00	Para la carta de diseño de espesor completo de concreto asfáltico no considera base, mientras que entre las otras 2 propuestas no hay variación
	Sub base	-	-	6.00	Para la carta de diseño de espesor completo de concreto asfáltico y 150 mm de base de agregado no considera subbase, mientras que entre las otra propuesta considera un espesor total entre base y subbase de 300 mm

Tabla 106.00: Análisis comparativo de la estructura del Método del Instituto del Asfalto, Tramo N°02.

Fuente: Elaboración propia.

Las variaciones entre las 3 propuestas son las capas que toma en cuenta para el diseño.

Selección de espesores de la estructura del Pavimento Flexible del Método del Instituto del Asfalto para cada tramo:

Teniendo en cuenta que las tres propuestas son válidas para el diseño de la estructura del Pavimento Flexible.

✓ **Tramo N°01 entre progresiva Km 0+000 – 3+700 (Chuan Parte Baja)**

Se tomará la propuesta de la Carta de diseño de Agregado de base de 300 mm de espesor de TMAX 7°C. que considera las 3 capas de la estructura del pavimento, Carpeta Asfáltica, base y subbase, con el fin de comparar con la Metodología AASHTO.

ESTRUCTURA	CAPAS	ESPESORES (Plg)
	Concreto Asfáltico	4.00
	Base	6.00
	Sub base	6.00

Tabla 107.00: Selección de espesores de la estructura del Método del Instituto del Asfalto, Tramo N°01.

Fuente: Elaboración propia.

✓ **Tramo N°02 entre progresiva Km 3+700 – 7+554 (Oromalqui a Julcán)**

Se tomará la propuesta de la Carta de diseño de Agregado de base de 150 mm de espesor de TMAX 7°C. que considera las 2 capas de la estructura del pavimento, Carpeta Asfáltica, base, con el fin de comparar con la Metodología AASHTO.

ESTRUCTURA	CAPAS	ESPESORES (Plg)
	Concreto Asfáltico	4.00
	Base	6.00
	Sub base	-

Tabla 108.00: Selección de espesores de la estructura del Método del Instituto del Asfalto, Tramo N°02.

Fuente: Elaboración propia.

Segundo se realiza la comparación entre la metodología AASHTO – 93 y la del Instituto del Asfalto.

– **ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTRUCTURA ENTRE MÉTODO DE LA AASHTO – 93 Y EL MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO.**

Variables de Diseño.

VARIABLES DE DISEÑO	
AASHTO -93	INSTITUTO DEL ASFALTO
EAL's	EAL's
Índice de Serviciabilidad Inicial (Po)	-
Índice de Serviciabilidad Final (Pf)	-
Índice de Serviciabilidad (Δ PSI)	-
Módulo de Resiliencia (MR -Carpetas Asfálticas)	-
Módulo de Resiliencia (MR-Base)	-
Módulo de Resiliencia (MR-Subbase)	-
Módulo de Resiliencia (MR-Subrasante)	Módulo de Resiliencia (MR-Subrasante)
Coeficiente de drenaje (m_1, m_2 y m_3)	-
Nivel de confiabilidad (R)	-
Desviación Estándar Normal (Z_r)	-
Error Estándar Combinado (S_o)	-
-	Percentil de Diseño

Tabla 109.00: Análisis comparativo de las Variables de Diseño entre método de la AASHTO – 93 y el método del Instituto del Asfalto.

Fuente: Elaboración propia.

Las variables de diseño que considera cada metodología es distinta, en el caso de la Metodología de la AASHTO-93 podemos ver que toma un mayor número de variables de diseño a comparación del Instituto del Asfalto, para dar más precisión de cálculo al diseño considerando variables que permiten que el proyectista pueda obtener un diseño con las características que se requieren para la zona de estudio tanto para la etapa de su construcción, mantenimiento y vida útil, evitando un sobredimensionamiento que generaría más costo o un diseño insuficiente y/o no apto para la realidad, causando que el pavimento se deteriore antes de su periodo de diseño.

Diseño de los espesores.

Teniendo definido los espesores para cada tramo en cada Metodología de Diseño de la estructura de Pavimento Flexible, tenemos la siguiente comparación.

✓ Tramo N°01 entre progresiva Km 0+000 – 3+700 (Chuan Parte Baja)

ESTRUCTURA	CAPAS	ESPESORES (Plg)		VARIACIÓN DE ESPESORES
		AASHTO-93	INSTITUTO DEL ASFALTO	
	Concreto Asfáltico	3.00	4.00	Varía en 1 pulgada
	Base	5.50	6.00	Varia en 0.5 pulgadas
	Sub base	3.50	6.00	Varia en 3.00 pulgadas

*Tabla 110.00: Análisis comparativo de los espesores entre método de la AASHTO – 93 y el método del Instituto del Asfalto, Tramo N°01.
Fuente: Elaboración propia.*

✓ Tramo N°02 entre progresiva Km 3+700 – 7+554 (Oromalqui a Julcán)

ESTRUCTURA	CAPAS	ESPESORES (Plg)		VARIACIÓN DE ESPESORES
		AASHTO-93	INSTITUTO DEL ASFALTO	
	Concreto Asfáltico	3.00	4.00	Varía en 1 pulgada.
	Base	5.50	6.00	Varia en 0.5 pulgadas
	Sub base	-	-	No cuentan con súbbase al tener la subrasante un CBR óptimo de 53.50%, lo cual es reflejado en el cálculo previo

*Tabla 111.00: Análisis comparativo de los espesores entre método de la AASHTO – 93 y el método del Instituto del Asfalto, Tramo N°02.
Fuente: Elaboración propia.*

3.5.7 Determinar la alternativa recomendable para la zona de estudio

Para la zona de estudio, que se divide en dos tramos, se tienen los espesores de la estructura el Pavimento Flexible mediante las Metodologías de la AASHTO y del Instituto del Asfalto.

El criterio para determinar cuál diseño es recomendable para la zona de estudio está en función a las variables de diseño que se consideran en cada metodología, ya que a mayores variables de diseño se puede tener una mejor proyección del diseño a realizar, así como un diseño adaptado a la realidad de la zona de estudio, tanto en el tiempo de construcción, mantenimiento y de su vida útil, al utilizar mayores variables de diseño, genera espesores precisos sin generar un sobredimensionamiento que causaría un mayor costo de construcción o un diseño insuficiente, causando en un futuro deterioro del pavimento antes de cumplir su periodo de diseño. Además, se debe considerar la alternativa que mejores prestaciones resulte en cuanto a reducción de costos .

En consecuencia, la Metodología que será recomendable para el diseño será la Metodología AASHTO-93, siendo una metodología minuciosa, la cual tiene en consideración más variables de diseño en comparación a la Metodología del Instituto del Asfalto, que es un diseño simplificado que se basa en cartas de diseño.

Se tienen los siguientes Diseños de la Estructura del Pavimento Flexible mediante la Metodología AASHTO-93 **definitivos** para cada tramo de estudio:

- ✓ **Tramo N°01 entre progresiva Km 0+000 – 3+700 (Chuan Parte Baja)**

ESTRUCTURA	CAPAS	ESPESORES (Plg)
	Concreto Asfáltico	3.00
	Base	5.50
	Sub base	3.50

Tabla 112.00: Espesores Definitivos de la estructura del Pavimento Flexible (Método AASHTO), Tramo N°01.

Fuente: Elaboración propia.

- ✓ Tramo N°02 entre progresiva Km 3+700 – 7+554 (Oromalqui a Julcán)

ESTRUCTURA	CAPAS	ESPESORES (Plg)
	Concreto Asfáltico	3.00
	Base	5.50
	Sub base	-

*Tabla 113.00: Espesores Definitivos de la estructura del Pavimento Flexible (Método AASHTO), Tramo N°02.
Fuente: Elaboración propia.*

IV. RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

- Según el Levantamiento realizado (Ver Anexos), Se obtuvo un camino vecinal del Caserío de Chuan Parte Baja a Julcán de 7.554 Km de Longitud.
- Como resultado del estudio de suelos, se obtuvo las siguientes características de las siete (07) calicatas realizadas a lo largo del camino vecinal del Caserío de Chuan Parte Baja a Julcán:

CALICATA N° 1	CALICATA N° 2	CALICATA N° 3
CL/A-6(10): Arcilla Inorgánica de baja compresibilidad, con finos de mediana plasticidad, de color marrón claro a beige, de regular humedad y consistencia media. CBR: 9.1%.	CL/A-6(12): Arcilla Inorgánica de baja compresibilidad, con finos de mediana plasticidad, de color beige, de regular humedad y de consistencia media. CBR: 9.6%.	CL/A-6(11): Arcilla Inorgánica de baja compresibilidad, con finos de mediana plasticidad, de color marrón claro a beige, de regular humedad y de consistencia media. CBR: 9.0%.
CALICATA N° 4	CALICATA N° 5	CALICATA N° 6
CL/A-6(14): Arcilla Inorgánica de baja compresibilidad, con finos de mediana plasticidad, de color beige, de regular humedad y consistencia media. CBR: 8.5%.	GC/A-2-6(0): Grava Arcillosa, con finos de mediana plasticidad, de color marrón claro, de regular humedad, consistencia media, con presencia de material semi rocoso en el fondo de la exploración CBR: 53.5%.	GC/A-2-6(0): Grava Arcillosa, con finos de mediana plasticidad, de color marrón claro, de regular humedad, consistencia media, con presencia de material semi rocoso en el fondo de la exploración CBR: 57.0%.
	CALICATA N° 7	
	GC/A-2-6(0): Grava Arcillosa, con finos de mediana plasticidad, de color marrón claro, de regular humedad, consistencia media, con presencia de material semi rocoso en el fondo de la exploración CBR: 62.0%.	

- ESAL de Diseño para el camino vecinal, mediante la Metodología de la AASHTO: **292,033.80**
- ESAL de Diseño para camino vecinal, mediante la Metodología del Instituto del Asfalto: **200,427.038**
- El CBR tomado para el Tramo N°01 entre la progresiva Km 0+000 - 3+700 (Chuan parte baja) es de: **8.50%**

- El CBR tomado para el Tramo N°02 entre la progresiva Km 3+700 - 7+554 (Oromalqui a Julcán) es de: **53.50%**

- Variables de Diseño para la metodología AASHTO-93:

- ✓ Para el Tramo N°01 entre la progresiva Km 0+000 - 3+700 (Chuan parte baja)

- EAL's	:	292,033.80	
- Índice de Serviciabilidad Inicial (Po)	:	4.00	
- Índice de Serviciabilidad Final (Pf)	:	2.50	
- Módulo de Resiliencia (MR -Carpeta Asfáltica)	:	360,000.00	psi
- Módulo de Resiliencia (MR-Base)	:	28,000.00	psi
- Módulo de Resiliencia (MR-Subbase)	:	16,300.00	psi
- Módulo de Resiliencia (MR-Subrasante)	:	9,870.86	psi
- Coeficiente de drenaje (m1, m2 y m2)	:	1.00	
- Nivel de confiabilidad (R)	:	75.00%	
- Desviación Estándar Normal (Zr)	:	-0.6740	
- Error Estándar Combinado (So)	:	0.450	

- ✓ Para el Tramo N°02 entre la progresiva Km 3+700 - 7+554 (Oromalqui a Julcán)

- EAL's	:	292,033.80	
- Índice de Serviciabilidad Inicial (Po)	:	4.00	
- Índice de Serviciabilidad Final (Pf)	:	2.50	
- Módulo de Resiliencia (MR -Carpeta Asfáltica)	:	360,000.00	psi
- Módulo de Resiliencia (MR-Base)	:	28,000.00	psi
- Módulo de Resiliencia (MR-Subbase)	:	16,300.00	psi
- Módulo de Resiliencia (MR-Subrasante)	:	28,606.70	psi
- Coeficiente de drenaje (m1, m2 y m2)	:	1.00	
- Nivel de confiabilidad (R)	:	75.00%	
- Desviación Estándar Normal (Zr)	:	-0.6740	
- Error Estándar Combinado (So)	:	0.450	

- Variables de Diseño para la metodología del Instituto del Asfalto:

- ✓ Para el Tramo N°01 entre la progresiva Km 0+000 - 3+700 (Chuan parte baja)

- EAL's	:	200,427.038	
- Módulo de Resiliencia (MR-Subrasante)	:	13,690.00	psi

- ✓ Para el Tramo N°02 entre la progresiva Km 3+700 - 7+554 (Oromalqui a Julcán)

- EAL's	:	200,427.04
- Módulo de Resiliencia (MR-Subrasante)	:	87,750.00 psi

- Las Estructuras de Pavimento Flexible, como resultado de los diseños mediante las metodologías de la AASHTO y la del Instituto del Asfalto son los siguientes:

Metodología AASHTO - 93

TRAMO N°01 ENTRE PROGRESIVA Km 0+000 – 3+700 (CHUAN PARTE BAJA)					
MÉTODO GRAFICO			MÉTODO POR ECUACIÓN		
ESTRUCTURA	CAPAS	ESPESTORES (Plg)	ESTRUCTURA	CAPAS	ESPESTORES (Plg)
	Concreto Asfáltico	3.00		Concreto Asfáltico	3.00
	Base	6.50		Base	5.50
	Sub base	3.00		Sub base	3.50

TRAMO N°02 ENTRE PROGRESIVA Km 3+700 – 7+554 (OROMALQUI A JULCÁN)					
MÉTODO GRAFICO			MÉTODO POR ECUACIÓN		
ESTRUCTURA	CAPAS	ESPESTORES (Plg)	ESTRUCTURA	CAPAS	ESPESTORES (Plg)
	Concreto Asfáltico	3.00		Concreto Asfáltico	3.00
	Base	6.00		Base	5.50
	Sub base	-		Sub base	-

Metodología del Instituto del Asfalto

TRAMO N°01 ENTRE PROGRESIVA Km 0+000 – 3+700 (CHUAN PARTE BAJA)					
Carta de diseño de Espesor Completo de Concreto Asfáltico de TMAX 7°C			Carta de diseño de Agregado de base de 150 mm de espesor de TMAX 7°C.		
ESTRUCTURA	CAPAS	ESPESTORES (Plg)	ESTRUCTURA	CAPAS	ESPESTORES (Plg)
	Concreto Asfáltico	4.50		Concreto Asfáltico	4.00
	Base	-		Base	6.00
	Sub base	-		Sub base	-

Carta de diseño de Agregado de base de 300 mm de espesor de TMAX 7°C.		
ESTRUCTURA	CAPAS	ESPESTORES (Plg)
	Concreto Asfáltico	4.00
	Base	6.00
	Sub base	6.00

TRAMO N°02 ENTRE PROGRESIVA Km 3+700 – 7+554 (OROMALQUI A JULCÁN)					
Carta de diseño de Espesor Completo de Concreto Asfáltico de TMAX 7°C			Carta de diseño de Agregado de base de 150 mm de espesor de TMAX 7°C.		
ESTRUCTURA	CAPAS	ESPESTORES (Plg)	ESTRUCTURA	CAPAS	ESPESTORES (Plg)
	Concreto Asfáltico	4.00		Concreto Asfáltico	4.00
	Base	-		Base	6.00
	Sub base	-		Sub base	-

Carta de diseño de Agregado de base de 300 mm de espesor de TMAX 7°C.		
ESTRUCTURA	CAPAS	ESPESTORES (Plg)
	Concreto Asfáltico	4.00
	Base	6.00
	Sub base	6.00

V. DISCUSIÓN

Los resultados de la presente investigación, comprueban la hipótesis propuesta. Se confirma que la metodología AASHTO-93 presenta mejores resultados para las condiciones propias del Camino Vecinal de Julcán al caserío de Chuan Parte Baja.

Los resultados del estudio de mecánica de suelos, nos muestran dos tramos marcados por el porcentaje de CBR, (Tramo Chuan Parte Baja y Tramo Oromalqui – Julcán), los cuales son: C1:9.1%, C2:9.6%, C3:9.0%, C4:8.5%, C5:53.5%, C6:57.0%, C7:62.0%. Por tanto, se tomó como CBR de diseño el 8.5% y 53.5%, los porcentajes más críticos con el fin de obtener espesores mayores para poder abarcar la mayor parte de los porcentajes similares y así asegurar un diseño duradero y bien realizado.

El resultado del estudio de tráfico, fue realizado en siete días, ubicando tres estaciones en desvíos principales a lo largo del camino vecinal (Dv. Chuan parte alta – entrada a Chuan parte baja, Dv. Candual, Dv. Carabamba), en los cuales se verificó que la mayor parte de vehículos motorizados utilizados por los pobladores para su desplazamiento son motos; sin embargo, para sus actividades agrarias principales para la economía de los Caseríos de Chuan Parte Baja, Oromalqui y de Julcán, es vital el tránsito de Camiones tipo C2 y Buses tipo B2. Por lo cual, se verifica la necesidad de la pavimentación y el correcto diseño del pavimento flexible para el ESAL calculado.

Esta hipótesis se relaciona por lo dicho por Tuni (2007), ya que para el cálculo de los espesores del pavimento flexible por la metodología de la AASHTO-93, se determinan previamente parámetros y variables de diseño, las cuales influyen en el procedimiento y cálculo de los espesores.

La metodología del Instituto del Asfalto, contempla menos parámetros en el procedimiento y cálculo de espesores; además, las cartas de diseño, contemplan solo Temperaturas definidas como 7°C, 15°C y 24°C, por lo cual, se observa que la metodología del Instituto del Asfalto presenta menos precisión por el amplio error aparente que se puede presentar por la escasa precisión de las cartas de diseño.

VI. CONCLUSIONES

- Se realizó el levantamiento topográfico del camino vecinal de Julcán al Caserío de Chuan parte Baja, dando como resultado una longitud de 7,554 Kilometros, además, se verificó que el tramo de Chuan parte baja presenta un solo carril y del tramo Oromalqui – Julcán dos carriles, sin bermas centrales, señalización, bermas laterales, cunetas y señalización a lo largo del camino vecinal. Además, dicho levantamiento está representado en el Plano de Ubicación y Localización (Ver Anexos).
- Del Estudio de Suelos con fines de pavimentación, se obtuvo siete muestras de material de la subrasante como resultado de la realización de siete calicatas realizadas cada kilómetro, encontrándose en la C1 a la C4, CL mediante SUCS y A-6(10-14) mediante AASHTO, en su mayoría Arcilla Inorgánica de baja compresibilidad, con finos de mediana plasticidad, de color marrón claro a beige, de regular humedad y de consistencia media, y de la C5 a la C7, GC mediante SUCS y A-2-6(0), en su mayoría Grava arcillosa, con finos de mediana plasticidad, de color marrón claro de regular humedad, consistencia media, con presencia de material semi rocoso en el fondo de la exploración.

Además, se encontró los CBR por calicatas C1: 9.1%, C2: 9.6%, C3: 9.0%, C4: 8.5%, C5: 53.5%, C6: 57.0%, C7: 62.0%, por tanto, se observó la demarcada similitud en 2 tramos, por tanto, se concluyó en realizar dos diseños, tomando los CBR para el diseño de 8.5% y 53.5%, por ser los más críticos y así garantizar un buen diseño.

- Del estudio de tráfico, se concluye que, para el diseño de pavimento flexible mediante la metodología del AASHTO, se tiene 122 Vehículos mixtos/día y mediante la metodología del Instituto del Asfalto 549.38 vehículos pesados por año.

Por otro lado, el número de ejes equivalentes para la metodología de la AASHTO fue de 83,225.52 y para la metodología del Instituto del Asfalto el número de ejes equivalentes 45,200.00. Además, la tasa de crecimiento anual hallada de 10.11% y factor de crecimiento de 10.046.

- Las Variables y Parámetros de Diseño obtenidos mediante el método de la AASHTO, para el tramo Chuan Parte Baja, entre las progresivas Km 0+000 – 3+700, son los siguientes:

Índice de Serviciabilidad Inicial (Po)	:	4.00
Índice de Serviciabilidad Final (Pf)	:	2.50
Módulo de Resiliencia (MR -Carpeta Asfáltica)	:	360,000.00 psi
Módulo de Resiliencia (MR-Base)	:	28,000.00 psi

Módulo de Resiliencia (MR-Subbase)	:	16,300.00	psi
Módulo de Resiliencia (MR-Subrasante)	:	9,870.86	psi
Coeficiente de drenaje (m1, m2 y m2)	:	1.00	
Nivel de confiabilidad (R)	:	75.00%	
Desviación Estándar Normal (Zr)	:	-0.6740	
Error Estándar Combinado (So)	:	0.450	

- Las Variables y Parámetros de diseño obtenidos mediante el método de la AASHTO, para el tramo Oromalqui a Julcán, entre la progresiva Km 3+700 – 7+554, son los siguientes:

Índice de Serviciabilidad Inicial (Po)	:	4.00	
Índice de Serviciabilidad Final (Pf)	:	2.50	
Módulo de Resiliencia (MR -Carpeta Asfáltica)	:	360,000.00	psi
Módulo de Resiliencia (MR-Base)	:	28,000.00	psi
Módulo de Resiliencia (MR-Subbase)	:	16,300.00	psi
Módulo de Resiliencia (MR-Subrasante)	:	28,606.70	psi
Coeficiente de drenaje (m1, m2 y m2)	:	1.00	
Nivel de confiabilidad (R)	:	75.00%	
Desviación Estándar Normal (Zr)	:	-0.6740	
Error Estándar Combinado (So)	:	0.450	

- Las Variables y Parámetros de diseño obtenidos mediante el método del Instituto del Asfalto, para el tramo Chuan Parte Baja, entre las progresivas Km 0+000 – 3+700, son los siguientes:

EAL's	:	200,427.04	
Módulo de Resiliencia (MR-Subrasante)	:	13,512.00	psi
Percentil de Diseño	:	75%	

- Las Variables y Parámetros de diseño obtenidos mediante el método del Instituto del Asfalto, para el tramo Oromalqui a Julcán, entre la progresiva Km 3+700 – 7+554, son los siguientes:

EAL's	:	200,427.038	
Módulo de Resiliencia (MR-Subrasante)	:	87,750.00	psi
Percentil de Diseño	:	75%	

- Los Espesores de la Estructura del Pavimento Flexible, obtenidos mediante la metodología de la AASHTO-93 para el Tramo N° 01, Km 0+000 – 3+700 (Chuan Parte Baja), son los siguientes:

ESTRUCTURA	CAPAS	ESPESORES (Plg)		VARIACIÓN DE ESPESORES
		MÉTODO GRÁFICO	MÉTODO POR ECUACIÓN	
	Concreto Asfáltico	3.00	3.00	No hay variación
	Base	6.50	5.50	Varía en 0.50 pulgadas
	Sub base	3.00	3.50	Varía en 0.5 pulgada

- Los Espesores de la Estructura del Pavimento Flexible, obtenidos mediante la metodología de la AASHTO-93 para el Tramo N° 02, Km 3+700 – 7+554 (Oromalqui a Julcán), son los siguientes:

ESTRUCTURA	CAPAS	ESPESORES (Plg)		VARIACIÓN DE ESPESORES
		MÉTODO GRÁFICO	MÉTODO POR ECUACIÓN	
	Concreto Asfáltico	3.00	3.00	No hay variación
	Base	6.00	5.50	Varia en 0.50 pulgadas
	Sub base	-	-	No cuentan con súbase al tener la subrasante un CBR óptimo de 53.50%

- Se realizó la comparación entre las 2 propuestas de la metodología AASHTO – 93, Método gráfico (ábacos) y Método de la Ecuación (de la propuesta económica, con reducción del espesor de la carpeta asfáltica), obteniendo variación de espesores en 0.50”. Al obtener por medio del programa Excel – Función Búsqueda Objetivo, los cálculos del método de la ecuación, reduciendo considerablemente el error que se puede dar en el método gráfico (ábacos), mostrando como resultado una reducción de espesor por la mayor precisión dada a comparación del trazo y proyección de líneas que se realiza en el ábaco del método gráfico. Se concluye que el método de la Ecuación es el más preciso y en el que los espesores como resultado del diseño de la estructura del pavimento flexible del Camino Vecinal Chuan Parte Baja a Julcán son los más ajustados a la realidad, evitando así los sobredimensionamientos y los errores manuales que se pueden presentar.

- Los Espesores de la Estructura del Pavimento Flexible, obtenidos mediante la metodología del Instituto del Asfalto, para el Tramo N° 01, Km 0+000 – 3+700 (Chuan Parte Baja), son los siguientes:

ESTRUCTURA	CAPAS	ESPESORES (Plg)			VARIACIÓN DE ESPESORES
		Carta de diseño de Espesor Completo de Concreto Asfáltico de TMAX 7°C	Carta de diseño de Agregado de base de 150 mm de espesor de TMAX 7°C.	Carta de diseño de Agregado de base de 300 mm de espesor de TMAX 7°C.	
	Concreto Asfáltico	4.50	4.00	4.00	Varía en 0.5
	Base	-	6.00	6.00	Para la carta de diseño de espesor completo de concreto asfáltico no considera base, mientras que entre las otras 2 propuestas no hay variación
	Sub base	-	-	6.00	Para la carta de diseño de espesor completo de concreto asfáltico y 150 mm de base de agregado no considera subbase, mientras que entre las otra propuesta considera un espesor total entre base y subbase de 300 mm

- Los Espesores de la Estructura del Pavimento Flexible, obtenidos mediante la metodología del Instituto del Asfalto, para el Tramo N° 02, Km 3+700 – 7+554 (Oromalqui a Julcán), son los siguientes:

ESTRUCTURA	CAPAS	ESPESORES (Plg)			VARIACIÓN DE ESPESORES
		Carta de diseño de Espesor Completo de Concreto Asfáltico de TMAX 7°C	Carta de diseño de Agregado de base de 150 mm de espesor de TMAX 7°C.	Carta de diseño de Agregado de base de 300 mm de espesor de TMAX 7°C.	
	Concreto Asfáltico	4.00	4.00	4.00	No hay variación
	Base	-	6.00	6.00	Para la carta de diseño de espesor completo de concreto asfáltico no considera base, mientras que entre las otras 2 propuestas no hay variación
	Sub base	-	-	6.00	Para la carta de diseño de espesor completo de concreto asfáltico y 150 mm de base de agregado no considera subbase, mientras que entre las otra propuesta considera un espesor total entre base y subbase de 300 mm

- Se tomaron los espesores resultantes de la Carta de diseño de Agregado de base de 300 mm de espesor de TMAX 7°C, ya que es el diseño que presenta mayor similitud con la estructura resultante del diseño mediante la metodología de la AASHTO, asegurando así un buen diseño de la estructura del pavimento flexible para las condiciones necesarias de la zona de estudio.
- Se obtuvo la comparación de las variables de diseño usadas en el procedimiento de diseño de pavimento flexible del Camino Vecinal de Chuan parte Baja a Julcán, mediante las metodologías de la AASHTO y la del Instituto del Asfalto, obteniendo:

VARIABLES DE DISEÑO	
AASHTO -93	INSTITUTO DEL ASFALTO
EAL's	EAL's
Índice de Serviciabilidad Inicial (Po)	-
Índice de Serviciabilidad Final (Pf)	-
Índice de Serviciabilidad (Δ PSI)	-
Módulo de Resiliencia (MR -Carpeta Asfáltica)	-
Módulo de Resiliencia (MR-Base)	-
Módulo de Resiliencia (MR-Subbase)	-
Módulo de Resiliencia (MR-Subrasante)	Módulo de Resiliencia (MR-Subrasante)
Coeficiente de drenaje (m1,m2 y m2)	-
Nivel de confiabilidad (R)	-
Desviación Estándar Normal (Zr)	-
Error Estándar Combinado (So)	-
-	Percentil de Diseño

Concluyendo que las variables de diseño que considera la metodología de la AASHTO-93, es mayor en cantidad a comparación de las del Instituto del Asfalto. Las variables de diseño de la metodología de la AASHTO-93, presenta mayor precisión en los cálculos, ya que se consideran variables con mayores características de la zona de estudio, la confiabilidad de los datos que se tienen producto de los estudios de la zona de estudio, índices de estado inicial y final que se proyecta para el pavimento, en contraste con las escasas variables cuantificadas usadas en el instituto del asfalto, que como resultado, se obtiene un sobredimensionamiento de la estructura final del pavimento flexible y/o un diseño insuficiente para zona de estudio y su carga vehicular.

- Se concluye, que la alternativa recomendable para las características del Camino vecinal de Chuan Parte Baja a Julcán, es el diseño estructural del pavimento flexible dado por la metodología de la AASHTO-93 por el método de ecuación, ya que presenta mayor precisión en sus cálculos, por presentar mayores variables de diseño, que recogen mayores datos que permiten que el diseño sea más apropiado a la zona de estudio, reduciendo errores en el cálculo, proyectando un estado final del diseño del pavimento flexible así como previniendo los problemas que se podrían ocasionar por las precipitaciones que se dan en la zona.

VII. RECOMENDACIONES

- La metodología de la AASHTO-93, nos recomendó no usar agregados no tratados de la base y subbase, obteniendo una estructura adecuada para la realidad en estudio, considera mayores parámetros de diseño en comparación al otro método, además de antecedentes de distintos proyectos ya ejecutados que utilizaron este método, por lo que se recomienda utilizar este método de diseño de pavimentos flexibles.
- Los espesores obtenidos como resultado de la metodología del Instituto del Asfalto, resultan ser conservadores, siendo estos mayores a los necesarios para su aplicación a la realidad; por tanto, si se requiere seguir esta metodología, se recomienda mejorar la subrasante para poder obtener un menor espesor de carpeta asfáltica, y así disminuir el costo para la ejecución del proyecto.
- Se debe precisar que el presente diseño mediante la metodología de la AASHTO se realizó con la del 1993; sin embargo, existe un nuevo método en la guía de la AASHTO 2008, en el cual existen variaciones en algunas consideraciones. Por tanto, se recomienda que otra tesis se base en el diseño aplicando la metodología del 2008 y realizar una comparación con la de 1993; para así, poder llegar a concluir cuál de ellas es factible para que tipo de realidad y/o proyecto a diseñar.
- Se recomienda que en otra tesis se base en las variables de diseño que influyen directamente en el cálculo de los espesores del pavimento flexible, ello serviría al diseñador ubicar los puntos claves para poder reducir espesores mantenimiento la resistencia a la carga vehicular aminorando costos del proyecto a ejecutar.
- Se recomienda usar los espesores mínimos especificados en “Catálogo de Espesores de Estructura de Pavimento Flexible” en aquellas capas que se obtengan medidas nulas, con el fin de optimizar el proceso constructivo y apoyar al drenaje del agua como resultado de la capilaridad.
- Se recomienda utilizar espesores que permitan reducir costos en la ejecución del proyecto, reduciendo el espesor de la carpeta asfáltica y aumentando espesores de base y sub base.

VIII. LISTA DE REFERENCIAS (REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS)

Austroroads (2009). *Guide to Pavement Technology Part 3: Pavement Surfacing*. Recuperado de https://austroroads.com.au/publications/pavement/agpt03/media/AGPT03-09_Guide_to_Pavement_Technology_Part_3_Pavement_Surfacings.pdf

Barrionuevo, L. (2012). *Diseño del micropavimento utilizando emulsión asfáltica modificada con polímero, con agregado procedente de la Cantera Calagua de la ciudad de san miguel, provincia de Bolívar*. (Tesis para optar por el Título de Ingeniero Civil). Universidad Central Del Ecuador, Quito.

Coronel, O. (2017). *Micropavimento: Alternativa técnico-económica para la pavimentación del Asentamiento Humano Lomas de Marchan-Pucusana/Lima, 2017* (Tesis para optar por el Título de Ingeniero Civil). Universidad Cesar Vallejo, Lima.

Gomez, S. (2014). *Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del óvalo Grau – Trujillo - La Libertad* (Tesis para optar por el Título de Ingeniero Civil). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo.

International Slurry Surfacing Association (2010). *Recommended Performance Guideline For Micro Surfacing*. Recuperado de <http://thebarnhardtgroup.com/wp-content/uploads/2010/07/A143-Microsurfacing-Guideline-Specifications.pdf>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2005). *Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito*. Recuperado de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_770.pdf

Rengifo, K. (2014). *Diseño de los pavimentos de la nueva carretera Panamericana norte en el tramo de huacho a Pativilca (km 188 a 189)* (Tesis para optar por el Título de Ingeniero Civil). Pontificia Universidad Católica Del Perú, Lima.

Rondon, H., Reyes, F. (2015). *Pavimentos Materiales, Construcción y Diseño* (1era ed.). Bogotá Colombia: Ecoe Ediciones Ltda.

Salamanca, M., Zuluaga, S. (2014). *Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos invias, aashto 93 e instituto del asfalto para la vía la ye - santa lucia barranca lebrija entre los abscisas k19+250 a k25+750 ubicada en el departamento del cesar* (Tesis de Especialización en Ingeniería de Pavimentos). Universidad Católica de Colombia, Bogotá.

Vega, D. (2018). *Diseño de los pavimentos de la carretera de acceso al nuevo puerto de Yurimaguas (km 1+000 a 2+000)* (Tesis para optar por el Título de Ingeniero Civil). Pontificia Universidad Católica Del Perú, Lima.

Medina, A., De la Cruz, M. (2015). *Evaluacion superficial del pavimento flexible del Jr. José Galvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI* (Tesis para Optar el Grado de Ingeniero Civil). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima.

IX. ANEXOS

1. PANEL FOTOGRÁFICO



Observación: Herramientas Manuales Utilizadas en la Elaboración de las Calicatas.



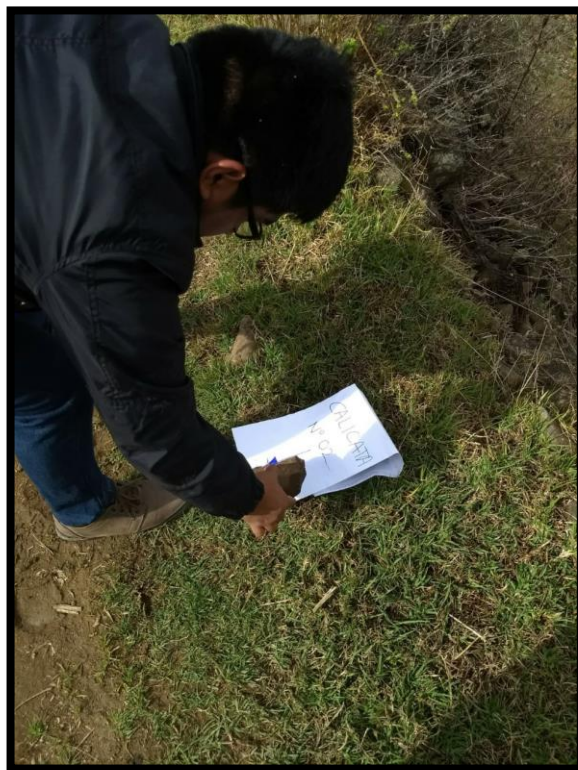
Observación: Vista del Camino Vecinal de Chuan Parte Baja.



Observación: Iniciando con los Trabajos en la Calicata N° 01, a la par de brindar indicaciones para la correcta elaboración de la misma.



Observación: Iniciando los desplazamientos cada kilómetro para ubicar puntos para excavaciones de las calicatas.



Observación: Definiendo ubicación de la Calicata N° 02.



Observación: Vista de Hectáreas dedicadas a la agricultura y ganadería de la zona.



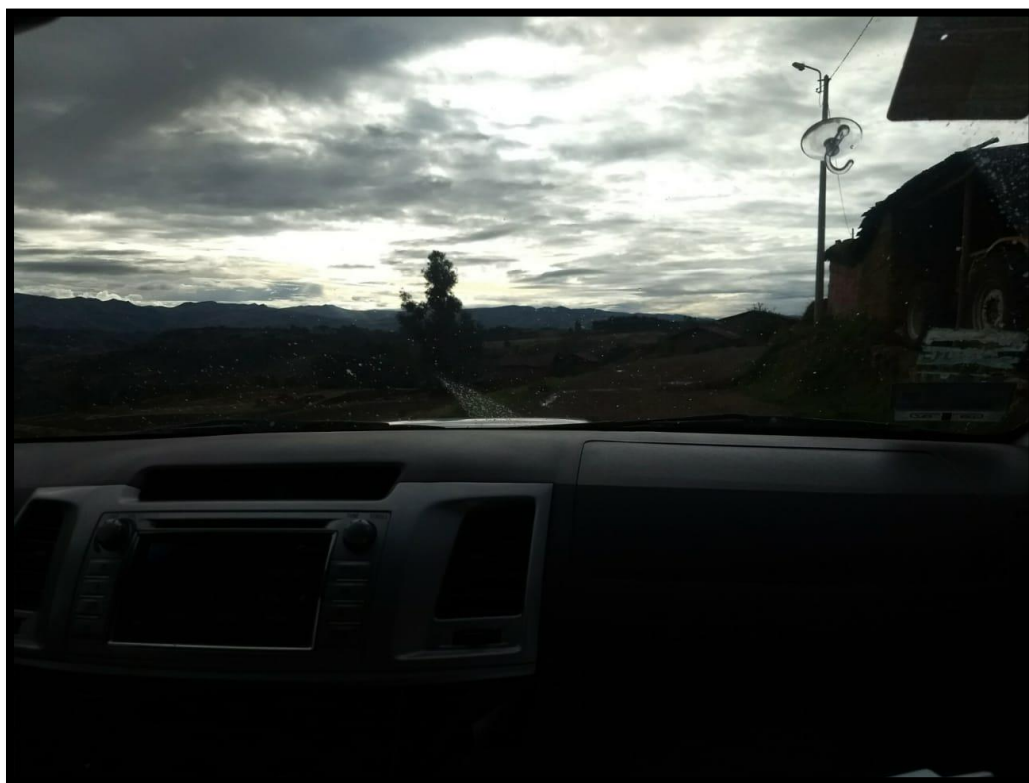
Observación: Ubicación de la Calicata N° 03.



Observación: Ubicación y vista final de la Calicata N° 04.



Observación: Ubicación y vista final de la Calicata N° 05



Observación: Desplazamiento a la ubicación de la Calicata N° 06



Observación: Empezando trabajos en la ubicación de la Calicata N° 06



Observación: Ubicación y vista final de la Calicata N° 07

2. Estudio de Mecánica de Suelos con Fines de Pavimentación.



MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETO - ASFALTO
MATERIALES

INFORME DE ENSAYO

TESIS :

"ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCÁN AL CASERÍO DE CHUAN PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCÁN, PROVINCIA DE JULCÁN, LA LIBERTAD"

SOLICITANTE :

NARCIZO BURGOS, WILLY JESÚS

: BRICEÑO TORRES, LUIS ALBERTO

FECHA ENTREGA :

DICIEMBRE DEL 2018.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

CALICATA :

C-1

PROFUNDIDAD :

0.00 m - 1.50 m.

MUESTRA :

M-1

PROGRESIVA :

KM 0+000

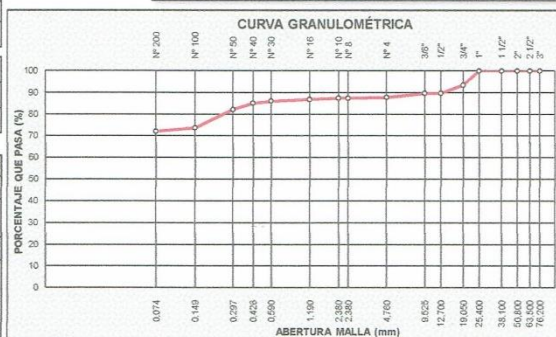
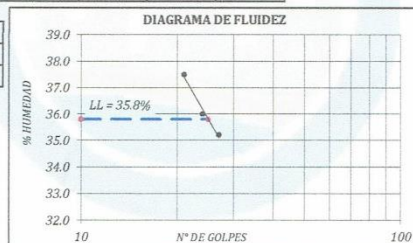
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 339.128 / ASTM D-422)				
TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (g.)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76.20	0.0	-	100
2 1/2"	63.50	0.0	-	100
2"	50.80	0.0	-	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	-	100.0
1"	25.40	0.0	-	100.0
3/4"	19.05	41.3	6.4	93.6
1/2"	12.70	25.0	3.9	89.7
3/8"	9.53	0.0	-	89.7
Nº 4	4.76	11.6	1.8	87.9
Nº 8	2.38	2.50	0.4	87.5
Nº 10	2.00	0.60	0.1	87.5
Nº 16	1.19	2.70	0.4	87.0
Nº 30	0.59	5.80	0.9	86.1
Nº 40	0.43	6.10	0.9	85.2
Nº 50	0.30	18.90	2.9	82.3
Nº 100	0.15	55.20	8.6	73.7
Nº 200	0.074	10.60	1.6	72.1
FONDO	-	465.30	72.1	-

Peso Inicial Seco (g)	645.6	% Grava =	12.1
Peso Lavado Seco (g)	180.3	% Arena =	15.9
Pérdida por Lavado (g)	465.3	% Finos =	72.1

CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
USCS (ASTM D 2487)	CL
AASHTO (ASTM D 3282)	A-6(10)
Descripción de la Muestra:	
Arcilla Inorgánica de baja compresibilidad, con finos de mediana plasticidad, de color marrón claro a beige, de regular humedad, consistencia media.	

ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA- ASTM D4318					
DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO		LÍMITE PLÁSTICO		
PESO LATA + S. HÚMEDO (g.)	30.1	29.7	28.6	25.1	24.6
PESO LATA + S. SECO (g.)	27.1	27.0	26.1	24.1	23.7
PESO DE LA LATA (g.)	19.1	19.5	19.0	19.0	19.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	37.5	36.0	35.2	19.6	20.0
NÚMERO DE GOLPES	21	24	27		

LL (%)	35.8
LP (%)	19.8
IP (%)	16.0



KINSA
GEOLABS SAC
ING. JAVIER V. DE LA CRUZ VASQUEZ
REG. CIP. 135679

INFORME DE ENSAYO

TESIS : "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCÁN AL CASERÍO DE CHUAN PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCÁN, PROVINCIA DE JULCÁN, LA LIBERTAD"

SOLICITANTE : NARCIZO BURGOS, WILLY JESÚS
 BRICEÑO TORRES, LUIS ALBERTO

FECHA DE ENTREGA : DICIEMBRE DEL 2018.

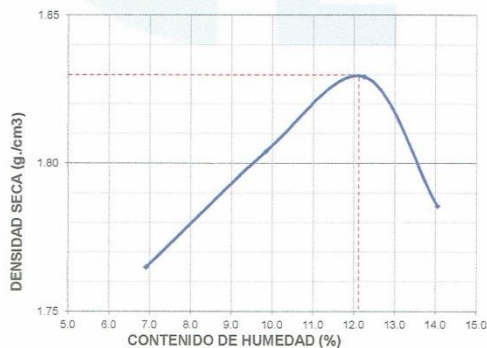
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-1557

CALICATA : C-1 **PROFUNDIDAD** : 0.0 - 1.50 m
MUESTRA : M-1 **PROGRESIVA** : KM 0+000

Nº DE ENSAYO	1	2	3	4
Peso molde+Suelo Húmedo (g.)	6071.0	6161.0	6229.0	6213.0
Peso del Molde (g.)	4278.4	4278.4	4278.4	4278.4
Peso Suelo Húmedo (g.)	1792.6	1882.6	1950.6	1934.6
Volúmen del molde (cm ³)	950.0	950.0	950.0	950.0
Densidad Suelo húmedo (g./cm ³)	1.887	1.982	2.053	2.036

Número de Tarro	1	2	3	4
Peso Tarro +Suelo húmedo (g.)	356.6	362.4	444.8	456.8
Peso Tarro + Suelo Seco (g.)	341.3	340.5	409.3	415.1
Peso Tarro (g.)	120	118	119.4	118.2
Peso del agua (g.)	15.3	21.9	35.5	41.7
Peso de suelo seco (g.)	221.3	222.5	289.9	296.9
Contenido de Humedad (%)	6.91	9.84	12.25	14.05
Densidad Seca (g./cm ³)	1.765	1.804	1.829	1.786



MÉTODO:	A
NÚMERO DE CAPAS:	5
NÚMERO DE GOLPES:	25
DSM (g./cm³)	1.830
OCH (%)	12.2

DATOS DEL MOLDE	
Nº:	1
PESO(g.):	4278.4
VOLÚMEN(cm³):	950.0

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.

1 de 3

KINSA
GEOLABS SAC
 ING. JAVIER I. DE LA CRUZ VASQUEZ
 REG. CIP: 145659

INFORME DE ENSAYO

TESIS : "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCÁN AL CASERÍO DE CHUAN PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCÁN, PROVINCIA DE JULCÁN, LA LIBERTAD"

SOLICITANTE : NARCIZO BURGOS, WILLY JESÚS
 BRICEÑO TORRES, LUIS ALBERTO

FECHA DE ENTREGA : DICIEMBRE DEL 2018.

RAZON SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D-1883

CALICATA : C-1
MUESTRA : M-1
PROGRESIVA: KM 0+000

PROFUNDIDAD: 0.0 - 1.50 m
Sobrecarga Aplicada: 4530

COMPACTACIÓN	MOLDE -1		MOLDE -2		MOLDE -3	
CONDICIÓN	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO
Número de Capas/Nº Golpes	5/56		5/25		5/12	
Muestra húmeda + Molde (g.)	12900.00	13177.00	12803.00	12925.00	12712.00	12867.00
Peso del Molde (g.)	8547.80	8547.80	8541.00	8541.00	8624.00	8624.00
Peso de la Muestra húmeda (g.)	4352.20	4629	4262.00	4384	4088.00	4243
Volumen de la Muestra (cm³)	2109.20	2119.2	2120.00	2120	2121.00	2121
Densidad húmeda (g./cm³)	2.063	2.184	2.010	2.068	1.927	2.000

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)						
Tara N°	1	2	3	4	5	6
Muestra húmeda + Tara (g.)	517.80	469.70	461.40	456.00	493.80	512.40
Muestra seca + Tara (g.)	473.90	420.10	424.30	408.20	453.30	455.50
Peso del Agua (g.)	43.90	49.60	37.10	47.80	40.50	56.90
Peso de la Tara (g.)	114.10	113.50	120.40	116.10	122.60	120.40
Muestra Seca (g.)	359.80	306.60	303.90	292.10	330.70	335.10
Contenido de Humedad (%)	12.20	16.18	12.21	16.36	12.25	16.98
DENSIDAD SECA (g./cm³)	1.839	1.880	1.792	1.777	1.717	1.710

EXPANSIÓN	Molde N°		1		2		3	
	-	Tiempo	Lectura	Hincham.	Lectura	Hincham.	Lectura	Hincham.
	-	(horas)	dial	(mm)	dial	(mm)	dial	(mm)
	-	-	-	-	-	-	-	-
15-oct	0	0	0	0	0	0	0	0
16-oct	24	12	0.305	15	0.381	13	0.330	
17-oct	48	48	1.219	39	0.991	31	0.787	
18-oct	72	65	1.651	60	1.524	52	1.321	
19-oct	96	88	2.235	82	2.083	94	2.388	

ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN	PENETRACIÓN		Molde N° 01		Molde N° 02		Molde N° 03	
	(mm)	(pulg)	Carga (Kg)	kg/cm²	Carga (Kg)	kg/cm²	Carga (Kg)	kg/cm²
	0.64	0.025	51.3	2.7	44.2	2.28	22.5	1.16
	1.27	0.050	115.6	6.0	81.9	4.23	65.6	3.39
	1.91	0.075	200.4	10.4	150.1	7.76	89.1	4.61
	2.54	0.100	250.6	13.0	194.3	10.04	110.7	5.72
	3.81	0.150	279.4	14.4	211.5	10.93	121.8	6.30
	5.08	0.200	308.8	16.0	230.3	11.90	135.2	6.99
	6.35	0.250	331.5	17.1	251.7	13.01	153.1	7.91
	7.62	0.300	372.0	19.2	284.2	14.69	180.1	9.31
	12.7	0.500	500.4	25.9	311.9	16.12	200.0	10.34

2 de 3

KINSA
 GEOLABS SAC

ING. JAVIER J. DE LA CRUZ VASQUEZ
 REG. CIP: 146609

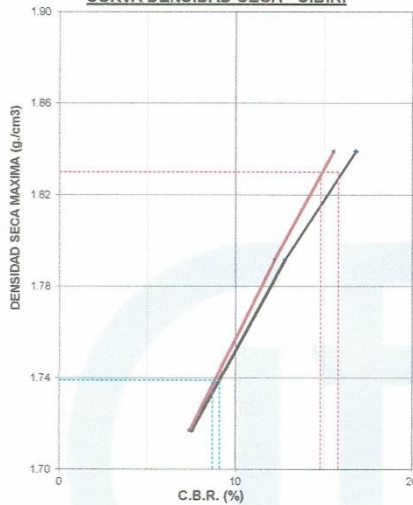
GRÁFICAS - C.B.R.

CALICATA: C-1

MUESTRA: M-1

PROFUNDIDAD: 0.0 - 1.50 m

CURVA DENSIDAD SECA - C.B.R.



ÁREA DEL PISTÓN:	19.35	cm²
CARGAS PATRÓN	(2.54 mm) (0.1")	70 kg/cm²
	(5.08 mm) (0.2")	105 kg/cm²

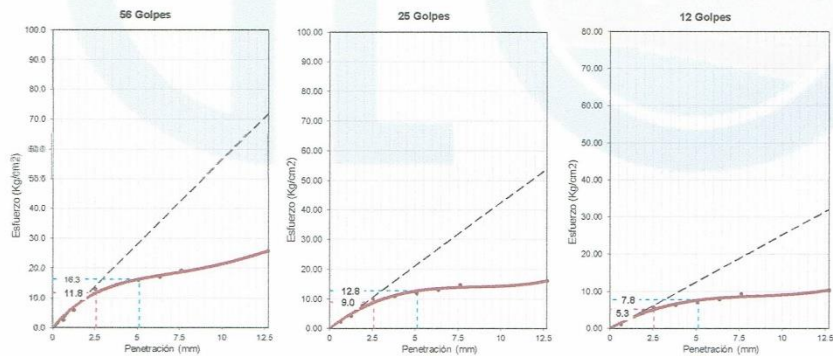
Nº GOLPES	56	25	12
C.B.R. (%)	16.77	12.79	7.53
	15.52	12.19	7.43

RESUMEN PROCTOR MODIFICADO:

DENSIDAD SECA MÁXIMA : 1.830 (g./cm³)
 HUMEDAD ÓPTIMA : 12.2 (%)
 95 % DSM : 1.739 (g./cm³)

RESULTADOS DEL ENSAYO C.B.R.:

PENETRACIÓN	0.1"	0.2"
VALOR CBR AL 100% DSM:	15.8	14.8 (%)
VALOR CBR AL 95% DSM:	9.1	8.7 (%)



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.

INFORME DE ENSAYO

TESIS : "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCÁN AL CASERÍO DE CHUAN PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCÁN, PROVINCIA DE JULCÁN, LA LIBERTAD"

SOLICITANTE : NARCIZO BURGOS, WILLY JESÚS
 : BRICEÑO TORRES, LUIS ALBERTO

FECHA ENTREGA : DICIEMBRE DEL 2018.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

CALICATA : C-2
MUESTRA : M-1
PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m.
PROGRESIVA : KM 1+000

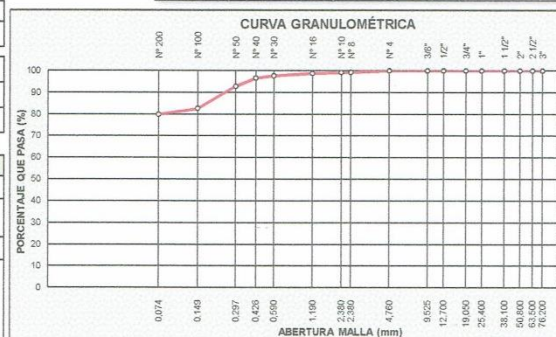
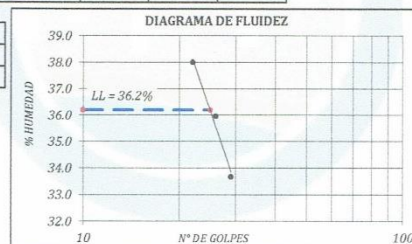
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 339.128 / ASTM D-422)				
TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (g.)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76.20	0.0	-	100
2 1/2"	63.50	0.0	-	100
2"	50.80	0.0	-	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	-	100.0
1"	25.40	0.0	-	100.0
3/4"	19.05	0.0	-	100.0
1/2"	12.70	0.0	-	100.0
3/8"	9.53	0.0	-	100.0
Nº 4	4.76	0.0	-	100.0
Nº 8	2.38	3.20	0.7	99.3
Nº 10	2.00	0.50	0.1	99.2
Nº 16	1.19	2.10	0.5	98.7
Nº 30	0.59	4.80	1.1	97.7
Nº 40	0.43	4.50	1.0	96.7
Nº 50	0.30	17.40	3.8	92.9
Nº 100	0.15	46.20	10.1	82.8
Nº 200	0.074	12.50	2.7	80.0
FONDO	-	365.60	80.0	-

Peso Inicial Seco (g)	456.8	% Grava =	0.0
Peso Lavado Seco (g)	91.2	% Arena =	20.0
Pérdida por Lavado (g)	365.6	% Finos =	80.0

CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
SUCS (ASTM D 2487)	CL
AASHTO (ASTM D 3282)	A-6(12)
Descripción de la Muestra:	
Arcilla Inorgánica de baja compresibilidad, con finos de mediana plasticidad, de color beige, de regular humedad, consistencia media.	

ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA- ASTM D4318			
DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO		LÍMITE PLÁSTICO
PESO LATA + S. HÚMEDO (g.)	32.2	30.6	30.9
PESO LATA + S. SECO (g.)	28.4	27.4	27.6
PESO DE LA LATA (g.)	18.4	18.5	17.8
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	38.0	36.0	33.7
NÚMERO DE GOLPES	22	26	29

LL (%)	36.2
LP (%)	19.5
IP (%)	16.7



KINSA
GEOLABS SAC
 ING. JAVIER J. DE LA CRUZ VASQUEZ
 RUC: 20110100000

INFORME DE ENSAYO

TESIS : "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCÁN AL CASERÍO DE CHUAN PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCÁN, PROVINCIA DE JULCÁN, LA LIBERTAD"

SOLICITANTE : NARCIZO BURGOS, WILLY JESÚS
 BRICEÑO TORRES, LUIS ALBERTO

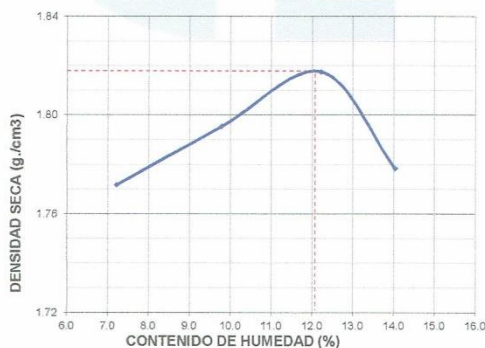
FECHA DE ENTREGA : DICIEMBRE DEL 2018.

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-1557

CALICATA : C-2 **PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m
MUESTRA : M-1 **PROGRESIVA** : KM 1+000

Nº DE ENSAYO	1	2	3	4
Peso molde+Suelo Húmedo (g.)	6083.0	6151.0	6216.0	6205.0
Peso del Molde (g.)	4278.4	4278.4	4278.4	4278.4
Peso Suelo Húmedo (g.)	1804.6	1872.6	1937.6	1926.6
Volúmen del molde (cm ³)	950.0	950.0	950.0	950.0
Densidad Suelo húmedo (g./cm ³)	1.900	1.971	2.040	2.028
Número de Tarro	1	2	3	4
Peso Tarro +Suelo húmedo (g.)	401.2	395.3	485.6	451.1
Peso Tarro + Suelo Seco (g.)	382.5	370.7	445.8	410.3
Peso Tarro (g.)	123.2	119.4	120	119.5
Peso del agua (g.)	18.7	24.6	39.8	40.8
Peso de suelo seco (g.)	259.3	251.3	325.8	290.8
Contenido de Humedad (%)	7.21	9.79	12.22	14.03
Densidad Seca (g./cm ³)	1.772	1.795	1.818	1.778



MÉTODO:	A
NÚMERO DE CAPAS:	5
NÚMERO DE GOLPES:	25
DSM (g./cm ³)	1.818
OCH (%)	12.1

DATOS DEL MOLDE	
Nº:	I
PESO(g.):	4278.4
VOLÚMEN(cm ³):	950.0

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.

1 de 3

KINSA
GEOLABS SAC
 ING. JAVIER J. DE LA CRUZ VASQUEZ
 REG. CIP: 146059

INFORME DE ENSAYO

TESIS : "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCÁN AL CASERÍO DE CHUAN PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCÁN, PROVINCIA DE JULCÁN, LA LIBERTAD"

SOLICITANTE : NARCIZO BURGOS, WILLY JESÚS
BRICEÑO TORRES, LUIS ALBERTO

FECHA DE ENTREGA : DICIEMBRE DEL 2018.

RAZON SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D-1883

CALICATA : C-2 **PROFUNDIDAD:** 0.00 - 1.50 m
MUESTRA : M-1 **Sobrecarga Aplicada:** 4530
PROGRESIVA: KM 1+000

COMPACTACIÓN	MOLDE -1		MOLDE -2		MOLDE -3	
CONDICIÓN	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO
Número de Capas/Nº Golpes	5/56		5/25		5/12	
Muestra húmeda + Molde (g.)	12863.00	13152.00	12734.00	12912.00	12661.00	12836.00
Peso del Molde (g.)	8547.80	8547.80	8541.00	8541.00	8624.00	8624.00
Peso de la Muestra húmeda (g.)	4315.20	4604	4193.00	4371	4037.00	4212
Volúmen de la Muestra (cm³)	2109.20	2119.2	2120.00	2120	2121.00	2121
Densidad húmeda (g./cm³)	2.046	2.173	1.978	2.062	1.903	1.986

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)						
Tara N°	1	2	3	4	5	6
Muestra húmeda + Tara (g.)	482.50	421.00	466.60	501.30	457.70	521.30
Muestra seca + Tara (g.)	442.70	375.30	429.10	443.30	421.90	460.20
Peso del Agua (g.)	39.80	45.70	37.50	58.00	35.80	61.10
Peso de la Tara (g.)	114.00	113.80	120.30	117.00	124.70	120.40
Muestra Seca (g.)	328.70	261.50	308.80	326.30	297.20	339.80
Contenido de Humedad (%)	12.11	17.48	12.14	17.78	12.05	17.98
DENSIDAD SECA (g./cm³)	1.825	1.849	1.764	1.751	1.699	1.683

EXPANSIÓN	Molde N°		1		2		3	
	-	Tiempo	Lectura	Hincham.	Lectura	Hincham.	Lectura	Hincham.
	-	(horas)	dial	(mm)	dial	(mm)	dial	(mm)
	22-oct	0	0	0	0	0	0	0
	23-oct	24	18	0.457	16	0.406	14	0.356
	24-oct	48	21	0.533	29	0.737	22	0.559
	25-oct	72	45	1.143	42	1.067	40	1.016
	26-oct	96	62	1.575	58	1.473	54	1.372

ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN	PENETRACIÓN (mm)	(pulg)	Molde N° 01		Molde N° 02		Molde N° 03	
			Carga (Kg)	kg/cm²	Carga (Kg)	kg/cm²	Carga (Kg)	kg/cm²
	0.64	0.025	49.2	2.5	41.5	2.15	20.4	1.05
	1.27	0.050	110.4	5.7	74.5	3.85	52.1	2.69
	1.91	0.075	197.1	10.2	131.4	6.79	90.7	4.69
	2.54	0.100	226.5	11.7	162.3	8.39	121.4	6.28
	3.81	0.150	255.1	13.2	176.0	9.10	138.7	7.17
	5.08	0.200	267.4	13.8	192.5	9.95	147.1	7.60
	6.35	0.250	289.1	14.9	201.1	10.40	163.9	8.47
	7.62	0.300	310.7	16.1	224.8	11.62	180.0	9.30
	12.7	0.500	328.0	17.0	247.2	12.78	192.0	9.92

2 de 3

KINSA
GEOLABS SAC
ING. JAVIER I. DE LA CRUZ VÁSQUEZ
REC. 012: 140059

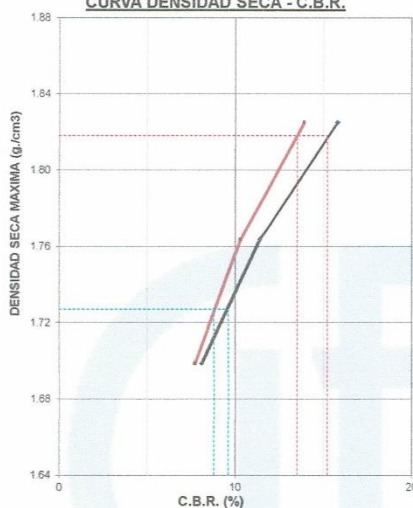
GRÁFICAS - C.B.R.

CALICATA: C-2

MUESTRA: M-1

PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.50 m

CURVA DENSIDAD SECA - C.B.R.



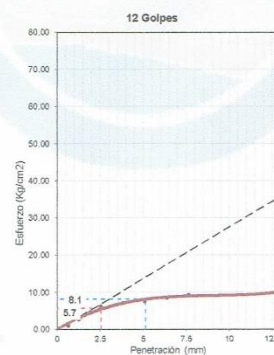
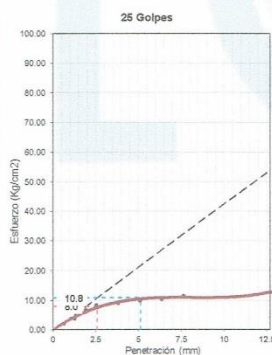
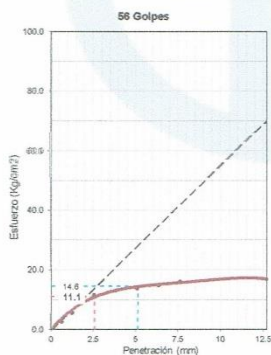
ÁREA DEL PISTÓN:		19.35	cm ²	
CARGAS PATRÓN	(2.54 mm) (0.1")	70	kg/cm ²	
	(5.08 mm) (0.2")	105	kg/cm ²	
Nº GOLPES		56	25	12
C.B.R. (%)	2.54mm (0.1")	15.78	11.37	8.10
	5.08mm (0.2")	13.90	10.28	7.71

RESUMEN PROCTOR MODIFICADO:

DENSIDAD SECA MÁXIMA : 1.818 (g/cm³)
 HUMEDAD ÓPTIMA : 12.1 (%)
 95 % DSM : 1.727 (g/cm³)

RESULTADOS DEL ENSAYO C.B.R.:

PENETRACIÓN	0.1"	0.2"
VALOR CBR AL 100% DSM:	15.2	13.5 (%)
VALOR CBR AL 95% DSM:	9.6	8.8 (%)



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.

INFORME DE ENSAYO

TESIS : "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCÁN AL CASERÍO DE CHUAN PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCÁN, PROVINCIA DE JULCÁN, LA LIBERTAD"

SOLICITANTE : NARCIZO BURGOS, WILLY JESÚS

BRICEÑO TORRES, LUIS ALBERTO

FECHA ENTREGA : DICIEMBRE DEL 2018.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

CALICATA : C-3

PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m.

MUESTRA : M-1

PROGRESIVA : KM 2+000

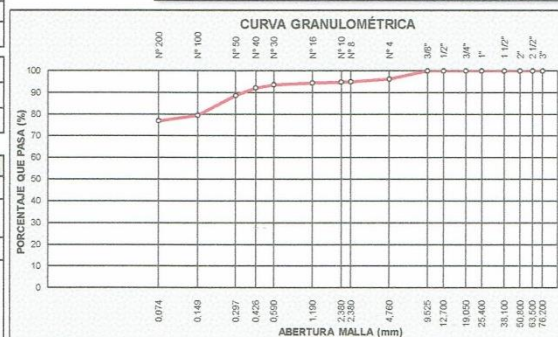
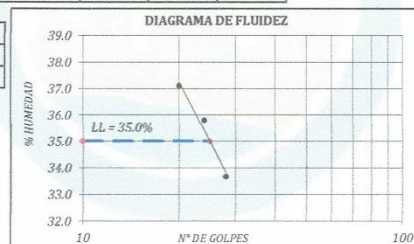
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 339.128 / ASTM D-422)				
TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (g)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76.20	0.0	-	100
2 1/2"	63.50	0.0	-	100
2"	50.80	0.0	-	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	-	100.0
1"	25.40	0.0	-	100.0
3/4"	19.05	0.0	-	100.0
1/2"	12.70	0.0	-	100.0
3/8"	9.53	0.0	-	100.0
Nº 4	4.76	20.7	3.7	96.3
Nº 8	2.38	6.80	1.2	95.0
Nº 10	2.00	0.90	0.2	94.9
Nº 16	1.19	2.00	0.4	94.5
Nº 30	0.59	4.40	0.8	93.7
Nº 40	0.43	8.30	1.5	92.2
Nº 50	0.30	19.20	3.5	88.7
Nº 100	0.15	50.10	9.1	79.7
Nº 200	0.074	14.60	2.6	77.0
FONDO	-	425.40	77.0	-

Peso Inicial Seco (g)	552.4	% Grava =	3.7
Peso Lavado Seco (g)	127.0	% Arena =	19.2
Pérdida por Lavado (g)	425.4	% Finos =	77.0

CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
SUCS (ASTM D 2487)	CL
AASHTO (ASTM D 3282)	A-6(11)
Descripción de la Muestra:	
Arcilla Inorgánica de baja compresibilidad, con finos de mediana plasticidad, de color marrón claro a beige, de regular humedad, consistencia media.	

ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA- ASTM D4318				
DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO		LÍMITE PLÁSTICO	
PESO LATA + S. HÚMEDO (g.)	30.1	28.9	29.5	25.4
PESO LATA + S. SECO (g.)	26.5	25.5	26.2	23.9
PESO DE LA LATA (g.)	16.8	16.0	16.4	16.0
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	37.1	35.8	33.7	19.0
NÚMERO DE GOLPES	20	24	28	

LL (%)	35.0
LP (%)	18.9
IP (%)	16.1



KINSA
GEOLABS SAC
 ING. JAVIER J. DE LA CRUZ VASQUEZ
 REG. CIP. 145659

INFORME DE ENSAYO

TESIS : "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCÁN AL CASERÍO DE CHUAN PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCÁN, PROVINCIA DE JULCÁN, LA LIBERTAD"

SOLICITANTE : NARCIZO BURGOS, WILLY JESÚS
 BRICEÑO TORRES, LUIS ALBERTO

FECHA DE ENTREGA : DICIEMBRE DEL 2018.

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-1557

CALICATA : C-3 **PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50 m
MUESTRA : M-1 **PROGRESIVA** : KM 2+000

Nº DE ENSAYO	1	2	3	4
Peso molde+Suelo Húmedo (g.)	6091.0	6164.0	6221.0	6217.0
Peso del Molde (g.)	4278.4	4278.4	4278.4	4278.4
Peso Suelo Húmedo (g.)	1812.6	1885.6	1942.6	1938.6
Volúmen del molde (cm ³)	950.0	950.0	950.0	950.0
Densidad Suelo húmedo (g./cm ³)	1.908	1.985	2.045	2.041

Número de Tarro	1	2	3	4
Peso Tarro +Suelo húmedo (g.)	417.3	355.1	361.3	449.4
Peso Tarro + Suelo Seco (g.)	393.1	331.3	332.4	403.5
Peso Tarro (g.)	110.5	115.4	114.6	115.2
Peso del agua (g.)	24.2	23.8	28.9	45.9
Peso de suelo seco (g.)	282.6	215.9	217.8	288.3
Contenido de Humedad (%)	8.56	11.02	13.27	15.92
Densidad Seca (g./cm ³)	1.757	1.788	1.805	1.760



MÉTODO:	A
NÚMERO DE CAPAS:	5
NÚMERO DE GOLPES:	25
DSM (g./cm ³)	1.805
OCH (%)	13.0

DATOS DEL MOLDE	
Nº:	1
PESO(g.):	4278.4
VOLUMEN(cm³):	950.0

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.

1 de 3

**KINSA
 GEOLABS SAC**
 ING. JAVIER J. DOTA CRUZ VASQUEZ
 REG. QIP: 146609

INFORME DE ENSAYO

TESIS : "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCÁN AL CASERÍO DE CHUAN PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCÁN, PROVINCIA DE JULCÁN, LA LIBERTAD"

SOLICITANTE : NARCIZO BURGOS, WILLY JESÚS
BRICEÑO TORRES, LUIS ALBERTO

FECHA DE ENTREGA : DICIEMBRE DEL 2018.

RAZON SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D-1883

CALICATA : C-3 **PROFUNDIDAD:** 0.00 - 1.50 m
MUESTRA : M-1 **Sobrecarga Aplicada:** 4530
PROGRESIVA: KM 2+000

COMPACTACIÓN	MOLDE -1		MOLDE -2		MOLDE -3	
CONDICIÓN	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO
Número de Capas/Nº Golpes	5/56		5/25		5/12	
Muestra húmeda + Molde (g.)	12874.00	13172.00	12756.00	13095.00	12658.00	12951.00
Peso del Molde (g.)	8547.80	8547.80	8541.00	8541.00	8624.00	8624.00
Peso de la Muestra húmeda (g.)	4326.20	4624	4215.00	4554	4034.00	4327
Volumen de la Muestra (cm³)	2109.20	2119.2	2120.00	2120	2121.00	2121
Densidad húmeda (g./cm³)	2.051	2.182	1.988	2.148	1.902	2.040

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)						
Tara N°	1	2	3	4	5	6
Muestra húmeda + Tara (g.)	398.50	432.40	494.00	478.30	502.50	490.90
Muestra seca + Tara (g.)	365.50	386.30	450.80	425.80	458.40	437.10
Peso del Agua (g.)	33.00	46.10	43.20	52.50	44.10	53.80
Peso de la Tara (g.)	112.10	114.20	119.50	118.00	120.50	125.40
Muestra Seca (g.)	253.40	272.10	331.30	307.80	337.90	311.70
Contenido de Humedad (%)	13.02	16.94	13.04	17.06	13.05	17.26
DENSIDAD SECA (g./cm³)	1.815	1.866	1.759	1.835	1.682	1.740

EXPANSIÓN	Molde N°		1		2		3	
	-	Tiempo	Lectura	Hincham.	Lectura	Hincham.	Lectura	Hincham.
	-	(horas)	dial	(mm)	dial	(mm)	dial	(mm)
	26-oct	0	0	0	0	0	0	0
	27-oct	24	16	0.406	15	0.381	12	0.305
	28-oct	48	29	0.737	23	0.584	20	0.508
	29-oct	72	32	0.813	35	0.889	28	0.711
	30-oct	96	48	1.219	44	1.118	39	0.991

ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN	PENETRACIÓN (mm)		Molde N° 01		Molde N° 02		Molde N° 03	
	(pulg)		Carga (Kg)	kg/cm²	Carga (Kg)	kg/cm²	Carga (Kg)	kg/cm²
	0.64	0.025	50.1	2.6	38.8	2.01	20.5	1.06
	1.27	0.050	103.2	5.3	76.1	3.93	60.3	3.12
	1.91	0.075	169.5	8.8	141.6	7.32	81.4	4.21
	2.54	0.100	211.4	10.9	165.3	8.54	101.5	5.25
	3.81	0.150	224.5	11.6	177.5	9.18	112.8	5.83
	5.08	0.200	248.3	12.8	191.4	9.89	124.6	6.44
	6.35	0.250	261.4	13.5	212.6	10.99	135.5	7.00
	7.62	0.300	280.1	14.5	237.8	12.29	150.4	7.77
	12.7	0.500	300.2	15.5	269.9	13.95	170.2	8.80

2 de 3

KINSA
GEOLABS SAC
ING. JAVIER J. DE LA CRUZ VASQUEZ
REC/CIN 148659

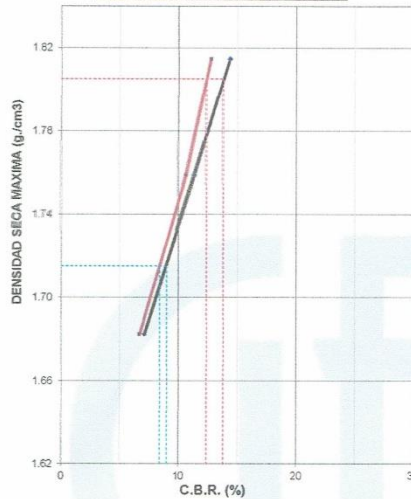
GRÁFICAS - C.B.R.

CALICATA: C-3

MUESTRA: M-1

PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.50 m

CURVA DENSIDAD SECA - C.B.R.



ÁREA DEL PISTÓN:	19.35	cm²
CARGAS PATRÓN	(2.54 mm) (0.1")	70 kg/cm²
	(5.08 mm) (0.2")	105 kg/cm²

Nº GOLPES		56	25	12
C.B.R. (%)	2.54mm (0.1")	14.35	11.37	7.11
	5.08mm (0.2")	12.76	10.66	6.66

RESUMEN PROCTOR MODIFICADO:

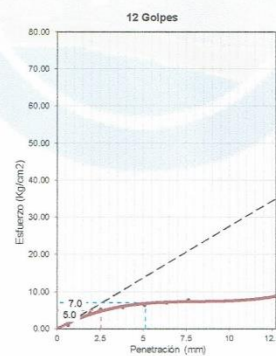
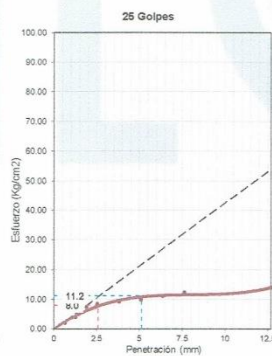
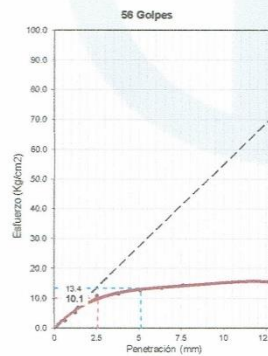
DENSIDAD SECA MÁXIMA : 1.805 (g./cm³)

HUMEDAD ÓPTIMA : 13.0 (%)

95 % DSM : 1.715 (g./cm³)

RESULTADOS DEL ENSAYO C.B.R.:

PENETRACIÓN	0.1"	0.2"
VALOR CBR AL 100% DSM:	13.8	12.4 (%)
VALOR CBR AL 95% DSM:	9.0	8.4 (%)



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.

3 de 3

KINSA
GEOLABS SAC
 ING. JAVIER J. DE LA CRUZ VASQUEZ
 REG. CIP: 145659

INFORME DE ENSAYO

TESIS : "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCÁN AL CASERÍO DE CHUAN PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCÁN, PROVINCIA DE JULCÁN, LA LIBERTAD"

SOLICITANTE : NARCIZO BURGOS, WILLY JESÚS

FECHA ENTREGA : DICIEMBRE DEL 2018.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

CALICATA : C-4
MUESTRA : M-1
PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m.
PROGRESIVA : KM 3+000

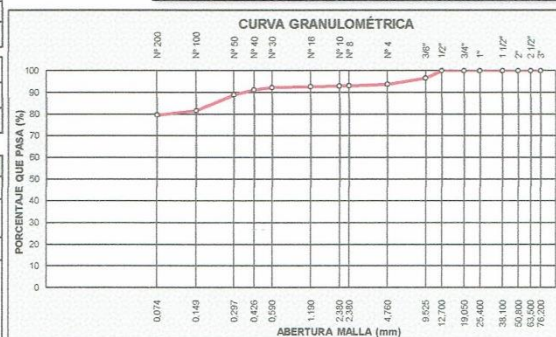
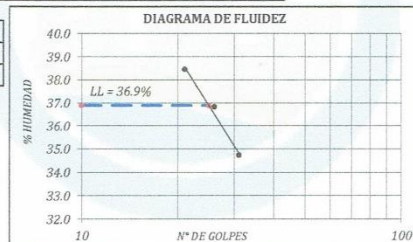
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 339.128 / ASTM D-422)				
TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (g.)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76.20	0.0	-	100
2 1/2"	63.50	0.0	-	100
2"	50.80	0.0	-	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	-	100.0
1"	25.40	0.0	-	100.0
3/4"	19.05	0.0	-	100.0
1/2"	12.70	0.0	-	100.0
3/8"	9.53	22.0	3.3	96.7
Nº 4	4.76	18.8	2.9	93.8
Nº 8	2.38	4.60	0.7	93.1
Nº 10	2.00	0.70	0.1	93.0
Nº 16	1.19	1.50	0.2	92.8
Nº 30	0.59	2.80	0.4	92.3
Nº 40	0.43	6.90	1.0	91.3
Nº 50	0.30	15.50	2.4	88.9
Nº 100	0.15	47.30	7.2	81.8
Nº 200	0.074	13.70	2.1	79.7
FONDO	-	524.50	79.7	-

Peso Inicial Seco (g)	658.3	% Grava =	6.2
Peso Lavado Seco (g)	133.8	% Arena =	14.1
Pérdida por Lavado (g)	524.5	% Finos =	79.7

CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
SUCS (ASTM D 2487)	CL
AASHTO (ASTM D 3282)	A-6(14)
Descripción de la Muestra:	
Arcilla inorgánica de baja compresibilidad, con finos de mediana plasticidad, de color beige, de regular humedad, consistencia media.	

ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA- ASTM D4318				
DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO		LÍMITE PLÁSTICO	
PESO LATA + S. HÚMEDO (g.)	28.6	29.8	29.0	23.6
PESO LATA + S. SECO (g.)	25.1	26.3	25.7	21.5
PESO DE LA LATA (g.)	16.0	16.8	16.2	14.6
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	38.5	36.8	34.7	18.3
NÚMERO DE GOLPES	21	26	31	

LL (%)	36.9
LP (%)	18.6
IP (%)	18.3



KINSA
 GEOLABS SAC

ING. JAVIER I. DE LA CRUZ VASQUEZ
 REG. CIP: 145659

INFORME DE ENSAYO

TESIS : "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCÁN AL CASERÍO DE CHUAN PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCÁN, PROVINCIA DE JULCÁN, LA LIBERTAD"

SOLICITANTE : NARCIZO BURGOS, WILLY JESÚS
 BRICEÑO TORRES, LUIS ALBERTO

FECHA DE ENTREGA : DICIEMBRE DEL 2018.

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-1557

CALICATA : C-4 **PROFUNDIDAD** : 0.00-1.50 m
MUESTRA : M-1 **PROGRESIVA** : KM 3+000

Nº DE ENSAYO	1	2	3	4
Peso molde+Suelo Húmedo (g.)	6084.0	6142.0	6227.0	6220.0
Peso del Molde (g.)	4278.4	4278.4	4278.4	4278.4
Peso Suelo Húmedo (g.)	1805.6	1863.6	1948.6	1941.6
Volumen del molde (cm ³)	950.0	950.0	950.0	950.0
Densidad Suelo húmedo (g./cm ³)	1.901	1.962	2.051	2.044

Número de Tarro	1	2	3	4
Peso Tarro +Suelo húmedo (g.)	404.9	360.1	475.6	450.3
Peso Tarro + Suelo Seco (g.)	385.3	338.1	434.3	404.7
Peso Tarro (g.)	114.2	110.5	114.6	115.6
Peso del agua (g.)	19.6	22.0	41.3	45.6
Peso de suelo seco (g.)	271.1	227.6	319.7	289.1
Contenido de Humedad (%)	7.23	9.67	12.92	15.77
Densidad Seca (g./cm ³)	1.772	1.789	1.816	1.765



MÉTODO:	A
NÚMERO DE CAPAS:	5
NÚMERO DE GOLPES:	25
DSM (g./cm ³)	1.816
OCH (%)	12.8

DATOS DEL MOLDE	
Nº:	1
PESO(g.):	4278.4
VOLUMEN(cm ³):	950.0

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.

1 de 3

KINSA
GEOLABS SAC
 ING. JAVIER J. DE LA CRUZ VASQUEZ
 REC/ 014 145599

INFORME DE ENSAYO

TESIS : "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCÁN AL CASERÍO DE CHUAN PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCÁN, PROVINCIA DE JULCÁN, LA LIBERTAD"

SOLICITANTE : NARCIZO BURGOS, WILLY JESÚS
 BRICEÑO TORRES, LUIS ALBERTO

FECHA DE ENTREGA : DICIEMBRE DEL 2018.

RAZON SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D-1883

CALICATA : C-4 **PROFUNDIDAD:** 0.00- 1.50 m
MUESTRA : M-1 **Sobrecarga Aplicada :** 4530
PROGRESIVA: KM 3+000

COMPACTACIÓN	MOLDE -1		MOLDE -2		MOLDE -3	
CONDICIÓN	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO
Número de Capas/Nº Golpes	5/56		5/25		5/12	
Muestra húmeda + Molde (g.)	12897.00	13197.00	12781.00	13025.00	12709.00	12997.00
Peso del Molde (g.)	8547.80	8547.80	8541.00	8541.00	8624.00	8624.00
Peso de la Muestra húmeda (g.)	4349.20	4649	4240.00	4484	4085.00	4373
Volúmen de la Muestra (cm ³)	2109.20	2119.2	2120.00	2120	2121.00	2121
Densidad húmeda (g./cm ³)	2.062	2.194	2.000	2.115	1.926	2.062

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)						
Tara N°	1	2	3	4	5	6
Muestra húmeda + Tara (g.)	470.90	531.70	507.40	492.60	449.20	520.00
Muestra seca + Tara (g.)	430.10	473.20	462.80	438.90	410.80	463.10
Peso del Agua (g.)	40.80	58.50	44.60	53.70	38.40	56.90
Peso de la Tara (g.)	113.40	113.30	116.80	116.10	112.40	124.00
Muestra Seca (g.)	316.70	359.90	346.00	322.80	298.40	339.10
Contenido de Humedad (%)	12.88	16.25	12.89	16.64	12.87	16.78
DENSIDAD SECA (g./cm ³)	1.827	1.887	1.772	1.813	1.706	1.766

EXPANSIÓN	Molde N°		1		2		3	
	-	Tiempo	Lectura	Hincham.	Lectura	Hincham.	Lectura	Hincham.
	-	(horas)	dial	(mm)	dial	(mm)	dial	(mm)
	13-nov	0	0	0	0	0	0	0
	14-nov	24	16	0.406	14	0.356	12	0.305
	15-nov	48	22	0.559	19	0.483	18	0.457
	16-nov	72	36	0.914	31	0.787	28	0.711
	17-nov	96	40	1.016	37	0.940	34	0.864

ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN	PENETRACIÓN (mm)	(pulg)	Molde N° 01		Molde N° 02		Molde N° 03	
			Carga (Kg)	kg/cm ²	Carga (Kg)	kg/cm ²	Carga (Kg)	kg/cm ²
	0.64	0.025	49.0	2.5	32.5	1.68	20.4	1.05
	1.27	0.050	98.9	5.1	63.5	3.28	42.8	2.21
	1.91	0.075	186.3	9.6	141.6	7.32	86.3	4.46
	2.54	0.100	231.3	12.0	150.3	7.77	110.4	5.71
	3.81	0.150	249.6	12.9	169.0	8.74	122.3	6.32
	5.08	0.200	266.0	13.7	180.4	9.33	134.1	6.93
	6.35	0.250	285.3	14.7	203.4	10.51	149.6	7.73
	7.62	0.300	302.2	15.6	220.1	11.38	160.5	8.30
	12.7	0.500	335.7	17.4	235.8	12.19	189.5	9.80

2 de 3

KINSA
 GEOLABS SAC
 ING. JAVIER J. DE LA CRUZ VASQUEZ
 REG. CIR: 146609

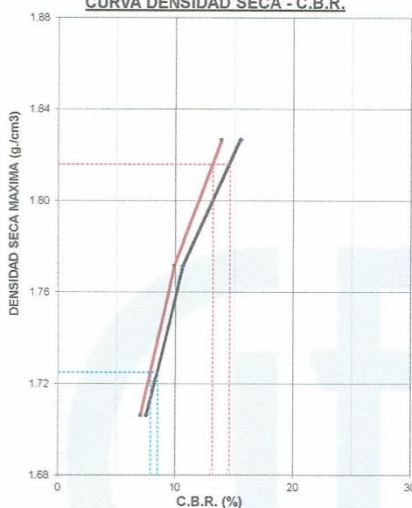
GRÁFICAS - C.B.R.

CALICATA: C-4

MUESTRA: M-1

PROFUNDIDAD: 0.00- 1.50 m

CURVA DENSIDAD SECA - C.B.R.



ÁREA DEL PISTÓN:	19,35	cm²
CARGAS PATRÓN	(2.54 mm) (0.1")	70 kg/cm²
	(5.08 mm) (0.2")	105 kg/cm²

Nº GOLPES	56	25	12
C.B.R. (%)	2.54mm (0.1")	15.49	10.66
	5.08mm (0.2")	13.90	9.90
		7.53	7.05

RESUMEN PROCTOR MODIFICADO:

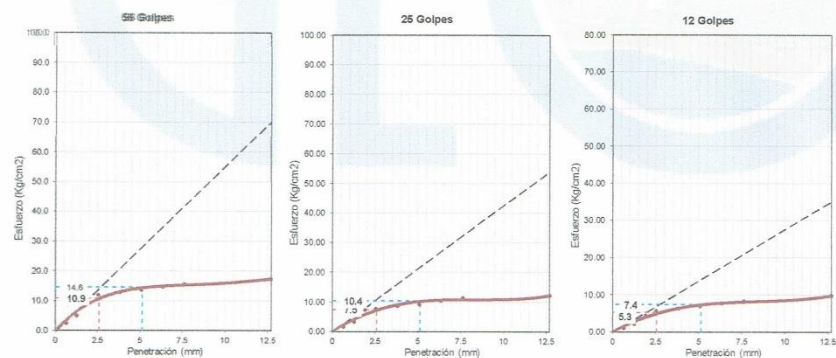
DENSIDAD SECA MÁXIMA : 1.816 (g./cm³)

HUMEDAD ÓPTIMA : 12.8 (%)

95 % DSM : 1.725 (g./cm³)

RESULTADOS DEL ENSAYO C.B.R.:

PENETRACIÓN	0.1"	0.2"
VALOR CBR AL 100% DSM:	14.6	13.2 (%)
VALOR CBR AL 95% DSM:	8.5	7.9 (%)



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.

3 de 3

KINSA
GEOLABS SAC
ING. JAVIER I. DE LA CRUZ VASQUEZ
REG. CIP: 145639

INFORME DE ENSAYO

TESIS : "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCÁN AL CASERÍO DE CHUAN PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCÁN, PROVINCIA DE JULCÁN, LA LIBERTAD"

SOLICITANTE : NARCIZO BURGOS, WILLY JESÚS
 : BRICEÑO TORRES, LUIS ALBERTO

FECHA ENTREGA : DICIEMBRE DEL 2018.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

CALICATA : C-5 **PROFUNDIDAD** : 0.00 m - 1.50 m.
MUESTRA : M-1 **PROGRESIVA** : KM 4+000

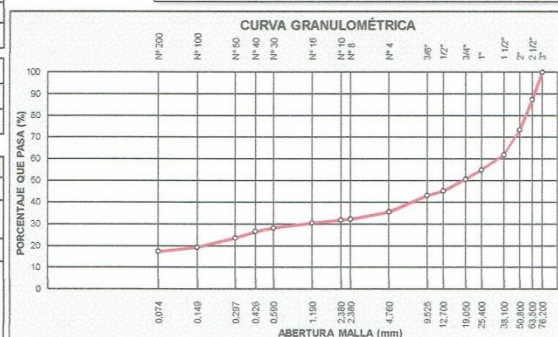
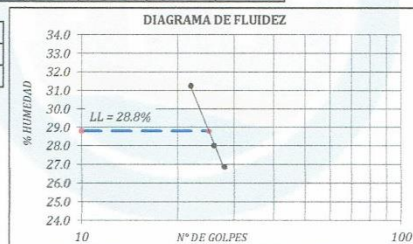
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 339.128 / ASTM D-422)				
TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (g.)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76.20	0.0	-	100
2 1/2"	63.50	281.0	13	87
2"	50.80	314.5	14.0	73.4
1 1/2"	38.10	259.1	11.6	61.9
1"	25.40	155.7	6.9	54.9
3/4"	19.05	96.3	4.3	50.7
1/2"	12.70	122.3	5.5	45.2
3/8"	9.53	46.5	2.1	43.1
Nº 4	4.76	170.2	7.6	35.5
Nº 8	2.38	74.60	3.3	32.2
Nº 10	2.00	8.50	0.4	31.8
Nº 16	1.19	31.40	1.4	30.4
Nº 30	0.59	48.50	2.2	28.3
Nº 40	0.43	38.40	1.7	26.6
Nº 50	0.30	65.30	2.9	23.6
Nº 100	0.15	96.10	4.3	19.4
Nº 200	0.074	42.60	1.9	17.5
FONDO	-	391.50	17.5	-

Peso Inicial Seco (g)	2242.5	% Grava =	64.5
Peso Lavado Seco (g)	1851.0	% Arena =	18.1
Pérdida por Lavado (g)	391.5	% Finos =	17.5

CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
SUCS (ASTM D 2487)	GC
AASHTO (ASTM D 3282)	A-2-6(0)
Descripción de la Muestra:	
Grava Arcillosa, con finos de mediana plasticidad, de color marrón claro, de regular humedad, consistencia media, con presencia de material semi rocoso en el fondo de la exploración.	

ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA- ASTM D4318				
DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO		LÍMITE PLÁSTICO	
PESO LATA + S. HÚMEDO (g.)	25.6	26.9	25.9	21.5
PESO LATA + S. SECO (g.)	23.1	24.1	23.4	20.1
PESO DE LA LATA (g.)	15.1	14.1	14.1	13.8
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	31.3	28.0	26.9	15.9
NÚMERO DE GOLPES	22	26	28	

LL (%)	28.8
LP (%)	16.1
IP (%)	12.7



KINSA
GEOLABS SAC

ING. JAVIER J. DE LA CRUZ VASQUEZ
 REG. CIP. 145659

INFORME DE ENSAYO

TESIS : "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCÁN AL CASERÍO DE CHUAN PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCÁN, PROVINCIA DE JULCÁN, LA LIBERTAD"

SOLICITANTE : NARCIZO BURGOS, WILLY JESÚS
 BRICEÑO TORRES, LUIS ALBERTO

FECHA DE ENTREGA : DICIEMBRE DEL 2018.

RAZÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D-1883

CALICATA : C-5 **PROFUNDIDAD:** 0.0 - 1.5 m
MUESTRA : M-1 **Sobrecarga Aplicada :** 4530
PROGRESIVA: KM 4+000

COMPACTACIÓN	MOLDE -1		MOLDE -2		MOLDE -3	
CONDICIÓN	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO
Número de Capas/Nº Golpes	5/56		5/25		5/12	
Muestra húmeda + Molde (g.)	13480.0	13687.0	13355.0	13550.0	13211.0	13442.0
Peso del Molde (g.)	8547.80	8547.80	8541.00	8541.00	8624.00	8624.00
Peso de la Muestra húmeda (g.)	4932.20	5139	4814.00	5009	4587.00	4818
Volúmen de la Muestra (cm ³)	2109.20	2119.2	2120.00	2120	2121.00	2121
Densidad húmeda (g./cm ³)	2.338	2.425	2.271	2.363	2.163	2.272

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)						
Tara N°	1	2	3	4	5	6
Muestra húmeda + Tara (g.)	512.40	521.70	484.60	554.30	499.40	450.20
Muestra seca + Tara (g.)	477.80	477.60	452.80	505.20	466.20	412.40
Peso del Agua (g.)	34.60	44.10	31.80	49.10	33.20	37.80
Peso de la Tara (g.)	115.30	116.40	120.20	115.50	117.50	121.10
Muestra Seca (g.)	362.50	361.20	332.60	389.70	348.70	291.30
Contenido de Humedad (%)	9.54	12.21	9.56	12.60	9.52	12.98
DENSIDAD SECA (g./cm ³)	2.135	2.161	2.073	2.098	1.975	2.011

EXPANSIÓN	Molde N°		1		2		3	
	-	Tiempo	Lectura	Hincham.	Lectura	Hincham.	Lectura	Hincham.
	-	(horas)	dial	(mm)	dial	(mm)	dial	(mm)
	05-nov	0	0	0	0	0	0	0
	06-nov	24	5	0.127	3	0.076	3	0.076
	07-nov	48	6	0.152	6	0.152	5	0.127
	08-nov	72	8	0.203	7	0.178	6	0.152
	09-nov	96	9	0.229	7	0.178	6	0.152

ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN	PENETRACIÓN (mm)		Molde N° 01		Molde N° 02		Molde N° 03	
		(pulg)	Carga (Kg)	kg/cm ²	Carga (Kg)	kg/cm ²	Carga (Kg)	kg/cm ²
	0.64	0.025	140.3	7.3	113.1	5.85	95.3	4.93
	1.27	0.050	515.2	26.6	363.2	18.77	292.5	15.12
	1.91	0.075	907.6	46.9	601.5	31.09	425.7	22.01
	2.54	0.100	1218.3	63.0	937.3	48.45	728.9	37.68
	3.81	0.150	1411.2	72.9	1312.0	67.82	948.6	49.03
	5.08	0.200	1732.5	89.6	1539.6	79.58	1121.4	57.97
	6.35	0.250	1881.5	97.3	1604.5	82.94	1271.7	65.74
	7.62	0.300	1911.8	98.8	1887.4	97.56	1490.9	77.07
	12.7	0.500	2125.1	109.8	1911.7	98.82	1669.4	86.29

2 de 3

KINSA
GEOLABS SAC
 ING. JAVIER J. DE LA CRUZ VASQUEZ
 REG./CIP: 148689

INFORME DE ENSAYO

TESIS : "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCÁN AL CASERÍO DE CHUAN PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCÁN, PROVINCIA DE JULCÁN, LA LIBERTAD"

SOLICITANTE : NARCIZO BURGOS, WILLY JESÚS
 BRICEÑO TORRES, LUIS ALBERTO

FECHA DE ENTREGA : DICIEMBRE DEL 2018.

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-1557

CALICATA : C-5 **PROFUNDIDAD** : 0.0 - 1.5 m
MUESTRA : M-1 **PROGRESIVA** : KM 4+000

Nº DE ENSAYO	1	2	3	4
Peso molde+Suelo Húmedo (g.)	11031.0	11,251.00	11,489.00	11,453.00
Peso del Molde (g.)	6562.5	6562.50	6562.50	6562.50
Peso Suelo Húmedo (g.)	4468.5	4688.5	4926.5	4890.5
Volumen del molde (cm ³)	2125.0	2125.0	2125.0	2125.0
Densidad Suelo húmedo (g./cm ³)	2.103	2.206	2.318	2.301

Número de Tarro	1	2	3	4
Peso Tarro +Suelo húmedo (g.)	568.5	546.9	490.10	474.70
Peso Tarro + Suelo Seco (g.)	547.7	519.2	458.40	437.60
Peso Tarro (g.)	128.5	126.8	125.00	122.00
Peso del agua (g.)	20.8	27.7	31.7	37.1
Peso de suelo seco (g.)	419.2	392.4	333.4	315.6
Contenido de Humedad (%)	4.96	7.06	9.51	11.76
Densidad Seca (g./cm ³)	2.003	2.061	2.117	2.059



MÉTODO:	C
NÚMERO DE CAPAS:	5
NÚMERO DE GOLPES:	56
DSM (g./cm ³)	2.117
OCH (%)	9.51

DATOS DEL MOLDE	
Nº:	II
PESO(g.):	6562.5
VOLUMEN(cm ³):	2125.0

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.

1 de 3

**KINSA
 GEOLABS SAC**

ING. JAVIER J. DE LA CRUZ VASQUEZ
 REG. CIP: 148609

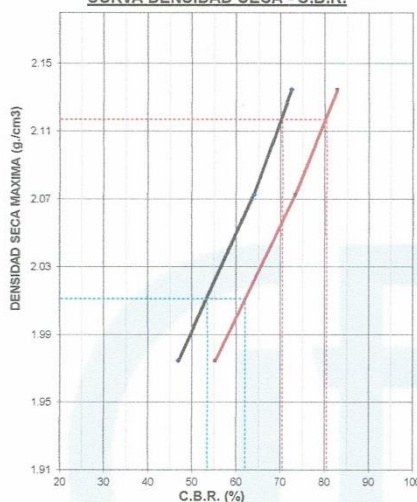
GRÁFICAS - C.B.R.

CALICATA: C-5

MUESTRA: M-1

PROFUNDIDAD: 0.0 - 1.5 m

CURVA DENSIDAD SECA - C.B.R.



ÁREA DEL PISTÓN:	19.35	cm ²
CARGAS PATRÓN	(2.54 mm) (0.1")	70 kg/cm ²
	(5.08 mm) (0.2")	105 kg/cm ²

N° GOLPES	56	25	12
C.B.R. (%)	2.54mm (0.1")	72.48	63.96
	5.08mm (0.2")	82.83	73.31
		46.90	55.22

RESUMEN PROCTOR MODIFICADO:

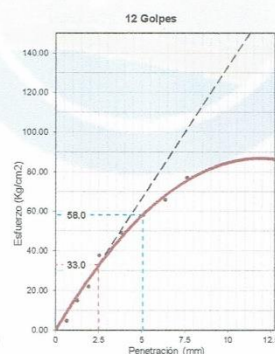
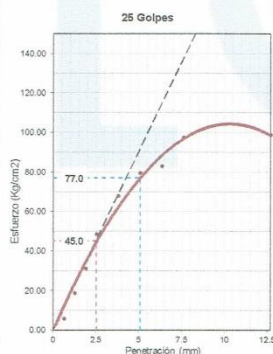
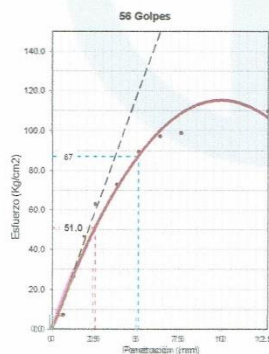
DENSIDAD SECA MÁXIMA : 2.117 (g./cm³)

HUMEDAD ÓPTIMA : 9.51 (%)

95 % DSM : 2.011 (g./cm³)

RESULTADOS DEL ENSAYO C.B.R.:

PENETRACIÓN	0.1"	0.2"
VALOR CBR AL 100% DSM:	70.5	80.5 (%)
VALOR CBR AL 95% DSM:	53.5	62.0 (%)



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.

3 de 3

KINSA
 GEOLABS SAC
 ING. JAVIER DE LA CRUZ VASQUEZ
 REG. CIP: 145609

INFORME DE ENSAYO

TESIS : "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCÁN AL CASERÍO DE CHUAN PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCÁN, PROVINCIA DE JULCÁN, LA LIBERTAD"

SOLICITANTE : NARCIZO BURGOS, WILLY JESÚS

PROYECTO : BRICEÑO TORRES, LUIS ALBERTO

FECHA ENTREGA : DICIEMBRE DEL 2018.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

CALICATA : C-6
MUESTRA : M-1
PROFUNDIDAD : 0.00 m -1.50 m.
PROGRESIVA : KM 6+000

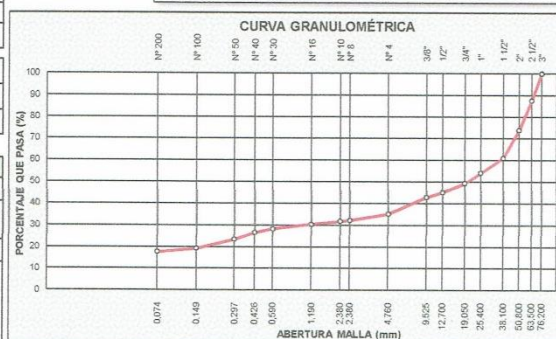
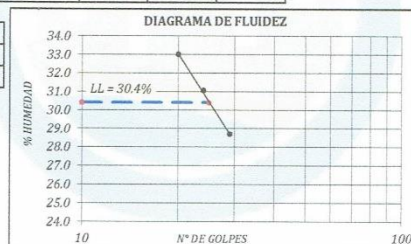
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 339.128 / ASTM D-422)				
TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (g.)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76.20	0.0	-	100
2 1/2"	63.50	290.4	12	88
2"	50.80	325.0	13.8	73.8
1 1/2"	38.10	301.3	12.8	61.0
1"	25.40	163.1	6.9	54.1
3/4"	19.05	113.7	4.8	49.2
1/2"	12.70	95.2	4.1	45.2
3/8"	9.53	55.2	2.3	42.8
Nº 4	4.76	180.9	7.7	35.1
Nº 8	2.38	68.40	2.9	32.2
Nº 10	2.00	9.70	0.4	31.8
Nº 16	1.19	33.20	1.4	30.4
Nº 30	0.59	50.10	2.1	28.3
Nº 40	0.43	40.50	1.7	26.5
Nº 50	0.30	71.10	3.0	23.5
Nº 100	0.15	101.50	4.3	19.2
Nº 200	0.074	38.60	1.6	17.6
FONDO	-	412.70	17.6	-

Peso Inicial Seco (g)	2350.6	% Grava =	64.9
Peso Lavado Seco (g)	1937.9	% Arena =	17.6
Pérdida por Lavado (g)	412.7	% Finos =	17.6

CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
SUCS (ASTM D 2487)	GC
AASHTO (ASTM D 3282)	A-2-6(0)
Descripción de la Muestra:	
Grava Arcillosa, con finos de mediana plasticidad, de color marrón claro, de regular humedad, consistencia media con presencia de material semi rocoso en el fondo de la exploración.	

ENSAYO LIMITES DE CONSISTENCIA- ASTM D4318				
DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO		LÍMITE PLÁSTICO	
PESO LATA + S. HÚMEDO (g.)	30.1	28.9	31.3	22.5
PESO LATA + S. SECO (g.)	26.6	25.7	27.8	21.3
PESO DE LA LATA (g.)	16.0	15.4	15.6	14.0
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	33.0	31.1	28.7	16.7
NÚMERO DE GOLPES	20	24	29	

LL (%)	30.4
LP (%)	16.6
IP (%)	13.8



KINSA
GEOLABS SAC
 ING. JAVIER I. DE LA CRUZ VÁSQUEZ
 REG. CIP. 145639

INFORME DE ENSAYO

TESIS : "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCÁN AL CASERÍO DE CHUAN PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCÁN, PROVINCIA DE JULCÁN, LA LIBERTAD"

SOLICITANTE : NARCIZO BURGOS, WILLY JESÚS
 BRICEÑO TORRES, LUIS ALBERTO

FECHA DE ENTREGA : DICIEMBRE DEL 2018.

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-1557

CALICATA : C-6 **PROFUNDIDAD** : 0.00 - 1.50m
MUESTRA : M-1 **PROGRESIVA** : KM 6+000

Nº DE ENSAYO	1	2	3	4
Peso molde+Suelo Húmedo (g.)	11154.0	11,325.0	11,478.0	11,452.0
Peso del Molde (g.)	6562.5	6,562.5	6,562.5	6,562.5
Peso Suelo Húmedo (g.)	4591.5	4762.5	4915.5	4889.5
Volumen del molde (cm ³)	2125.0	2125.0	2125.0	2125.0
Densidad Suelo húmedo (g./cm ³)	2.161	2.241	2.313	2.301

Número de Tarro	1	2	3	4
Peso Tarro +Suelo húmedo (g.)	488.6	525.5	454.10	521.40
Peso Tarro + Suelo Seco (g.)	473.3	499.3	426.80	478.40
Peso Tarro (g.)	126.4	126	128.80	122.20
Peso del agua (g.)	15.3	26.2	27.3	43
Peso de suelo seco (g.)	346.9	373.3	298	356.2
Contenido de Humedad (%)	4.41	7.02	9.16	12.07
Densidad Seca (g./cm ³)	2.069	2.094	2.119	2.053



MÉTODO:	C
NÚMERO DE CAPAS:	5
NÚMERO DE GOLPES:	56
DSM (g./cm ³)	2.120
OCH (%)	9.0

DATOS DEL MOLDE	
Nº:	II
PESO(g.):	6562.5
VOLUMEN(cm ³):	2125.0

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.

1 de 3

**KINSA
 GEOLABS SAC**
 ING. JAVIER I. DE LA CRUZ VASQUEZ
 REG. CIP: 145059

INFORME DE ENSAYO

TESIS : "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCÁN AL CASERÍO DE CHUAN PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCÁN, PROVINCIA DE JULCÁN, LA LIBERTAD"

SOLICITANTE : NARCIZO BURGOS, WILLY JESÚS
BRICEÑO TORRES, LUIS ALBERTO

FECHA DE ENTREGA : DICIEMBRE DEL 2018.

RAZON SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D-1883

CALICATA : C-6 **PROFUNDIDAD:** 0.00 - 1.50m
MUESTRA : M-1 **Sobrecarga Aplicada :** 4530
PROGRESIVA: KM 6+000

COMPACTACIÓN	MOLDE -1		MOLDE -2		MOLDE -3	
CONDICIÓN	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO
Número de Capas/Nº Golpes	5/56		5/25		5/12	
Muestra húmeda + Molde (g.)	13445.0	13772.0	13312.0	13641.0	13213.0	13416.0
Peso del Molde (g.)	8547.80	8547.80	8541.00	8541.00	8624.00	8624.00
Peso de la Muestra húmeda (g.)	4897.20	5224	4771.00	5100	4589.00	4792
Volumen de la Muestra (cm³)	2109.20	2119.2	2120.00	2120	2121.00	2121
Densidad húmeda (g./cm³)	2.322	2.465	2.250	2.406	2.164	2.259

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)						
Tara N°	1	2	3	4	5	6
Muestra húmeda + Tara (g.)	493.5	498.4	462.7	543.0	521.0	505.8
Muestra seca + Tara (g.)	462.0	456.3	433.9	495.4	487.8	462.2
Peso del Agua (g.)	31.5	42.1	28.8	47.6	33.2	43.6
Peso de la Tara (g.)	115.4	115.9	115.0	114.7	119.5	120.5
Muestra Seca (g.)	346.6	340.4	318.9	380.7	368.3	341.7
Contenido de Humedad (%)	9.09	12.37	9.03	12.50	9.01	12.76
DENSIDAD SECA (g./cm³)	2.128	2.194	2.064	2.138	1.985	2.004

EXPANSIÓN	Molde N°		1		2		3	
	Tiempo		Lectura	Hincham.	Lectura	Hincham.	Lectura	Hincham.
	(horas)	dial	(mm)	(mm)	dial	(mm)	dial	(mm)
19-nov	0	0	0	0	0	0	0	0
20-nov	24	4	0.102	3	0.076	2	0.051	
21-nov	48	5	0.127	4	0.102	4	0.102	
22-nov	72	7	0.178	6	0.152	5	0.127	
23-nov	96	8	0.203	7	0.178	5	0.127	

ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN	PENETRACIÓN (mm)		Molde N° 01		Molde N° 02		Molde N° 03	
	(pulg)		Carga (Kg)	kg/cm²	Carga (Kg)	kg/cm²	Carga (Kg)	kg/cm²
	0.64	0.025	185.3	9.6	119.0	6.15	95.3	4.93
	1.27	0.050	536.2	27.7	369.2	19.08	302.4	15.63
	1.91	0.075	840.5	43.4	670.8	34.67	528.9	27.34
	2.54	0.100	1082.1	55.9	921.2	47.62	795.3	41.11
	3.81	0.150	1280.4	66.2	1197.4	61.90	1032.9	53.39
	5.08	0.200	1493.3	77.2	1380.0	71.33	1224.5	63.30
	6.35	0.250	1690.2	87.4	1476.2	76.31	1351.3	69.85
	7.62	0.300	1898.1	98.1	1602.6	82.84	1468.0	75.88
	12.7	0.500	2054.8	106.2	1755.8	90.76	1581.9	81.77

2 de 3

**KINSA
GEOLABS SAC**

ING. JAVIER J. DE LA CRUZ VASQUEZ
REG. CIP: 145659

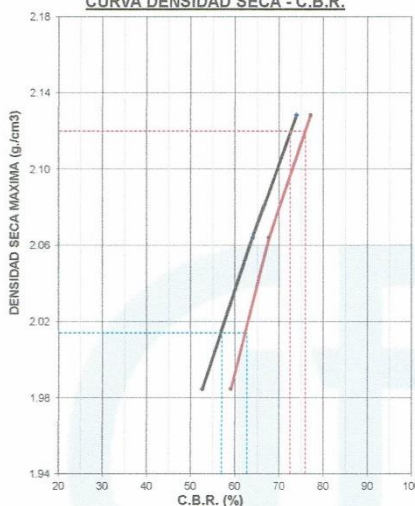
GRÁFICAS - C.B.R.

CALICATA: C-6

MUESTRA: M-1

PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.50m

CURVA DENSIDAD SECA - C.B.R.



ÁREA DEL PISTÓN:	19.35	cm²
CARGAS PATRÓN	(2.54 mm) (0.1")	70 kg/cm²
	(5.08 mm) (0.2")	105 kg/cm²

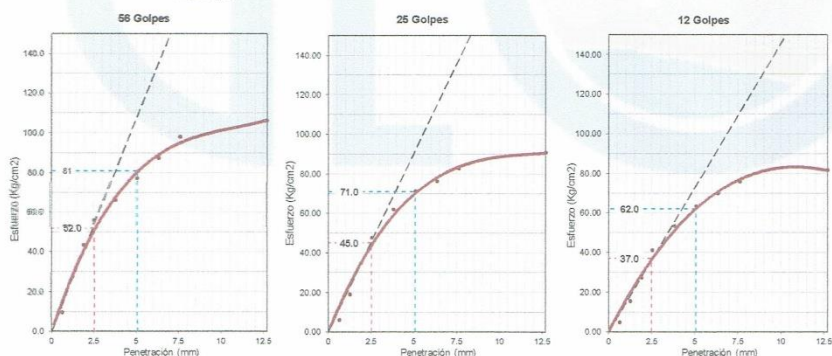
Nº GOLPES	56	25	12
C.B.R. (%)	2.54mm (0.1")	73.91	63.96
	5.08mm (0.2")	77.12	67.60
		52.59	59.03

RESUMEN PROCTOR MODIFICADO:

DENSIDAD SECA MÁXIMA : 2.120 (g./cm³)
 HUMEDAD ÓPTIMA : 9.0 (%)
 95 % DSM : 2.014 (g./cm³)

RESULTADOS DEL ENSAYO C.B.R.:

PENETRACIÓN	0.1"	0.2"
VALOR CBR AL 100% DSM:	72.5	76.0 (%)
VALOR CBR AL 95% DSM:	57.0	62.7 (%)



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.

INFORME DE ENSAYO

TESIS : "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCÁN AL CASERÍO DE CHUAN PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCÁN, PROVINCIA DE JULCÁN, LA LIBERTAD"

SOLICITANTE : NARCIZO BURGOS, WILLY JESÚS

FECHA ENTREGA : DICIEMBRE DEL 2018.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

CALICATA : C-7
MUESTRA : M-1
PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m.
PROGRESIVA : KM 7+000

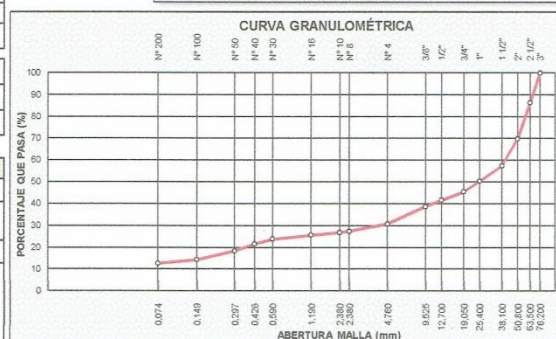
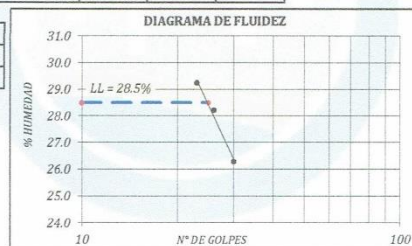
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 339.128 / ASTM D-422)				
TAMIZ	ABERTURA (mm)	P. RET. (g.)	RET. (%)	PASA (%)
3"	76.20	0.0	-	100
2 1/2"	63.50	302.1	13	87
2"	50.80	379.5	16.8	69.8
1 1/2"	38.10	284.0	12.6	57.3
1"	25.40	155.7	6.9	50.4
3/4"	19.05	108.3	4.8	45.6
1/2"	12.70	89.4	4.0	41.6
3/8"	9.53	65.8	2.9	38.7
Nº 4	4.76	179.2	7.9	30.8
Nº 8	2.38	77.30	3.4	27.4
Nº 10	2.00	10.80	0.5	26.9
Nº 16	1.19	28.50	1.3	25.6
Nº 30	0.59	38.90	1.7	23.9
Nº 40	0.43	50.70	2.2	21.7
Nº 50	0.30	72.40	3.2	18.5
Nº 100	0.15	90.30	4.0	14.5
Nº 200	0.074	40.10	1.8	12.7
FONDO	-	286.50	12.7	-

Peso Inicial Seco (g)	2259.5	% Grava =	69.2
Peso Lavado Seco (g)	1973.0	% Arena =	18.1
Pérdida por Lavado (g)	286.5	% Finos =	12.7

CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
USCS (ASTM D 2487)	GC
AASHTO (ASTM D 3282)	A-2-6(0)
Descripción de la Muestra:	
Grava Arcillosa, con finos de mediana plasticidad, de color marrón claro, de regular humedad, consistencia media con presencia de material semi rocoso en el fondo de la exploración.	

ENSAYO LIMITES DE CONSISTENCIA- ASTM D4318				
DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO		LÍMITE PLÁSTICO	
PESO LATA + S. HÚMEDO (g.)	29.3	30.0	30.4	21.7
PESO LATA + S. SECO (g.)	26.2	26.7	27.3	20.6
PESO DE LA LATA (g.)	15.6	15.0	15.5	14.4
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	29.2	28.2	26.3	17.7
NÚMERO DE GOLPES	23	26	30	

LL (%)	28.5
LP (%)	17.5
IP (%)	11.0



KINSA
GEOLABS SAC
 ING. JAVIER J. DE LA CRUZ VASQUEZ
 REG. CIP: 145659

INFORME DE ENSAYO

TESIS : "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCÁN AL CASERÍO DE CHUAN PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCÁN, PROVINCIA DE JULCÁN, LA LIBERTAD"

SOLICITANTE : NARCIZO BURGOS, WILLY JESÚS
BRICEÑO TORRES, LUIS ALBERTO

FECHA DE ENTREGA : DICIEMBRE DEL 2018.

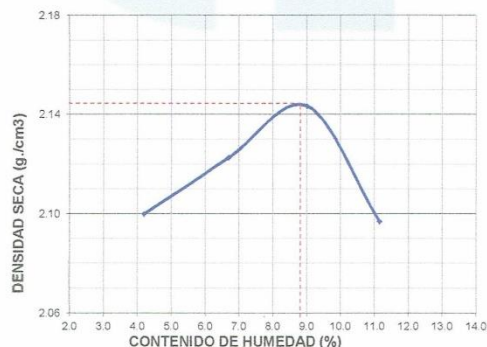
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-1557

CALICATA : C-7 PROFUNDIDAD : 0.00 - 1.50m
MUESTRA : M-1 PROGRESIVA: KM 7+000

Nº DE ENSAYO	1	2	3	4
Peso molde+Suelo Húmedo (g.)	11212.0	11375.0	11527.0	11515.0
Peso del Molde (g.)	6562.5	6,562.5	6,562.5	6,562.5
Peso Suelo Húmedo (g.)	4649.5	4812.5	4964.5	4952.5
Volúmen del molde (cm ³)	2125.0	2125.0	2125.0	2125.0
Densidad Suelo húmedo (g./cm ³)	2.188	2.265	2.336	2.331

Número de Tarro	1	2	3	4
Peso Tarro +Suelo húmedo (g.)	556.9	476.1	411.40	586.70
Peso Tarro + Suelo Seco (g.)	539.2	453.8	387.20	539.90
Peso Tarro (g.)	117.5	120.6	118.40	120.10
Peso del agua (g.)	17.7	22.3	24.2	46.8
Peso de suelo seco (g.)	421.7	333.2	268.8	419.8
Contenido de Humedad (%)	4.20	6.69	9.00	11.15
Densidad Seca (g./cm ³)	2.100	2.123	2.143	2.097



MÉTODO:	C
NÚMERO DE CAPAS:	5
NÚMERO DE GOLPES:	56
DSM (g./cm ³)	2.143
OCH (%)	8.8

DATOS DEL MOLDE	
Nº:	II
PESO(g.):	6562.5
VOLÚMEN(cm ³):	2125.0

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.

1 de 3

KINSA
GEOLABS SAC
ING. JAVIER DE LA CRUZ VÁSQUEZ
REG. CIP: 145659

INFORME DE ENSAYO

TESIS : "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCÁN AL CASERÍO DE CHUAN PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCÁN, PROVINCIA DE JULCÁN, LA LIBERTAD"

SOLICITANTE : NARCIZO BURGOS, WILLY JESÚS
 BRICEÑO TORRES, LUIS ALBERTO

FECHA DE ENTREGA : DICIEMBRE DEL 2018.

RAZON SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D-1883

CALICATA : C-7
MUESTRA : M-1
PROGRESIVA: KM 7+000

PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.50m
Sobrecarga Aplicada: 4530

COMPACTACIÓN	MOLDE -1		MOLDE -2		MOLDE -3	
CONDICIÓN	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO
Número de Capas/Nº Golpes	5/56		5/25		5/12	
Muestra húmeda + Molde (g.)	13501.0	13812.0	13374.0	13697.0	13265.0	13538.0
Peso del Molde (g.)	8547.80	8547.80	8541.00	8541.00	8624.00	8624.00
Peso de la Muestra húmeda (g.)	4953.20	5264	4833.00	5156	4641.00	4914
Volúmen de la Muestra (cm³)	2109.20	2119.2	2120.00	2120	2121.00	2121
Densidad húmeda (g./cm³)	2.348	2.484	2.280	2.432	2.188	2.317

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216)						
Tara N°	1	2	3	4	5	6
Muestra húmeda + Tara (g.)	510.8	500.2	490.4	476.0	573.9	482.4
Muestra seca + Tara (g.)	478.6	465.3	460.3	442.7	536.6	448.2
Peso del Agua (g.)	32.2	34.9	30.1	33.3	37.3	34.2
Peso de la Tara (g.)	116.0	118.8	117.5	116.9	114.8	117.2
Muestra Seca (g.)	362.6	346.5	342.8	325.8	421.8	331.0
Contenido de Humedad (%)	8.88	10.07	8.78	10.22	8.84	10.33
DENSIDAD SECA (g./cm³)	2.157	2.257	2.096	2.207	2.010	2.100

EXPANSIÓN	Molde N°		1		2		3	
	-	Tiempo	Lectura	Hincham.	Lectura	Hincham.	Lectura	Hincham.
	-	(horas)	dial	(mm)	dial	(mm)	dial	(mm)
	27-nov	0	0	0	0	0	0	0
	28-nov	24	2	0.051	2	0.051	1	0.025
29-nov	48	4	0.102	3	0.076	2	0.051	
30-nov	72	5	0.127	5	0.127	3	0.076	
01-dic	96	7	0.178	5	0.127	3	0.076	

ENSAYO CARGA - PENETRACIÓN	PENETRACIÓN (mm)	(pulg)	Molde N° 01		Molde N° 02		Molde N° 03	
			Carga (Kg)	kg/cm²	Carga (Kg)	kg/cm²	Carga (Kg)	kg/cm²
	0.64	0.025	177.9	9.2	134.1	6.93	90.6	4.68
	1.27	0.050	565.0	29.2	400.6	20.71	332.1	17.17
	1.91	0.075	967.5	50.0	780.9	40.37	672.3	34.75
	2.54	0.100	1126.7	58.2	1083.3	56.00	901.2	46.58
	3.81	0.150	1344.0	69.5	1255.6	64.90	1112.5	57.51
	5.08	0.200	1537.9	79.5	1412.4	73.01	1308.3	67.63
	6.35	0.250	1763.7	91.2	1580.4	81.69	1369.5	70.79
	7.62	0.300	1983.4	102.5	1768.8	91.43	1597.8	82.59
12.7	0.500	2123.7	109.8	1997.4	103.25	1779.1	91.96	

2 de 3

KINSA
GEOLABS SAC
 ING. JAVIER J. DE LA CRUZ VASQUEZ
 R/G. CIP. 148659

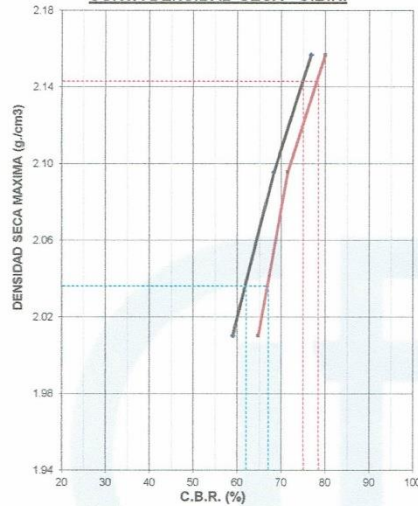
GRÁFICAS - C.B.R.

CALICATA: C-7

MUESTRA: M-1

PROFUNDIDAD: 0.00 - 1.50m

CURVA DENSIDAD SECA - C.B.R.



ÁREA DEL PISTÓN:	19.35	cm²
CARGAS PATRÓN	(2.54 mm) (0.1")	70 kg/cm²
	(5.08 mm) (0.2")	105 kg/cm²

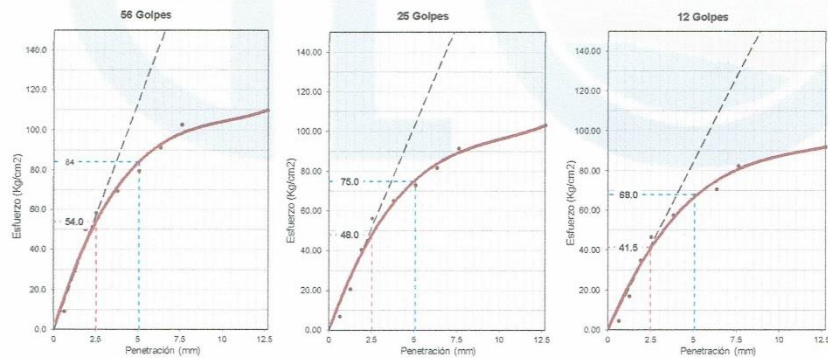
Nº GOLPES	56	25	12
C.B.R. (%)	76.75	68.22	58.98
	79.98	71.41	64.74

RESUMEN PROCTOR MODIFICADO:

DENSIDAD SECA MÁXIMA : 2.143 (g./cm³)
 HUMEDAD ÓPTIMA : 8.8 (%)
 95 % DSM : 2.036 (g./cm³)

RESULTADOS DEL ENSAYO C.B.R.:

PENETRACIÓN	0.1"	0.2"
VALOR CBR AL 100% DSM:	75.0	78.4 (%)
VALOR CBR AL 95% DSM:	62.0	67.0 (%)



Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante.

3 de 3

KINSA
GEOLABS SAC
 ING. JAVIER I. DE LA CRUZ VASQUEZ
 REG. CIP: 143659

F. Que Aprueba el Proyecto de Investigación.



UPAO | Facultad de Ingeniería

Trujillo, 21 de diciembre del 2018

Resolución N° 1765-2018-FI-UPAO

VISTO, el informe favorable presentado por el Jurado Evaluador del proyecto de tesis, titulado "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCAN AL CASERIO DE CHUAN, PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCAN, PROVINCIA DE JULCAN, LA LIBERTAD", de los bachilleres **BRICEÑO TORRES, LUIS ALBERTO** y **NARCIZO BURGOS, WILLY JESUS** de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil, y;

CONSIDERANDO:

Que, el jurado evaluador conformado por los señores docentes: **Ing. GILBERTO ANAXIMANDRO VELASQUEZ DIAZ**, Presidente; **Ing. JUAN PAUL HENRIQUEZ ULLOA**, Secretario e **Ing. CARMEN LUCIA GELDRES SÁNCHEZ**, Vocal; han revisado el proyecto de tesis, encontrándolo conforme;

Que, el proyecto de tesis ha sido elaborado conforme a las exigencias prescritas por el Reglamento de Grados y Títulos de Pregrado de la Universidad, el mismo que fue sometido a evaluación por el mencionado jurado evaluador, quien por acuerdo unánime recomendó su aprobación, tal como se desprende del dictamen elevado a la Facultad de Ingeniería;

Que, el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, en su Artículo 28° establece que el proyecto de tesis se inscribe en el libro de proyectos de tesis a cargo de la secretaría académica;

Estando al Estatuto de la Universidad, al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad y a las atribuciones conferidas a este Despacho;

SE RESUELVE:

PRIMERO: **APROBAR** la modalidad de titulación solicitada por los bachilleres **BRICEÑO TORRES, LUIS ALBERTO** y **NARCIZO BURGOS, WILLY JESUS**, consistente en la elaboración y sustentación de una **TESIS** para optar el título profesional de **INGENIERO CIVIL**.

SEGUNDO: **APROBAR** y **DISPONER** la inscripción del Proyecto de Tesis titulado: "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE ENTRE LAS METODOLOGÍAS DE LA AASHTO-93 Y LA DEL INSTITUTO DEL ASFALTO PARA EL CAMINO VECINAL DE JULCAN AL CASERIO DE CHUAN, PARTE BAJA, DISTRITO DE JULCAN, PROVINCIA DE JULCAN, LA LIBERTAD", presentado por los citados bachilleres.

TERCERO: **COMUNICAR** a los bachilleres que tienen un plazo máximo de **UN AÑO** para desarrollar su tesis hasta la presentación de la solicitud de fecha de sustentación, a cuyo vencimiento, se produce la caducidad del mismo, perdiendo el derecho exclusivo sobre el tema elegido.

REGISTRESE, COMUNIQUESE y ARCHIVESE.



DR. ELMER HUGO GONZALEZ HERRERA
DECANO FACULTAD DE INGENIERÍA

- c.c
- ✓ Escuela Profesional de Ingeniería Civil
- ✓ Interesado
- ✓ Archivo