



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Optimización del diseño de pavimento flexible aplicando los métodos AASHTO-93 y DISPAV-5 en la Avenida N°1, Distrito San Antonio, Moquegua”.

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
Ingeniero Civil**

AUTOR:

Bach. Maldonado Ramos, Rick Boris (ORCID: 0000-0001-5427-4849)

ASESOR:

Dr. Guevara Bendezú, José Claudio (ORCID: 0000-0003-0087-0965)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Construcción sostenible
Diseño de infraestructura vial

LIMA - PERÚ

2021

Dedicatoria

Este trabajo en primer lugar se lo quiero dedicar a DIOS, que siempre me acompaño y guio para llegar a alcanzar mis metas.

A mis padres por su apoyo, comprensión y ser un ejemplo de sacrificio y trabajo.

Agradecimiento

Primeramente, agradecer a DIOS por guiarme por el camino correcto hacia el logro de mis metas; en segundo lugar, a mis padres por su consideración, orientación, apoyo y tiempo.

A todas las personas que de una u otra manera han colaborado en el desarrollo de esta tesis

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	10
II. MARCO TEÓRICO	13
III. METODOLOGÍA	20
3.1. Tipo y diseño de investigación.	20
3.2. Variables y operacionalización.....	20
3.3. Población, muestra y muestreo.....	20
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	21
3.5. Procedimientos	23
3.6. Método de análisis de datos.....	23
3.7. Aspectos éticos	24
IV. RESULTADOS	25
4.1. Aplicación del método AASHTO 93	25
4.2. Aplicación del método DISPAV – 5.....	40
V. DISCUSIÓN	57
VI. CONCLUSIONES	60
VII. RECOMENDACIONES	62
REFERENCIA	63
ANEXOS	68
ANEXO 1. Matriz de operacionalización de variables	69
ANEXO 2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	71
ANEXO 2.1. ESTUDIO DE TRÁFICO Y CARGAS.....	72
ANEXO 2.2. ESTUDIO DE SUELO.....	93
ANEXO 3. PANEL FOTOGRAFICO.....	115

Índice de tablas

Tabla 01. Periodo de análisis y diseño	25
Tabla 02. Niveles sugeridos de confiabilidad R	25
Tabla 03. Valores estándar normal	25
Tabla 04. Valores recomendados para la desviación estándar elegida	26
Tabla 05. Resultados de CBR del laboratorio	26
Tabla 06. Resultados del laboratorio de C.B.R. de agregados.....	27
Tabla 07. Tiempo de agua en drenar	29
Tabla 08. Coeficiente de drenaje recomendado.....	30
Tabla 09: Parámetros obtenidos por el método AASHTO 93	33
Tabla 10. Espesores mínimos elegidos por el método AASHTO	33
Tabla 11. Diferencia de resultados entre AASHTO 93 Y DISPAV-5	56
Tabla 12. Matriz de operacionalización de variables.....	68

Índice de figuras

Figura 01. Deformacion por esfuerzos de tension y compresion.....	16
Figura 02. Falla en la sub rasante	17
Figura 03. Diagrama de metodo de diseño general de la AASHTO 93.....	18
Figura 04. Estructura de pavimento flexible	19
Figura 05. Diagrama de procedimiento	22
Figura 06. Diagrama de procedimiento	23
Figura 07. Elección del coeficiente estructural de a sub base granular a3.....	27
Figura 08. Elección del coeficiente estructural de la base granular a2.....	28
Figura 09. Elección del coeficiente estructural de la carpeta asfáltica a1.....	29
Figura 10: Resultado del número estructural (SN) del programa	31
Figura 11. Nomograma de diseño AASHTO para la obtención del SN.....	32
Figura 12. Estructura de pavimento flexible en base al SN.....	34
Figura 13. Determinación SN de carpeta, con Mr Base	35
Figura 14. Determinación SN de carpeta + base, con Mr Sub base.....	35
Figura 15. Determinac. SN de carpeta + base + sub base, con Mr Sub Rasante.....	36
Figura 16. Determin. de espesores para la estructura por el Método AASHTO...	39
Figura 17. Programa asistido por computadora (Dispav-5).....	40
Figura 18. Determinación de elección de camino.....	40
Figura 19. Selección del tránsito del proyecto. Dispav-5 versión 3.0	41
Figura 20. Ventana de transito acumulado. Dispav-5 versión 3.0	42
Figura 21. Ventana de composición de tránsito para cada vehículo	42
Figura 22. Ventana de selección de la tasa de crecimiento	43
Figura 23a. Ventana de pesos en los ejes de camión C2	44
Figura 23b. Ventana de pesos en los ejes de camión C3	44
Figura 23c. Ventana de pesos en los ejes de camión T3-S3	45
Figura 24. Ventana de coeficientes equivalentes. Camión C2	45
Figura 25. Ventana de coeficientes equivalentes. Camión C3	45
Figura 26. Ventana de coeficientes equivalentes. Camión T3S3.....	47
Figura 27. Ventana del tránsito a diferentes profundidades	73

Figura 28. Ventana que da como resultado el tránsito de proyecto por fatiga y deformación del análisis anterior.....	47
Figura 29. Ventana de selección de las capas a utilizar. Dispav-5 versión 3.0	48
Figura 30. Ventana de captura del CBRz. Dispav-5 versión 3.0	48
Figura 31. Ventana de corrección del CBRz. Dispav-5 versión 3.0.....	49
Figura 32. Calculo de Módulo de rigidez. Dispav-5 versión 3.0.....	50
Figura 33. Ventana de numero de Poisson. Dispav-5 versión 3.0.....	51
Figura 34. Ventana de nivel de confianza. Dispav-5 versión 3.0.....	52
Figura 35. Ventana de espesores en cada capa. Dispav-5 versión 3.0	52
Figura 36. Resumen de datos para el calculo. Dispav-5 versión 3.0.....	53
Figura 37. Ventana de resultados finales. Dispav-5 versión 3.0.....	54
Figura 38. Cambio de espesores	54
Figura 39. Resultados finales	55
Figura 40: Resultados finales del proyecto en donde se observa que la vida previsible es mayor que el tránsito de proyecto, lo que se considera tolerable.	55
Figura 41. Pavimento Flexible con el método AASHTO 93.....	56
Figura 42. Pavimento Flexible con el método DISPAV-5	56

Resumen

La presente tesis de investigación realiza la comparación entre las metodologías AASHTO 93 y DISPAV-5, donde el objetivo principal es realizar la optimización del diseño de pavimento flexible, determinando los espesores de la estructura y durabilidad en la Avenida N°1 del Distrito de San Antonio, Moquegua.

Los resultados se determinaron realizando el estudio de tráfico y el número estructural requerido (SN) según la metodología del AASHTO 93. Con el método de diseño del Instituto de ingeniería de la UNAM (DISPAV-5) se considera modelos elasto-plástico y elásticos para análisis de deformación permanente de las capas no tratadas y el análisis de fatiga de la capa de asfalto. Esto nos permite un mayor análisis de la estructura del pavimento que se diseñara por ende mayor confiabilidad.

En el diseño de la estructura del pavimento en esta tesis, resulto que luego de la comparación entre ambos métodos, se observa que al diseñar espesores de las capas por el método AASHTO 93 hay una disminución del espesor en porcentaje de 16.67%, con respecto al método DISPAV 5.

La investigación que se desarrollo es de un tipo de investigación descriptiva, aplicada y correlacional, en la que se analizan numerosas teorías científicas existentes. Su propósito es resolver problemas específicos mejorando la transitabilidad vehicular.

Palabra Clave: Pavimento, Comparación de métodos, DISPAV-5, Optimización, AASHTO-93

Abstract

This research thesis compares the AASHTO 93 and DISPAV-5 methodologies, where the main objective is to optimize the design of flexible pavement, determining the thicknesses of the structure and durability of Avenue No. 1 in the District of San Antonio, Moquegua.

The results were determined by performing the traffic study and the required structural number (SN) according to the AASHTO 93 methodology. With the design method of the UNAM Engineering Institute (DISPAV-5), elasto-plastic and elastic models are considered for permanent deformation analysis of the untreated layers and fatigue analysis of the asphalt layer. This allows us a better analysis of the pavement structure to be designed and therefore greater reliability.

In the design of the pavement structure in this thesis, it resulted that after the comparison between both methods, it is observed that when designing layer thicknesses by the AASHTO 93 method, there is a decrease in the thickness in percentage of 16.67%, with respect to the DISPAV 5 method.

The research developed is a descriptive, applied and correlational type of research, in which numerous existing scientific theories are analyzed. Its purpose is to solve specific problems and achieve positive results.

Keyword: Pavement, Comparison of methods, DISPAV-5, Optimization, AASHTO-93

I. INTRODUCCIÓN

El tener una vía asfaltada mejora el transporte en general, reduce los costos de operación, es por esto que el diseño de la estructura de un pavimento debe ser realizado de acuerdo a las solicitaciones requeridas para una vía definida, garantizando a lo largo de la vida de servicio un adecuado índice de serviciabilidad.

La Avenida N°1 localizado en la junta vecinal los Pioneros Distrito San Antonio, Provincia de Mariscal Nieto – Moquegua; el cual no cuenta con una estructura de pavimento. La vía peatonal es de tierra por lo que ha generado una alta incidencia de enfermedades respiratorias en las familias que se han visto perjudicadas debido a la presencia de partículas suspendidas en el aire, asimismo, es sentida la incomodidad afectando directamente a los peatones, los transportistas que se ven afectados por la polvareda que se produce diariamente, perjudican el patrimonio privado y público, dificultando el normal desplazamiento de los vehículos y personas. Aunque el tránsito local es pequeño, las inadecuadas condiciones en que se encuentra la vía generan retraso en el tiempo de viaje de los peatones, mayores costos de operación de los vehículos.

Es por ello que ante esta situación en el marco aplicativo y normativo de la presente investigación que se ha basado en una propuesta para optimizar el diseño de pavimento flexible, mediante el uso del método de diseño como es el AASHTO 93 y el uso del DISPAV-5, con la finalidad de establecer parámetros de selección para el diseño de la estructura de pavimento usando métodos como los antes mencionados, identificando en cada una, la estructura de pavimento más óptimo, el cual es un aporte para el ornato del distrito y de beneficio directo para los pobladores, siendo de mejoría para la vía en cuanto a su funcionalidad.

Por lo antes expuesto se formula el siguiente problema: ¿En qué medida incide la aplicación de los métodos AASHTO 93 y DISPAV-5 para optimizar el diseño del pavimento flexible en la Avenida N°1 del Distrito San Antonio, Moquegua?

Asimismo, ¿Cómo mediante la determinación de los espesores por el método AASHTO 93 y DISPAV-5 optimiza el diseño del pavimento flexible en la Avenida N°1 del Distrito San Antonio, Moquegua?, también, y ¿En qué medida la durabilidad de toda la estructura utilizando el método AASHTO 93 y DISPAV-5 optimiza el diseño del pavimento flexible en la Avenida N°1 del Distrito San Antonio, Moquegua?

La justificación de la investigación se centró en la optimización del diseño de pavimento flexible aplicando los métodos AASHTO 93 y DISPAV-5, buscando proporcionar mayor información en pavimentos flexibles, planteando soluciones duraderas y eficaces que disminuyan los costos de operación vehicular y tenga beneficio directo para los pobladores de la zona por ser paso obligatorio a sus predios. Tiene un aporte social como toda vía asfaltada que ha generado adecuadas condiciones de transitabilidad vehicular y que insertando una vía asfaltada se ha mejorado la calidad de vida de los pobladores. Será beneficioso económicamente para los vecinos y pobladores del Distrito San Antonio que concurran por la zona, debido a la disminución de los gastos de reparación de sus vehículos y ahorro en combustible, por la inserción de un pavimento nuevo para el tránsito de los vehículos y peatones.

De tal manera que se plantea como objetivo general: Realizar la optimización del diseño de pavimento flexible aplicando los métodos AASHTO-93 y DISPAV-5 en la Avenida N°1 del Distrito San Antonio, Moquegua.

Asimismo, se consideró como objetivo específico: Determinar los espesores de la estructura utilizando el método AASHTO-93 y DISPAV-5 para el óptimo diseño del pavimento flexible en la Avenida N°1 del Distrito San Antonio, Moquegua. Determinar la durabilidad de la estructura utilizando el método AASHTO 93 y DISPAV-5 para el óptimo diseño del pavimento flexible en la Avenida N°1 del Distrito San Antonio, Moquegua.

De todo lo expuesto se presenta la siguiente hipótesis general: La aplicación de los métodos AASHTO-93 y DISPAV-5 en la Avenida N°1, Distrito San Antonio, Moquegua, permite la optimización del pavimento flexible.

Y lo siguientes como hipótesis específica: determinando los espesores del paquete estructural por medio del método AASHTO 93 en comparación con el método DISPAV-5 se obtiene un óptimo diseño de pavimento flexible en la Avenida N°1 del Distrito San Antonio, Moquegua.

Determinando la durabilidad del paquete estructural utilizando el método AASHTO 93 en comparación con el método DISPAV-5 se obtiene un óptimo diseño del pavimento flexible en la Avenida N°1 del Distrito San Antonio, Moquegua.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Según Pérez (2014), comparo los diferentes métodos (ISA vs IRI y CBR vs Módulo Elástico), para la formulación de dictámenes técnicos en la conservación de carreteras, en el cual se usó el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM (DISPAV-5) para un análisis comparativo estructural, llegando al siguiente resultado: Para el caso superficial, la comparación más resaltante resulto en los cálculos de los costos de operación anual entre lo medido (IRI) y lo subjetivo (ISA), ya que el ISA resulto \$1,233,222.01 menor con respecto al IRI medido. Así mismo el autor concluye que el buen comportamiento de un pavimento flexible depende más de los materiales empleados para construirlo y conservarlo, que la aplicación de un método de diseño de pavimentos.

Según Suarez (2017), en su investigación diseño la construcción de un pavimento flexible para la ampliación del costado occidental de la Autopista Norte desde la calle 245 (El Buda) hasta la caro, mediante la aplicación del método AASHTO 93, llegando al siguiente resultado: La obtención de información existente analizada dio como resultado una solicitud de carga de 43.769.350 de repeticiones, cuantificada en ejes equivalentes de 8.2 Ton. Por medio de un análisis geotécnico y ensayos de laboratorio se determinó que la subrasante tiene una alta plasticidad y baja capacidad portante con un CBR de 1.46%, por lo que el autor propone un mejoramiento con rajón (material pétreo de buena resistencia) de espesor de 60cm. Finalmente aplicando el método AASHTO 93 el autor propone una estructura compuesta por una capa de concreto asfáltico, una capa de base granular, una capa de Sub base granular.

2.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Según Aucchahuaqui y Corahua (2016), realizo la evaluación del estado actual del pavimento flexible y así poder determinar si es adecuado el espesor de la carpeta de rodadura del pavimento en la av. La cultura tramo (4to paradero de San

Sebastian-Grifo Mobil de San Jeronimo, llegando al siguiente resultado: en el pavimento actual se ha evidenciado que la estructura presenta deformaciones debido a procesos constructivos; en las condiciones actuales en las que se encuentra la vía tiene un espesor de pavimento adecuado para las cargas que transitan actualmente, pero tiene una inadecuada compactación del paquete estructural el cual origina inestabilidad en las capas de base y subbase ocasionando movimientos laterales debido a las cargas que transitan actualmente, ocasionando ahuellamiento como la principal falla del pavimento.

Según Chávez (2018), diseñó la estructura del pavimento flexible para la Av. Morales Duarez de la vía Expresa – Línea Amarilla, mediante la aplicación del método AASHTO 93, llegando al siguiente resultado: Se realizó ensayos específicos en el tramo de Av. Morales Duárez entre los Viaductos 1 e 2, donde se dieron resultados de CBR para la subrasante de 28,0%, para la vía expresa se tiene del estudio de tráfico: $W18 = 6,95 \cdot 10^7$ y para las vías de servicio tenemos: $W18 = 4,59 \cdot 10^7$. Por lo tanto para la vía expresa a opinión del autor se concluye que el diseño más óptimo de la estructura de pavimento flexible es con el método AASHTO 93, está conformada por una carpeta asfáltica MAC 2 de 5cm, carpeta asfáltica MAC 1 de 7.5cm, base de material granular de 20cm y subbase material granular de 20cm. Para las vías de servicio la estructura del pavimento estará conformado por: carpeta asfáltica MAC 2 de 5cm, carpeta asfáltica MAC 1 de 7.5cm, base de material granular de 15cm y subbase material granular de 15cm.

2.3. BASES TEÓRICAS

Para poder desarrollar el tema de esta investigación se presentó las siguientes teorías relacionadas:

Pavimento: está compuesto por varias capas sobrepuestas que se encuentra apoyado sobre la subrasante acondicionada o natural, que se diseña y construye con materiales apropiados, con una adecuada compactación y cuya finalidad es recibir, resistir adecuadamente los esfuerzos que se generan por las cargas producto del tránsito vehicular. (Montejo, 2002).

Pavimento flexible: “Es un grupo conformado por capas con material seleccionado que reciben las cargas de tránsito de forma directa disipando en los estratos inferiores, facilitando un terreno de rodamiento, el cual tiene como finalidad brindar un eficientemente funcionamiento”. (Iberoamérica, 2002).

Ventaja del uso de pavimentos flexibles: Es más económico cuando su ejecución es inicial; su periodo de vida oscila entre 10 y 15 años; el pavimento flexible es reciclable; se puede utilizar nuevamente como base de pavimentos existentes; al no tener juntas de unión el tránsito es más confortable.

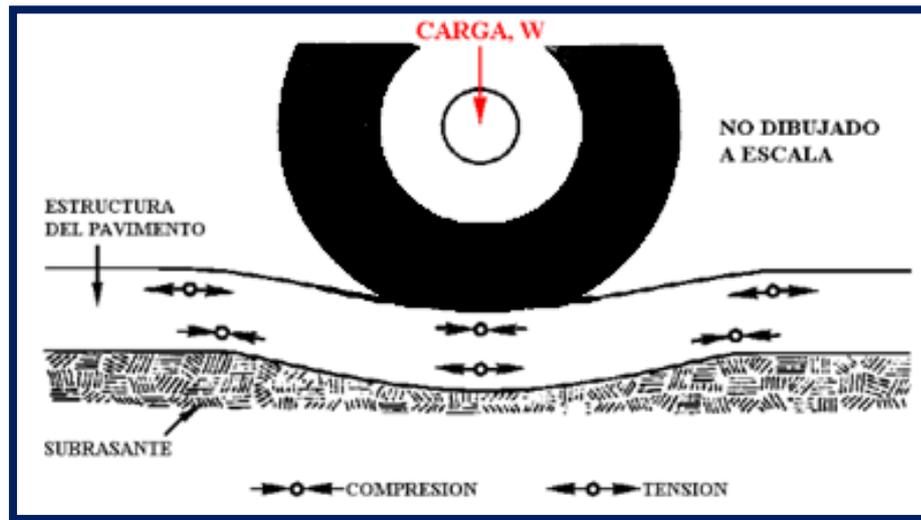
Desventajas: Tenemos que su mantenimiento debe ser permanente para poder llegar a tener una duración de 10 a 15 años de vida útil; la presentación de distorsiones, grietas a causa de las temperaturas, las roderas, grietas tipo piel de cocodrilo a causa de la (fatiga) y el ambiente, todas estas requieren de un tratamiento controlado en el pavimento asfáltico, por lo que ocasiona mayores gastos en el mantenimiento; los mantenimientos rutinarios con frecuencia interrumpen el tráfico y encarecen el pavimento flexible; los daños son considerables en temporada de lluvia, por lo que los trabajos de mantenimiento se hace más costoso.

Deformación permanente: En la capa de rodadura existe dos tipos de fallas: Deformación permanente y el fisuramiento por fatiga; La deformación permanente se produce a consecuencia de la deformación plástica sobre la superficie del pavimento y/o por deformación de la sub rasante.

La deformación resiliente es cuando un pavimento flexible recupera parte de la deformación total que se genera luego de ser sometido a ciclos de carga y descarga. Si la deformación producida por repetición de cargas no se recupera, se considera una deformación permanente, que con el tiempo se puede evidenciar ahuellamiento.

Una deformación es irreversible debido a la acumulación de pequeñas deformaciones que se produce en cada capa de un pavimento por cargas repetitivas. El pavimento puede sufrir un debilitamiento por exceso de carga vehicular generando una deformación, pero si la estructura es muy rígida se produciría fisura por fatiga en vez de deformarse. (Huamán Guerrero, 2011).

Figura 1: Deformación por esfuerzos compresión y de tensión



Fuente: Asphalt Institute's Thickness Design Manual (MS-1)

Durabilidad en un pavimento

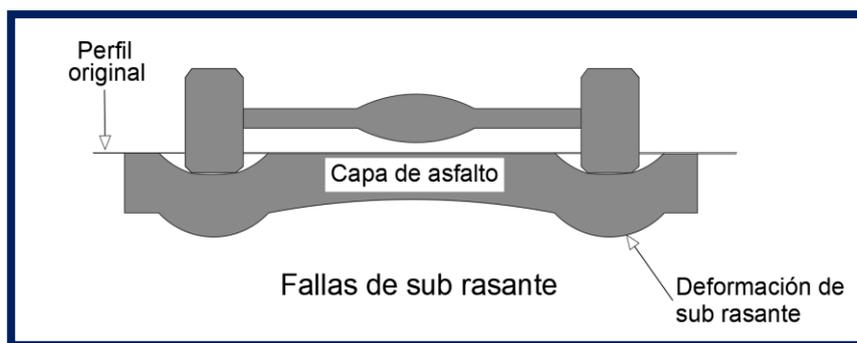
El contenido de asfalto en una mezcla le confiere mayor durabilidad, también está relacionada directamente con el clima del lugar de ubicación, además de otros parámetros como humedad, suelo, carga, proceso constructivo, entre otros; los que en conjunto influyen en el comportamiento del pavimento. (Huamán Guerrero, 2011).

Mecanismos de deformación: Un pavimento sufre una deformación que puede ser transitoria o permanente debido a la carga vehicular. Transitorias; es aquella en el que el pavimento vuelve a su estado original cuando la carga se retira, siendo una deformación elástica. Si la recuperación transcurre después de cierto tiempo de retirar la carga se considera que es visco elástico; y permanente, es cuando a pesar de haber sido retirado la carga se sigue manteniendo la deformación. En este tipo se encuentran las deformaciones: por consolidación, plásticas y por expansión.

Por consolidación: Es un cambio de volumen, donde se ha manifestado la reducción en los espesores en algunas capas de pavimento. Se caracteriza por no presentar grietas y esta deformación es debido a la mala compactación de la capa que falla. (AASHTO, 1993 "Guide for Design of Pavement Structures").

Plástica; Es el ahuellamiento que se forma en la trayectoria longitudinal por donde ruedan los neumáticos sobre la superficie del pavimento. Esta deformación se manifiesta por la acumulación de pequeñas deformaciones producto de cargas vehiculares; y por expansión, se produce por el contenido de humedad del suelo de fundación, generando un cambio de volumen del pavimento. Esta deformación se origina por el uso inadecuado de materiales, procesos constructivos incorrectos. (AASHTO, 1993 “Guide for Design of Pavement Structures”).

Figura 2: Falla en la sub rasante



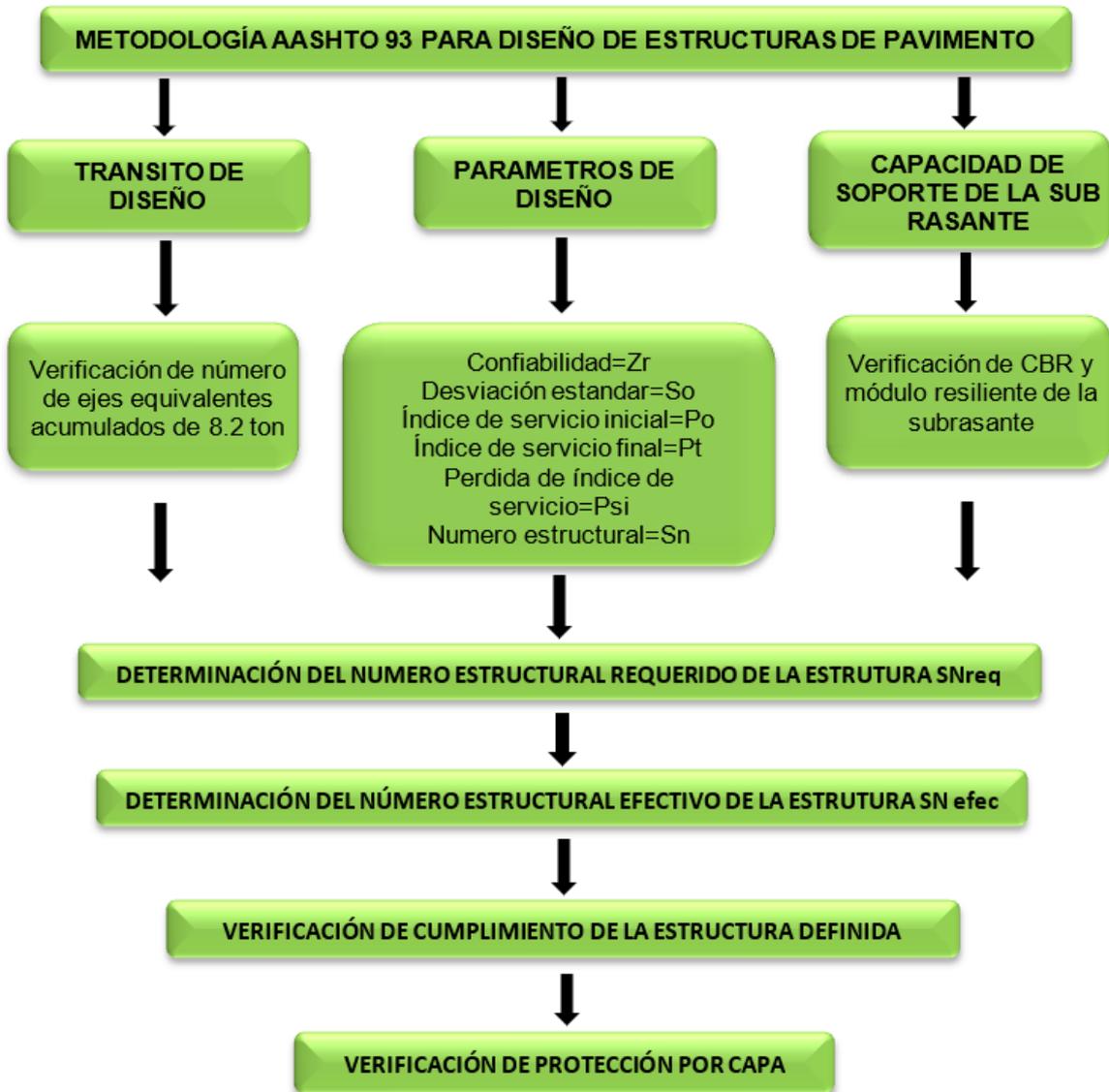
Fuente: Elaboración propia

Tipos de fallas en los pavimentos flexibles son: Fallas por insuficiencia estructural: son fallas que se han producido como consecuencia de una inadecuada combinación de la resistencia al esfuerzo cortante y los espesores, generando una resistencia inapropiada, son pavimentos construidos con material inadecuado en cuanto a resistencia o en el caso que se usara buena calidad de los materiales, pero de insuficiente tamaño de espesores estos puede sufrir este tipo de fallas; Fallas por defectos constructivos: se trata de defectos que comprometen el comportamiento de la estructura del pavimento debido a un mal proceso constructivo, a pesar del uso de materiales que son bien proporcionado y resistentes; Y fallas por fatiga: es aquel pavimento que ha sufrido daños ocasionados por la circulación continua de vehículos, los cuales generan en la carpeta asfáltica grietas en la parte inferior que con el paso del tiempo se manifiesta en la superficie en forma de grietas longitudinales, transversales. (Asphalt Institute, 1982 USA Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente. Cap.3, del Ms-22).

MÉTODOS DE DISEÑO:

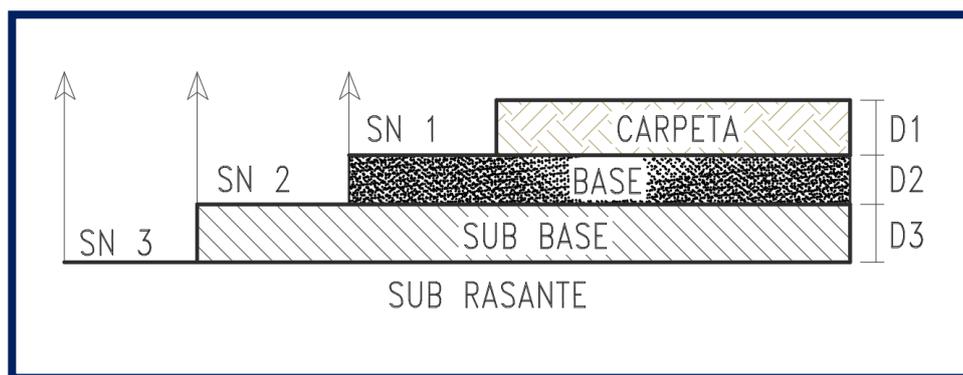
1.- El método AASHTO 93:

Figura 3. Diagrama de método de diseño general de la AASHTO 93



Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Estructura de pavimento flexible



Fuente: Elaboración propia

2.- El método DISPAV-5:

“Es un software interactivo basado en el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM, que permite diseñar secciones estructurales de pavimentos flexibles normales y de pavimentos de altas especificaciones.

El programa utiliza como variable de entrada información de tránsito y característica de los materiales de las capas que conforman la estructura. El programa calcula los espesores requeridos posterior a la entrada de información del inicio, evaluando para evitar la falla por fatiga de las capas asfálticas y la falla por deformación en las capas del pavimento.

El método de diseño permite revisar el desempeño por fatiga y deformación en la estructura del pavimento flexible a partir de información de tránsito, geometría y características de materiales”. (Corro y Castillo, 2014, p. 1).

Mediante el software DISPAV-5 se puede diferenciar cuatro etapas en el proceso de diseño del paquete estructural.

- Requerimientos técnicos para la ejecución del sistema.
- Diseño por deformación.
- Revisión del diseño anterior por efectos de fatiga.
- Si no se cumple con los criterios de fatiga se puede ajustar al diseño anterior.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación.

3.1.1. Tipo de investigación

La investigación que se desarrollo es de un tipo de investigación descriptiva, aplicada y correlacional, en la que se analizan numerosas teorías científicas existentes. Su propósito es resolver problemas específicos y lograr resultados positivos, en este tipo de investigación la información disponible se utiliza para dar respuesta a problemas, en otras palabras, permite que la información obtenida sea aplicada a lo largo del estudio.

Al tratarse de un tipo de investigación aplicada, uno de sus objetivos será dar respuesta a una explícita situación problemática que se muestra en la realidad y que se da mediante la aplicación de los conocimientos adquiridos como motivo de estudio.

La investigación que se desarrolló presento un enfoque cuantitativo, porque se recolecto los datos para comprobar la hipótesis planteada, mediante valores cuantificables (numéricos) para valorar su comportamiento.

3.2.2. Diseño de investigación.

El diseño de investigación es de intervención no experimental, dado que no se manipulo la variable independiente, es decir se recolecto la información sin alterar sus condiciones existentes.

3.2. Variables y operacionalización.

- Variable independiente: Método AASHTO 93 y Método DISPAV-5.
- Variable dependiente: Diseño de pavimento flexible.

3.3. Población, muestra y muestreo.

3.3.1. Población.

Para la investigación actual la población comprende todos los pavimentos flexibles del Distrito de San Antonio, Moquegua; debido a que poseen características en común para el propósito de este estudio que es el diseño de pavimento flexible en la Avenida 1 del Distrito de San Antonio, Moquegua a través de los métodos AASHTO 93 y DISPAV-5.

Criterios de inclusión: Se debe tener en cuenta todo el recorrido del tramo a trabajar, por medio de estudios pertinentes a dicha investigación. Se inicia el punto de diseño en la Avenida Alfonso Ugarte hasta el final de la Avenida 1.

Criterios de exclusión: Son las zonas que no están contemplados dentro del tramo de estudio, como los sentidos y pases paralelos; por lo tanto, se encuentran excluidos de esta investigación.

3.3.2. Muestra.

Esta investigación corresponde a la vía sin pavimentar en una longitud de 645 metros que comprende el total de la Avenida 1 la cual está sujeto a estudio, ya que comprende el parque automotor que circula de manera permanente por la Avenida 1 del Distrito de San Antonio, Moquegua; en el cual se realizó un diseño de pavimento flexible entre ambos métodos AASHTO 93 y DISPAV-5; luego comparar los resultados de estos dos métodos para la optimización del diseño de pavimento.

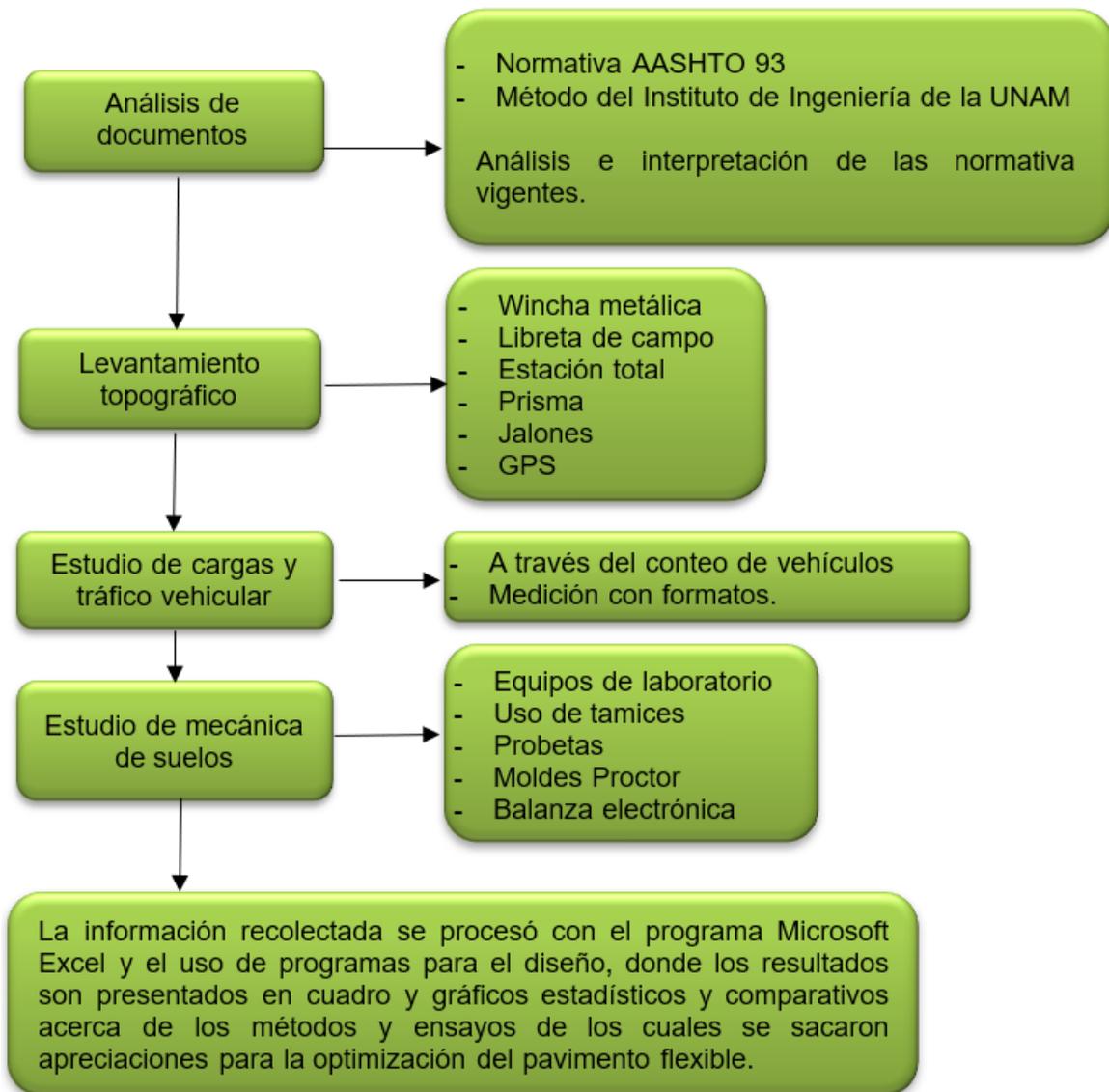
3.3.3. Muestreo.

Se realizó 02 calicatas para la extracción de muestras de suelo; conteo vehicular durante un mínimo de 7 días continuos de 24 horas, donde los conteos serán volumétricos y clasificados por tipo de vehículo. Para este estudio el tipo de muestreo es no probabilístico.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas

Figura 5. Diagrama de procedimiento



Fuente: Elaboración propia

3.4.2. Instrumentos

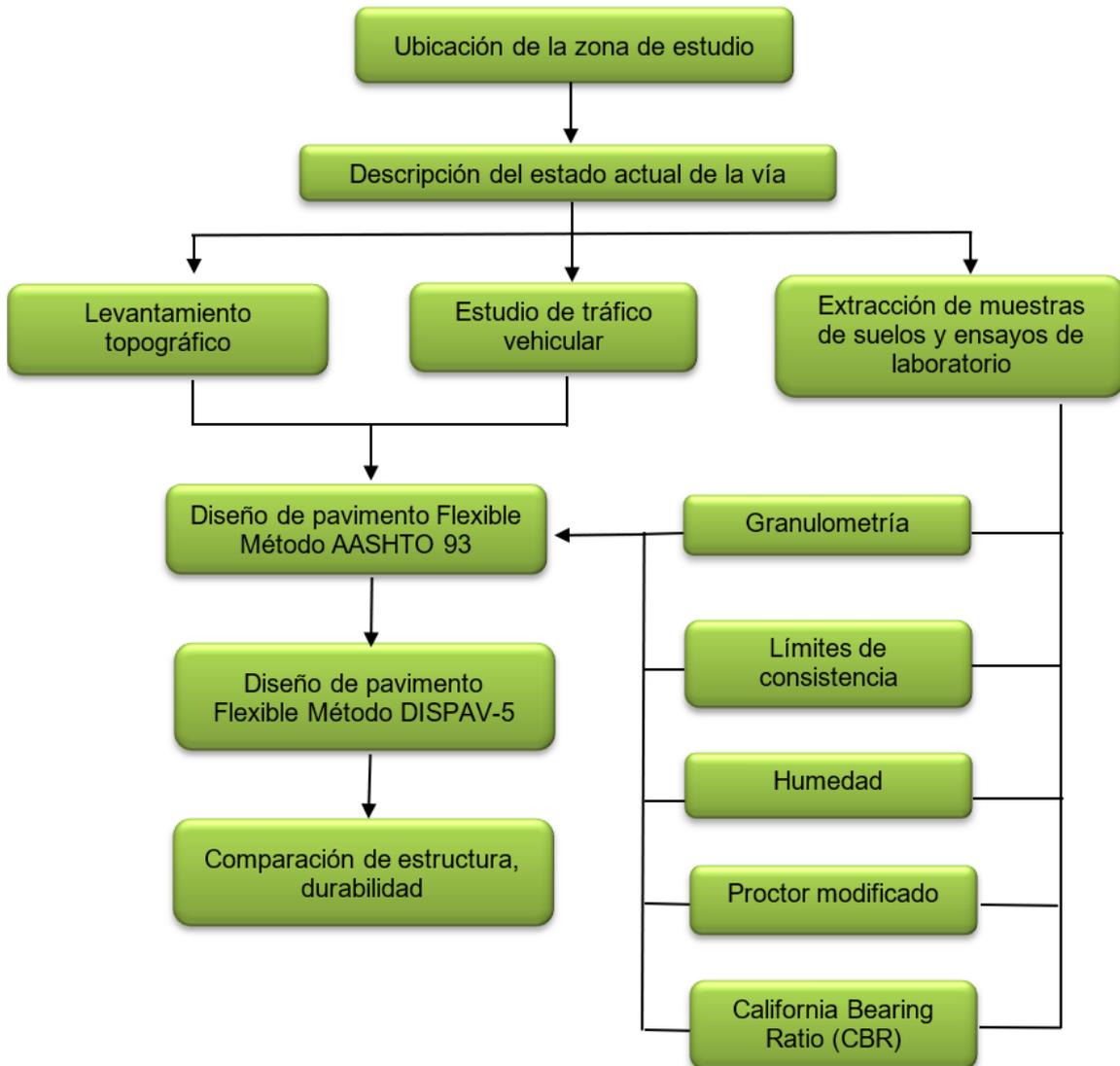
- Formatos para caracterizar el tráfico.
- Equipos de laboratorio de suelos.
- Formato con resultado de los ensayos de mecánica de suelos.
- Uso de programa DISPAV-5 y memorias de cálculo.

3.4.3. Validez

Como requisito importante para poder determinar datos relevantes de forma, eficaz y confiable, se evalúa la variable y se consigue la medición.

3.5. Procedimientos

Figura 6. Diagrama de procedimiento



Fuente: Elaboración propia

3.6. Método de análisis de datos

Son los trabajos realizados tanto en campo como en gabinete, basados en métodos de análisis de datos que se efectuara con ayuda del programa Microsoft Excel y el programa DISPAV-5; procedimientos que deben cumplirse durante el proceso de investigación. Para comparar entre uno y otro método de diseño de pavimento flexible es necesario analizar los

resultados para poder elegir que tipo de pavimento sería más técnicamente factible.

3.7. Aspectos éticos

La presente tesis se redactará respetando la autoría propia de las tesis mencionadas en esta investigación. La elaboración de la presente tesis es de autoría propia; por lo cual me someto a la verificación del software anti plagio TURNITIN para verificación de similitud y declaro que no es copia de otra tesis; así mismo se cumplió con el Código de Ética en Investigación de la UCV, emanado en la RCUN 0262-2020/UCV del 28 de agosto del 2020.

IV. RESULTADOS

Para la presente tesis se ha empleado los métodos de diseño AASHTO 93 y un software interactivo basado en el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM (DISPAV-5). Los datos para el estudio de tráfico se encuentran en ANEXOS.

4.1. Aplicación del método AASHTO 93

Periodo de diseño

Se escogió un periodo de diseño recomendado de 10 años.

ESAL de diseño

Se realizó el estudio de tráfico y cargas, del cual se obtuvo el resultado siguiente:

Tabla 01. Periodo de análisis y diseño

N° ESAL	133346.47
W18	1.33E+05

Fuente: Elaboración propia

Nivel de confiabilidad (R).

Tabla 02. Niveles sugeridos de confiabilidad R

Clasificación Funcional de la Vía	Nivel recomendado de confiabilidad %	
	Urbano	Rural
Locales	50-80	50-80

Fuente: AASHTO (1993)

Se adoptó la siguiente confiabilidad para el área de estudio: R=70%

Desviación estándar normal (ZR)

Tabla 03. Valores estándar normal

Confiabilidad R %	Desviación Estandar Normal
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841

Fuente: AASHTO (1993)

Para el área de estudio se adoptó la siguiente desviación estándar normal:

$$Z_R = -0.524$$

Desviación estándar del sistema (S_o)

Tabla 04. Valores recomendados para la desviación estándar elegida

Condición	Pavimento Flexible
Construcción nueva	0.45
Sobrecapas	0.49

Fuente: AASHTO (1993)

$$S_o = 0.45$$

Índice de servicialidad o servicapacidad ($\Delta\Psi$)

Servicialidad inicial (P_o): Para pavimentos flexible es 4.2

$$P_o = 4.2$$

Servicialidad final (P_t): Para vías locales, agrícolas, ramales o secundarias: $P_t = 1.8 - 2.0$

$$P_t = 2.0$$

$$\Delta\Psi = P_o - P_t$$

$$\Delta\Psi = 4.2 - 2.0$$



$$\Delta\Psi = 2.2$$

Determinación del módulo resiliente de la subrasante

Según el MTC recomienda que, si los valores de CBR son menos de 06 y estos son parecidos, se tomara el promedio y si son diferentes tomar el valor más bajo.

Mediante el estudio de mecánica de suelos se obtuvo lo siguiente:

Tabla 05. Resultados de CBR del laboratorio

C.B.R. AL 95% D.M.S
8.50
12.0

Fuente: Elaboración propia

$$C.B.R. = 8.50$$

$$M_r = 2555 \times CBR^{0.64} \text{ (Psi)}$$

$$M_r = 2555 \times 8.5^{0.64} \text{ (Psi)}$$

$$M_r = 10051.23 \text{ Psi}$$

Determinación de los coeficientes estructurales de capa (a1, a2, a3)

Del estudio de cantera se obtuvo en laboratorio los siguientes indicadores:

Tabla 06. Resultados del laboratorio de C.B.R. de agregados

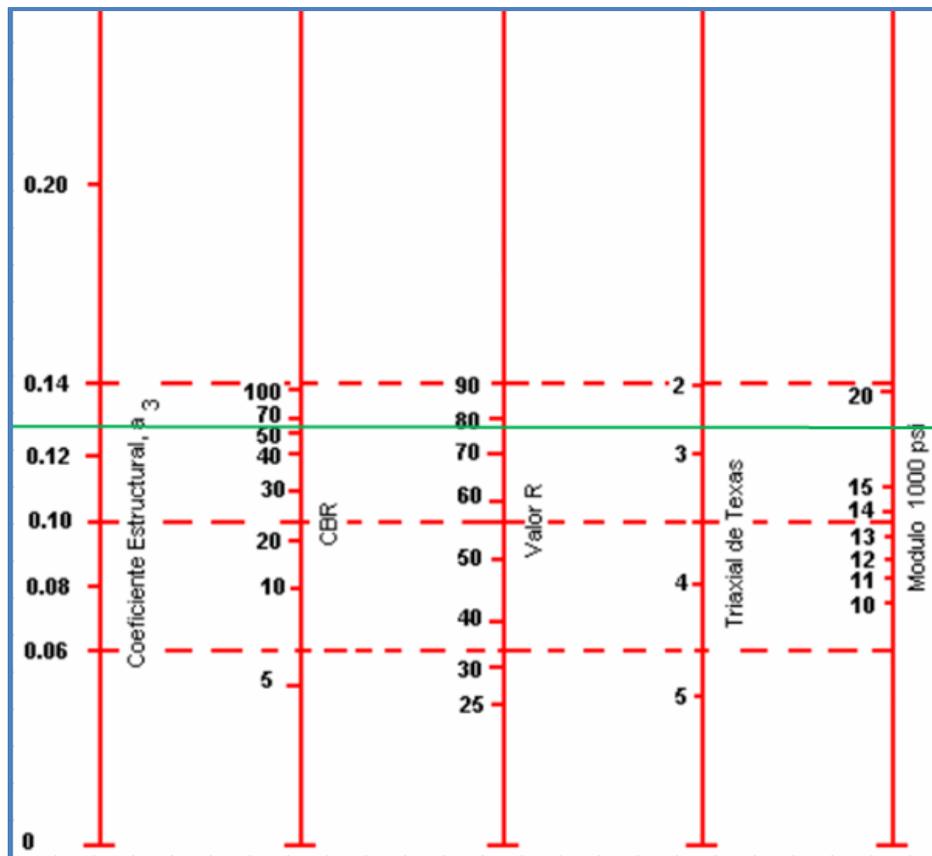
MATERIAL DE CANTERA	CBR (%)
Material base	72.30
Material de sub base	56.50

Fuente: Estudio de cantera de la presente tesis

Según la guía de diseño AASHTO 93 se emplearán los siguientes ábacos para la determinación del a1, a2, a3

CBR 0.1" al 95% DMS subbase granular = 56.50%

Figura 7. Elección del coeficiente estructural de a sub base granular a3

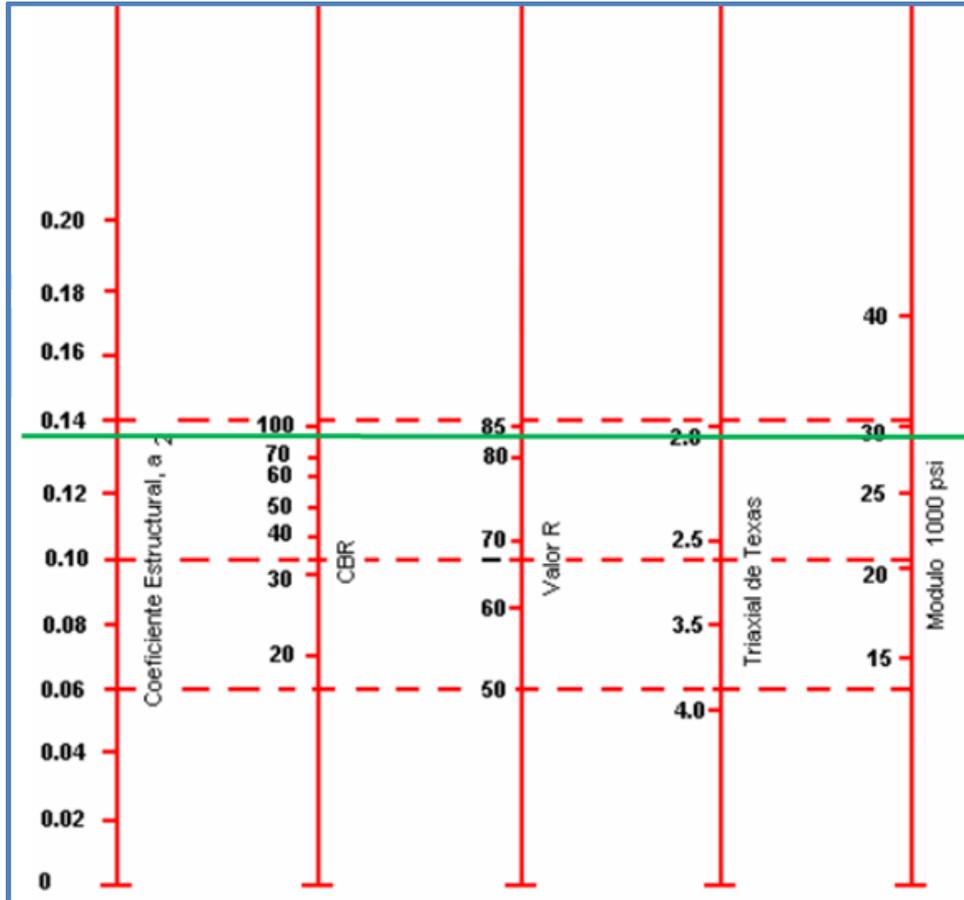


Fuente: AASHTO 1993

Mr subbase= 18000 psi
a3= 0.128

CBR 0.1" al 100% DMS Base granular = 92.40%

Figura 8. Elección del coeficiente estructural de la base granular a2

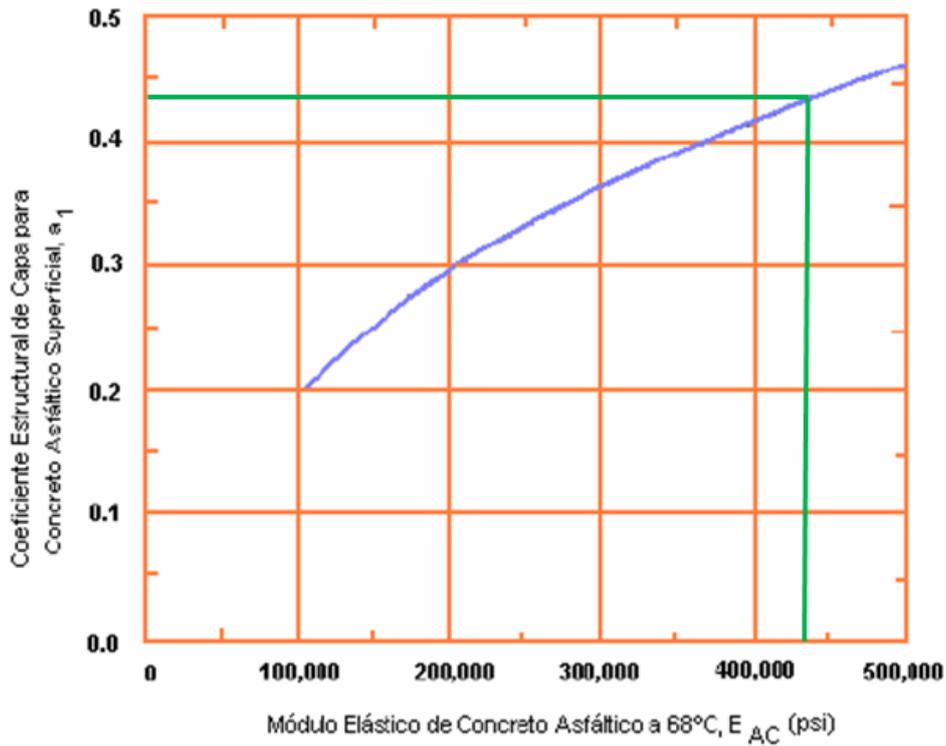


Fuente: AASHTO 1993

Mr base= 29000 psi
a2= 0.138

Mediante este ábaco se relaciona el coeficiente estructural a_1 con el módulo elástico del concreto asfáltico.

Figura 9. Elección del coeficiente estructural de la carpeta asfáltica a1



Fuente: AASHTO 1993

Módulo elástico del concreto asfáltico

$E_c = 430000$ psi

$a_1 = 0.44$

Determinación del coeficiente de drenaje (m2 y m3)

Por criterio se tomó el valor de 1 semana en tiempo de remoción del agua.

Tabla 07. Tiempo de agua en drenar

CALIDAD DE DRENAJE	TIEMPO DE REMOCIÓN DEL AGUA
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Malo	Agua no tratada

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a las condiciones particulares del presente caso, este es un suelo granular que asegura un drenaje relativamente bueno y el distrito de Moquegua tiene una sola estación lluviosa, estará expuesto a condiciones de saturación en:

$$01 \text{ mes} / 12 \text{ meses} = 0.083 = 8.33\%$$

$$\text{Porcentaje de exposición a saturación} = (8.33/365) \times 100 = 2.28\%$$

Tabla 08. Coeficiente de drenaje recomendado

Calidad de drenaje	% de tiempo en que la estructura del pavimento es expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación			
	Menos que 1%	1 – 5%	5 – 25%	Mayor que 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 pobre	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0.40

Fuente: AASHTO 1993

$$m_2 = m_3 = 1.25$$

Dimensionamiento de la Estructura – Pavimento Flexible

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

- Una forma rápida de resolver esta fórmula es a través del programa AASHTO 93 del Ing. Ricardo Vásquez Varela

Figura 10: Resultado del número estructural (SN) del programa

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software window. It contains several input fields and sections:

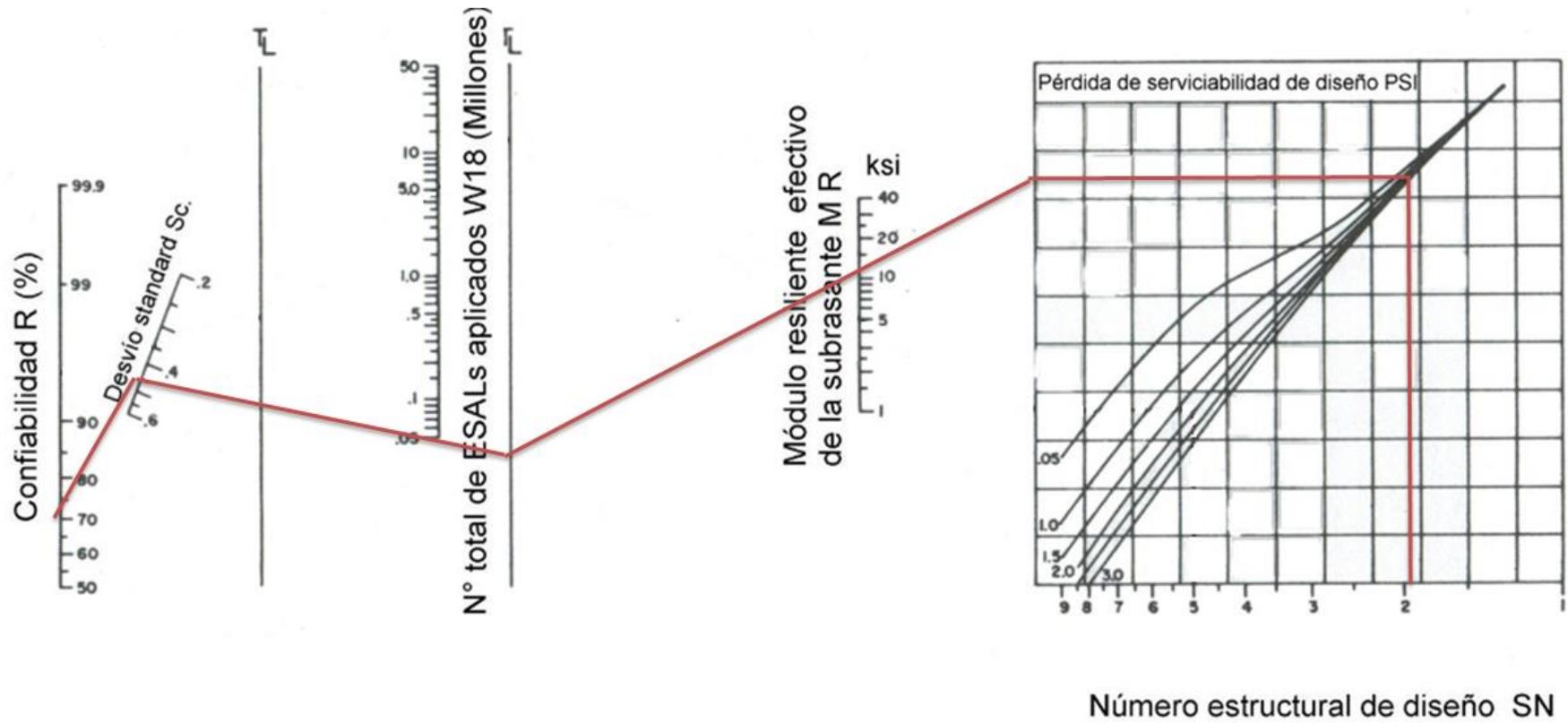
- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for 'Pavimento flexible' (selected) and 'Pavimento rígido'.
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu set to '70 % Zr=-0.524' and a text box for 'So' with the value '0.45'.
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for 'PSI inicial' (4.2) and 'PSI final' (2).
- Módulo resiliente de la subrasante:** Text box for 'Mr' (10051.23 psi).
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Four empty text boxes for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'.
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for 'Calcular SN' (selected) and 'Calcular W18'.
- Número Estructural:** A large text box showing 'SN = 1.93'.
- W18:** A text box showing 'W18 = 133346.47'.
- Buttons:** 'Calcular' and 'Salir' buttons at the bottom.

Fuente: Imagen del cálculo realizado con el programa Ecuación AASHTO 1993

SN = 1.93

- Resolviendo la formula a través del nomograma del AASHTO

Figura 11: Nomograma de diseño AASHTO para la obtención del número estructural



Fuente: Tomado del AASHTO 1993

Según el nomograma el valor estimado está dentro del rango de 2.00 a 1.90, por lo que se tomará el valor obtenido por el programa (1.93).

CÁLCULO DE LOS ESPESORES HACIENDO UN ANALISIS POR CAPA

En la siguiente tabla se muestra los parámetros considerados para el diseño

Tabla 9: Parámetros obtenidos por el método AASHTO 93

Periodo de diseño	10 años
Numero de cargas de 18000 lb (w18)	133346.47
Confiabilidad (R)	70%
Desviación normal estándar (Zr)	-0.524
Desviación estándar total (So)	0.45
Índice de serviciabilidad inicial (Po)	4.2
Índice de serviciabilidad final (Pt)	2
Perdida de serviciabilidad (Δ Psi)	2.2
Módulo resiliente de la subrasante (Mr subrasante)	10051.23 psi
Modulo elástico del concreto asfaltico (EAC = Mr)	430000 psi
Coefficiente de capa del concreto asfaltico (a1)	0.44
Módulo de la base granular (Mr base)	29000 psi
Coefficiente de capa de la base granular (a2)	0.138
Coefficiente de drenaje de la base granular (m2)	1.25
Módulo de la subbase granular (Mr sub base)	18000 psi
Coefficiente de capa de la sub base granular (a3)	0.128
Coefficiente de drenaje de la sub base granular (m3)	1.25
Numero estructural (SN)	1.93

Fuente: Elaboración propia

En el análisis del diseño se deberá cumplir con los mínimos espesores para las capas.

Tabla 10. Espesores mínimos elegidos por el método AASHTO

Numero de ESAL (W_{18})	Concreto asfaltico (pulg)	Base granular (pulg)
Menos de 50,000	1.0 (*)	4.0
50,000 - 150,000	2.0	4.0
150,001 - 500,000	2.5	4.0
500,001 - 2'000,000	3.2	6.0
2'000,001 - 7'000,000	3.5	6.0
Más de 7'000,000	4.0	6.0

Fuente: AASHTO (1993)

Nota: Estos mínimos valores pueden variar de acuerdo a condiciones locales y/o a criterio del profesional técnico.

Reemplazando en la siguiente formula:

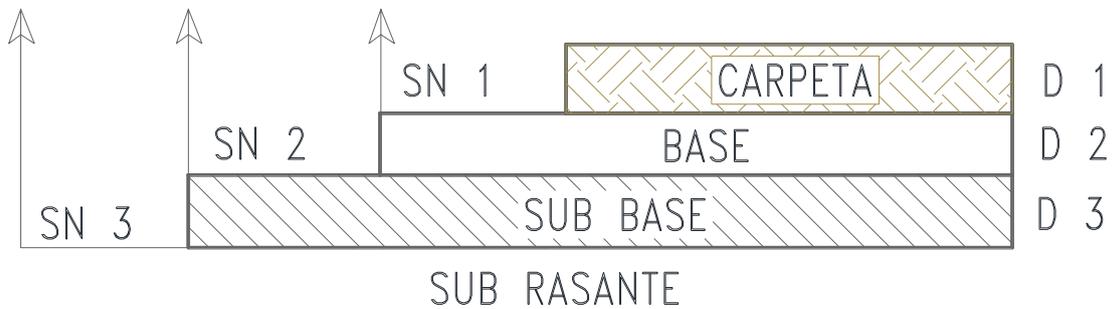
$$SN = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot m_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot m_3 \cdot D_3$$

Comprobamos con el espesor mínimo:

$$2.89 = 0.44 \cdot 3 + 0.138 \cdot 1.25 \cdot 4 + 0.128 \cdot 1.25 \cdot D_3$$

$$D_3 = 5.5 \quad \longrightarrow \quad 6''$$

Figura 12: Estructura de pavimento flexible en base al SN



Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Determinación SN de carpeta, con Mr Base

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. The 'Tipo de Pavimento' is set to 'Pavimento flexible'. The 'Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)' is set to '70 % Zr=-0.524' and 'So = 0.45'. The 'Serviciabilidad inicial y final' is set to 'PSI inicial = 4.2' and 'PSI final = 2'. The 'Módulo resiliente de la subrasante' is set to 'Mr = 29000 psi'. The 'Tipo de Análisis' is set to 'Calcular SN', resulting in 'W18 = 133346.47' and 'SN = 1.25'. The 'Calcular' button is highlighted.

Fuente: Imagen del cálculo realizado con el programa Ecuación AASHTO 1993

SN 1= 1.25

Figura 14. Determinación SN de carpeta + base, con Mr Sub base

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. The 'Tipo de Pavimento' is set to 'Pavimento flexible'. The 'Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)' is set to '70 % Zr=-0.524' and 'So = 0.45'. The 'Serviciabilidad inicial y final' is set to 'PSI inicial = 4.2' and 'PSI final = 2'. The 'Módulo resiliente de la subrasante' is set to 'Mr = 18000 psi'. The 'Tipo de Análisis' is set to 'Calcular SN', resulting in 'W18 = 133346.47' and 'SN = 1.53'. The 'Calcular' button is highlighted.

Fuente: Imagen del cálculo realizado con el programa Ecuación AASHTO 1993

SN 2= 1.53

Figura 15. Determinación SN de carpeta + base + sub base, con Mr Sub Rasante

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software window. It contains several input fields and sections:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for 'Pavimento flexible' (selected) and 'Pavimento rígido'.
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu set to '70 % Zi=-0.524' and a text box for 'So' with the value '0.45'.
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for 'PSI inicial' (4.2) and 'PSI final' (2).
- Módulo resiliente de la subrasante:** A text box for 'Mr' with the value '10051.23 psi'.
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Four empty text boxes for 'Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - S_c (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (C_d)'.
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for 'Calcular SN' (selected) and 'Calcular w18'. A text box shows 'W18 = 133346.47'.
- Número Estructural:** A text box shows 'SN = 1.93'.
- Buttons:** 'Calcular' and 'Salir' buttons at the bottom.

Fuente: Imagen del cálculo realizado con el programa Ecuación AASHTO 1993

SN 3= 2.89

➤ **Cálculo del espesor de carpeta asfáltica**

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

$$D_1 = 1.25 / 0.44$$

$$D_1 = 2.84'' \quad \text{Cumple con los espesores mínimos}$$

$$D_1^* = 3''$$

Se concluye que se cumple con los requisitos de espesores mínimos, según el cuadro de espesores mínimos de la Guía AASHTO 93.

$$SN_1^* = a_1 \times D_1^*$$

Se verifica lo anterior:

$$\boxed{SN_1^* = 1.32} \geq 1.25 \quad \text{OK} \quad \longrightarrow \quad a_1 D_1^* \geq SN_1$$
$$SN_1^* \geq SN_1$$

➤ **Cálculo del espesor de la base**

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 \times m_2}$$

$$D_2 = (1.53 - 1.32) / (0.138 * 1.25)$$

$$D_2 = 1.22'' \quad \text{No cumple con los espesores mínimos}$$

Se considera:

$$D_2^* = 4''$$

Nota: Debido a que no cumple con el espesor mínimo permitido, se incrementó a $D_2^* = 4''$ para cumplir con el espesor mínimo que establece la norma, corrigiéndose el SN_2 :

$$SN_2^* = D_2^* \times a_2 \times m_2$$

Se verifica lo anterior:

$$\boxed{SN_2^* = 0.69} \quad 2.0 \geq 1.53 \quad \text{OK} \quad \rightarrow \quad SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2$$

➤ **Cálculo del espesor de la Sub base**

$$D_3 = \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 m_3}$$

$$D_3 = 2.89 - 1.32 - 0.69 / 0.128 * 1.25$$

$$D_3 = 5.5''$$

Se considera:

$$\boxed{D_3^* = 6''}$$

$$SN_3^* = D_3^* \times a_3 \times m_3$$

$$\boxed{SN_3^* = 0.96}$$

Verificando el SN* total.

$$SN^* \geq SN = SN_1^* + SN_2^* + SN_3^* \geq SN \quad = \quad 2.97 \geq 2.89 \quad \text{OK}$$

Determinación de los espesores del paquete estructural por el Método AASHTO

Espesor de la carpeta: $D_1 = 3'' = 7.62 \text{ cm}$

Espesor de la base: $D_2 = 4'' = 10.16 \text{ cm}$

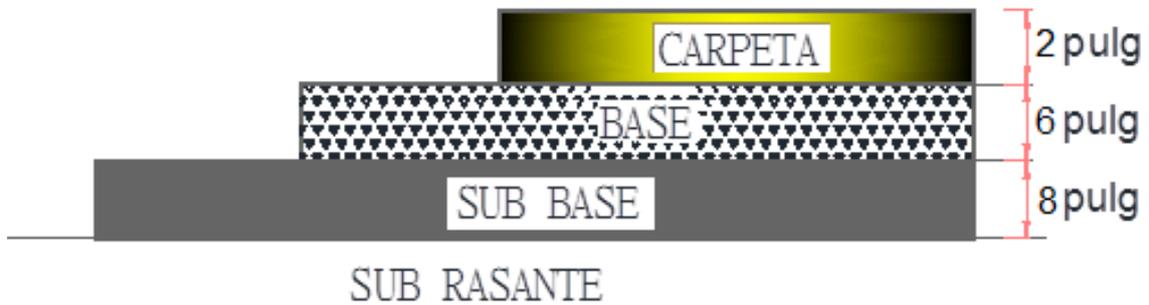
Espesor de la sub base: $D_3 = 6'' = 15.24 \text{ cm}$

Total: 33 cm

Del resultado anterior, a juicio de experto por cuestiones constructivas y un análisis de costos es preferible balancear las dimensiones obtenidas y así reducir significativamente los costos de construcción; por lo que será reducido el espesor de la carpeta.

CAPA	ESPESORES cm	TOTAL
Carpeta asfáltica	5 cm sobran 2.62 cm	5 cm
Base granular	10.16 cm + 2.62 cm = 12.78 → 15 cm	15 cm
Sub base granular	15.24 cm	20 cm

Figura 16. Determinación de espesores para la estructura por el Método AASHTO



Fuente: Elaboración propia

4.2. Aplicación del método DISPAV – 5

Método del Instituto de Ingeniería de la UNAM

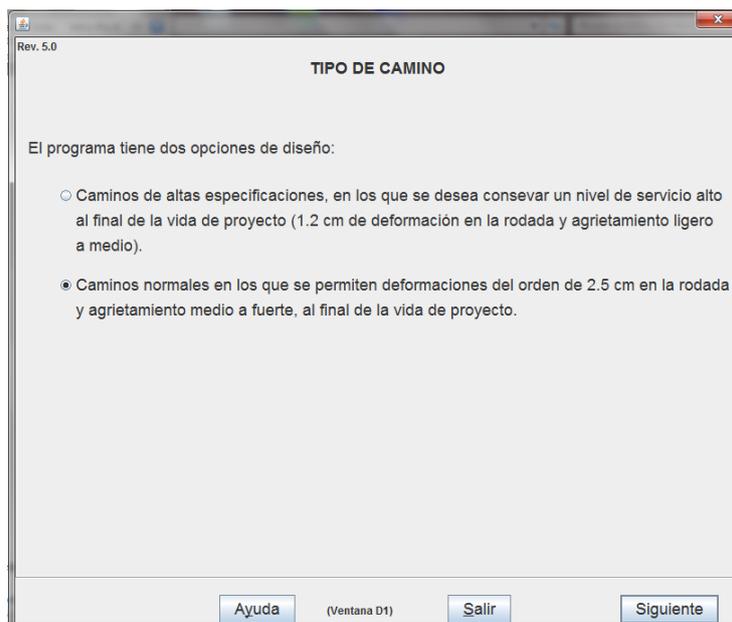
Figura 17. Programa asistido por computadora (Dispav-5)



➤ Tipo de carretera y/o vía urbana

Se debe elegir el tipo de camino según la importancia e intensidad del tránsito que vaya a darse durante la vida del proyecto. Se ha elegido la segunda opción por tratarse de vías locales, en el cual en este tipo de diseño se debe hacer mantenimiento rutinario frecuente.

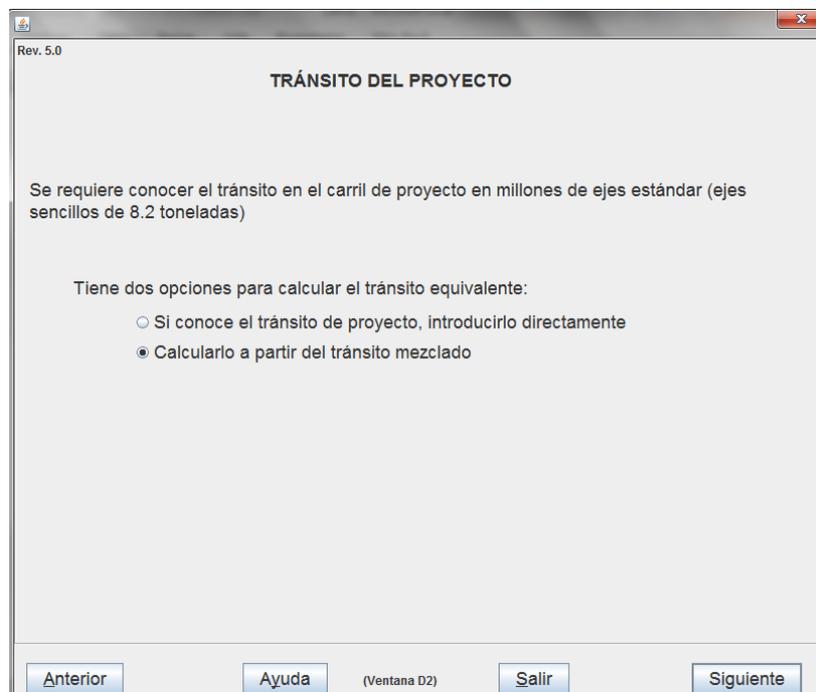
Figura 18: Determinación de elección de camino



➤ **Tránsito de proyecto**

En la Figura 19, se muestra 2 alternativas para ingresar el tránsito; la primera opción el tránsito de proyecto, en eje estándar de 8.2 ton puede ser introducido directamente ya que el programa lo permite, si en caso este dato fuera conocido y la segunda opción se puede calcular el tránsito de proyecto a partir de los datos del tránsito promedio diario anual, en el carril de proyecto, y de su composición por tipo de vehículo. Para este diseño se elige la opción 2 “Calcularlo a partir del tránsito mezclado”.

Figura 19: Selección del tránsito del proyecto. Dispav-5 versión 3.0



Se muestra la pantalla en donde el programa solicita: Tránsito promedio anual (TDPA), Tasa de crecimiento anual %, Período de diseño del pavimento en años y Tipo de camino. Se considera el estudio de diseño de esta vía local con características geométricas y vehiculares similares al camino tipo B, que tiene un equivalente a un tránsito horario máximo anual de 60 a 180 vehículos.

Figura 20: Ventana de tránsito acumulado. Dispav-5 versión 3.0

Rev. 5.0

TRÁNSITO ACUMULADO EN VEHÍCULOS TDPA

Introduzca los siguientes datos :

TDPA en el carril del proyecto (en vehículos) :

Tasa de crecimiento anual del tránsito en % :

Periodo de proyecto, en años :

y el tipo de camino

Utilizar Norma del decreto publicado el 7 de enero de 1997

Actualizar pesos según la Norma NOM-012-SCT-2008

- Elija uno...
- 1. Tipo A
- 2. Tipo B

Anterior Ayuda (Ventana D3) Salir Siguiente

Se indica que la suma de los porcentajes siempre debe ser el 100%.

Figura 21: Ventana de composición de tránsito para cada vehículo

Rev. 5.0

COMPOSICIÓN DEL TRÁNSITO

Introduzca el porcentaje de cada tipo de vehículo.

Auto	Tractocamión articulado
A: <input type="text" value="99.09"/>	T2-S1: <input type="text"/>
Autobús	T2-S2: <input type="text"/>
B2: <input type="text"/>	T3-S2: <input type="text"/>
B3: <input type="text"/>	T3-S3: <input type="text" value="0.08"/>
B4: <input type="text"/>	
Camión	Tractocamión doblemente articulado
C2: <input type="text" value="0.56"/>	T2-S1-R2: <input type="text"/>
C3: <input type="text" value="0.27"/>	T3-S1-R2: <input type="text"/>
C2-R2: <input type="text"/>	T3-S2-R2: <input type="text"/>
C3-R2: <input type="text"/>	T3-S2-R3: <input type="text"/>
C2-R3: <input type="text"/>	T3-S2-R4: <input type="text"/>
C3-R3: <input type="text"/>	T3-S3-S2: <input type="text"/>

La suma hasta el momento es de 100.0%
La suma debe ser igual a 100 %

Anterior (Ventana D4) Salir Siguiente

Nota: El programa DISPAV-5 no tiene el tipo de vehículo T2S3, por lo que se considerara el T3S3; acondicionando a este tipo los pesos por eje correspondientes al T2S3.

El programa tiene dos opciones, uno para emplear un porcentaje de vehículos cargado para cada tipo de vehículo considerado dentro del aforo vehicular, y otro donde se puede considerar un porcentaje constante para todos los vehículos.

En la figura 22 se ingresa el porcentaje de vehículos cargados; se emplea un porcentaje de vehículos cargados que se juzgue correcto, 80% de camiones cargados para este caso (en caso de no contar con la información).

Figura 22: Ventana de selección de la tasa de crecimiento

Rev. 5.0

TASA DE CRECIMIENTO

Se requiere conocer el porcentaje de camiones cargados en el carril de proyecto.

Se tienen dos opciones:

- Emplear un porcentaje de vehículos cargados para cada tipo de vehículo.
- Emplear un porcentaje de vehículos cargados aplicable a todos los vehículos comerciales (un porcentaje promedio).

Se sugiere emplear una proporción de camiones cargados entre 60 y 80%

Introduzca una proporción de camiones cargados que juzgue correcta (en%):

Para los vehículos tipo A se supone que siempre están cargados. Los autobuses y vehículos de carga (tipos B,C y T) pueden circular vacíos en un cierto porcentaje de casos.

Anterior (Ventana D5) Salir Siguiete

En las siguientes figuras se muestra: clasificación del vehículo, tipo de eje, carga total del eje (sencillo, doble, triple en toneladas) y presión de inflado en condiciones de servicio (kg/cm²), para cada tipo de vehículo incluido o en caso de considerar vehículos con diferentes características

se permiten realizar los ajustes necesarios si el proyectista tiene información al respecto. Para vehículos de carga la presión de inflado de los neumáticos es de 90 psi (6.33 kg/cm²)

Figura 23a: Ventana de pesos en los ejes de camión C2

Rev. 5.0

CAMIÓN C2

Eje	1	2
Tipo	Sencillo	Sencillo
Carga*	7.0	11.0
Presion**	6.33	6.33

*Carga total del eje, sencillo, doble, triple, en toneladas
**Presion del inflado en condiciones de servicio, en kg/cm²

Cambiar los pesos de este vehículo a la Norma de 1997

En algunos casos la carga por eje se ajustó para no sobrepasar la carga máxima total del vehículo.
Para cargas extraordinarias se puede modificar la carga y/o la presión de inflado, haga uso de las casillas proporcionadas.

Anterior tipo de vehiculo Siguiete tipo de vehiculo

Anterior (Ventana D7) Salir Siguiete

Figura 23b: Ventana de pesos en los ejes de camión C3

Rev. 5.0

CAMIÓN C3

Eje	1	2
Tipo	Sencillo	Doble
Carga*	7.0	18.0
Presion**	6.33	6.33

*Carga total del eje, sencillo, doble, triple, en toneladas
**Presion del inflado en condiciones de servicio, en kg/cm²

Cambiar los pesos de este vehículo a la Norma de 1997

En algunos casos la carga por eje se ajustó para no sobrepasar la carga máxima total del vehículo.
Para cargas extraordinarias se puede modificar la carga y/o la presión de inflado, haga uso de las casillas proporcionadas.

Anterior tipo de vehiculo Siguiete tipo de vehiculo

Anterior (Ventana D7) Salir Siguiete

Figura 23c: Ventana de pesos en los ejes de camión T3-S3

Rev. 5.0

CAMIÓN T3-S3

Eje	1	2	3
Tipo	Sencillo	Doble	Triple
Carga*	7	11	25
Presion**	6.33	6.33	6.33

*Carga total del eje, sencillo, doble, triple, en toneladas
 **Presion del inflado en condiciones de servicio, en kg/cm2

Cambiar los pesos de este vehículo a la Norma de 1997

En algunos casos la carga por eje se ajustó para no sobrepasar la carga máxima total del vehículo.
 Para cargas extraordinarias se puede modificar la carga y/o la presión de inflado, haga uso de las casillas proporcionadas.

(Ventana D7)

En la figura 24, se observa el cálculo de los coeficientes de equivalencia (o de daño relativo) para cada vehículo, en el cual el programa determino el análisis efectuado derivado de analizar las cargas.

Figura 24: Ventana de coeficientes equivalentes. Camión C2

Rev. 5.0

**COEFICIENTES DE EQUIVALENCIA DEL VEHÍCULO CARGADO
(O DE DAÑO RELATIVO)**

CAMIÓN C2

EJE	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	1.53	0.88	0.56	0.45	0.42	0.42
2	1.72	2.57	3.88	4.83	5.08	5.17
TOTAL	3.25	3.46	4.44	5.27	5.5	5.59

(Ventana D8)

Figura 25: Ventana de coeficientes equivalentes. Camión C3

EJE	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	1.53	0.88	0.56	0.45	0.42	0.42
2	3.29	3.33	2.63	2.94	3.02	3.05
TOTAL	4.82	4.21	3.18	3.39	3.44	3.46

Figura 26: Ventana de coeficientes equivalentes. Camión T3S3

EJE	PROFUNDIDAD					
	5	15	30	60	90	120
1	1.53	0.88	0.56	0.45	0.42	0.42
2	2.78	0.88	0.3	0.22	0.2	0.19
3	4.84	4.16	4.04	5.08	5.36	5.46
TOTAL	9.14	5.92	4.89	5.74	5.98	6.07

El programa realiza dos diseños: diseño por deformación permanente (considera las capas granulares) y diseño por agrietamiento de fatiga (capa estabilizada con asfalto). Para cada diseño se deben seleccionar

las profundidades con la que se desea realizar el análisis; el programa sugiere 90 cm para diseño por deformación y 15 cm para diseño por fatiga.

Figura 27: Ventana del tránsito a diferentes profundidades.

Rev. 5.0

Profundidad

Tránsito de proyecto en millones de ejes estandar para una profundidad de:

Z = 5 cm	Z =15 cm	Z =30 cm	Z =60 cm	Z =90 cm	Z =120 cm
0.9	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9

Seleccione un valor para daño superficial : 15cm

Seleccione un valor para daño profundo : 90cm

Se sugiere emplear el tránsito de proyecto determinado a 15 y 90 cm para diseño por fatiga y deformación permanente, respectivamente. Pero usted puede tomar la profundidad más adecuada a su proyecto.

Anterior (Ventana D9) Salir Siguiente

Figura 28: Ventana que da como resultado el tránsito de proyecto por fatiga y deformación del análisis anterior

Rev. 5.0

TRÁNSITO

El tránsito del proyecto, en millones de ejes estándar es :

- a) Por fatiga en las capas estabilizadas : 0.7
- b) Por deformacion en capas no estabilizadas : 0.9

¿Desea guardar los resultados?

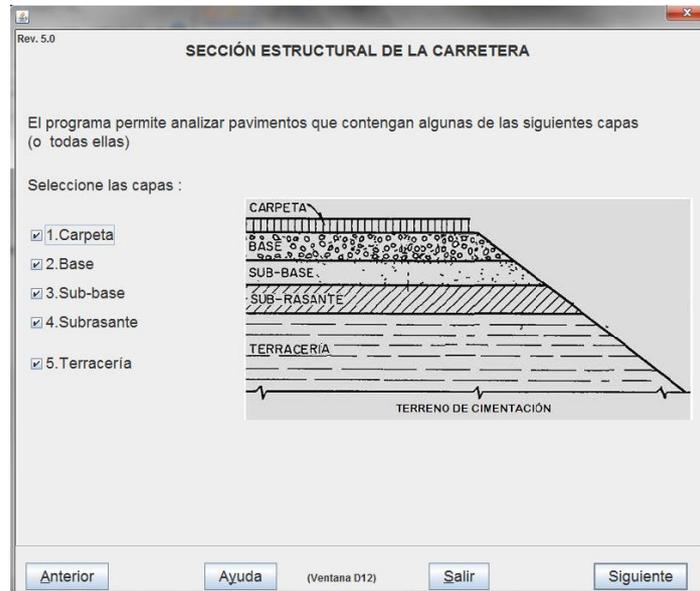
Guardar

Anterior Ayuda (Ventana D10) Salir Siguiente

➤ **Capas consideradas**

En la Figura 29, se muestra la selección del número de capas que conformaran la estructura del pavimento de la avenida 01-San Antonio.

Figura 29: Ventana de selección de las capas a utilizar. Dispav-5 versión 3.0



➤ **Valores relativos de soporte críticos, CBRz**

En la siguiente Figura 30 se muestra el ingreso numérico de los CBRz de las capas de: base, sub base y sub rasante.

Figura 30: Ventana de captura del CBRz. Dispav-5 versión 3.0

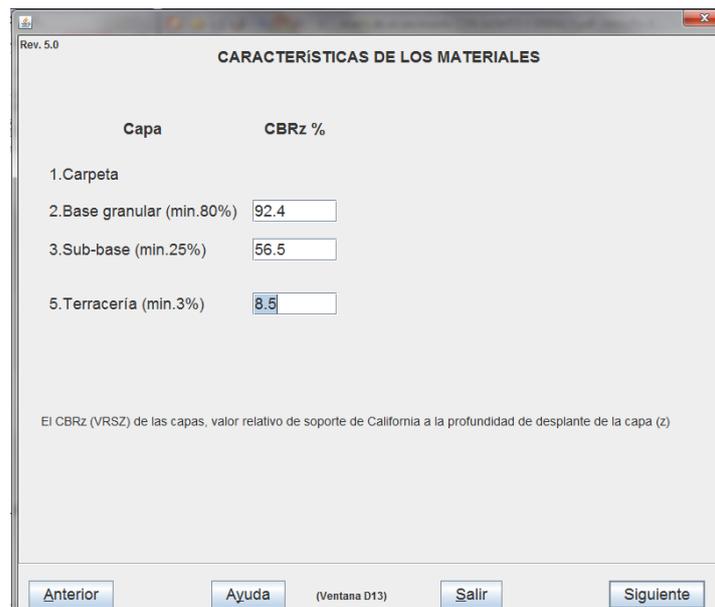


Figura 31: Ventana de corrección del CBRz. Dispav-5 versión 3.0

Capa	CBRz %	CBRp %
1. Carpeta		
2. Base granular (min.80%)	92.4	92.4
3. Sub-base (min.25%)	56.5	30.0
5. Terracería (min.3%)	8.5	8.5

Por razones de estructuración, se establecen CBRp de proyecto (mínimos y máximos) en las capas no asfálticas.

Anterior Ayuda (Ventana D13) Salir Siguiete

Se puede observar que los resultados están en un rango aceptable; excepto la subbase que tiene un valor de CBRp = 30

➤ **Módulo de rigidez de la carpeta**

Los CBRp son propuestos por el Dispav-5 versión 3.0, ya que en el campo puede ser diferente porque existe variaciones de humedad y temperatura, por lo cual los CBRz pueden ser afectados y variar. El CBRp siempre será menor al CBRz, de lo contrario el programa finalizará automáticamente.

Se puede emplear el programa MÓDULO en el caso que no se tenga información de laboratorio para establecer el módulo dinámico de rigidez del concreto asfáltico para el caso de la carpeta asfáltica, estimando aproximadamente a partir de relaciones volumétricas.

La estimación del módulo de rigidez de proyecto está basada en un cálculo teórico propuesto por él Dispav-5, cuyo comportamiento en la práctica puede ser diferente debido a que cambia de manera significativa

con varios factores, entre ellos la temperatura y la aplicación de las cargas de las ruedas de los vehículos.

En consecuencia, para evitar fallas por una inadecuada apreciación de las características mecánicas de los materiales se debe tener cuidado en estimar el módulo de rigidez de los diferentes materiales. El Dispav-5 permite estimar de manera aproximada, con la expresión:

$$E = 130 \text{ CBRz}^{0.7}.$$

Carpeta: $430000 \text{ Psi} = 30232 \text{ kg/cm}^2$

Base: $E = 130 (92.4)^{0.7} = 3090 \text{ kg/cm}^2$

Sub Base: $E = 130 (56.5)^{0.7} = 2190 \text{ kg/cm}^2$

Terracería: $E = 130 (8.5)^{0.7} = 581$

Figura 32: Cálculo de Módulo de rigidez. Dispav-5 versión 3.0

Capa	CBRz %	CBRp %	Módulo de Rigidez (Kg/cm2)
1. Carpeta			30232
2. Base granular (min.80%)	92.4	92.4	3090
3. Sub-base (min.25%)	56.5	30.0	2190
5. Terracería (min.3%)	8.5	8.5	581

Se requiere el módulo de rigidez de las capas asfálticas
Si desconoce alguno de los valores de Poisson el programa puede sugerirlos

Permitir que el sistema pueda sugerir

Anterior Ayuda (Ventana D13) Salir Siguiete

➤ **Relación de Poisson**

Se indica que la relación de Poisson puede ser obtenida de cualquier prueba en la cual sea posible medir la deformación vertical y horizontal de una muestra de suelo, como por ejemplo la prueba triaxial o en caso contrario tomar los valores recomendados por el DISPAV-5 para cada tipo de material.

Figura 33: Ventana de numero de Poisson. Dispav-5 versión 3.0

Capa	CBRz %	CBRp %	Módulo de Rigidez (Kg/cm2)	Poisson
1. Carpeta			30232	0.35
2. Base granular (min.80%)	92.4	92.4	3090	0.35
3. Sub-base (min.25%)	56.5	30.0	2190	0.45
5. Terracería (min.3%)	8.5	8.5	581	0.45

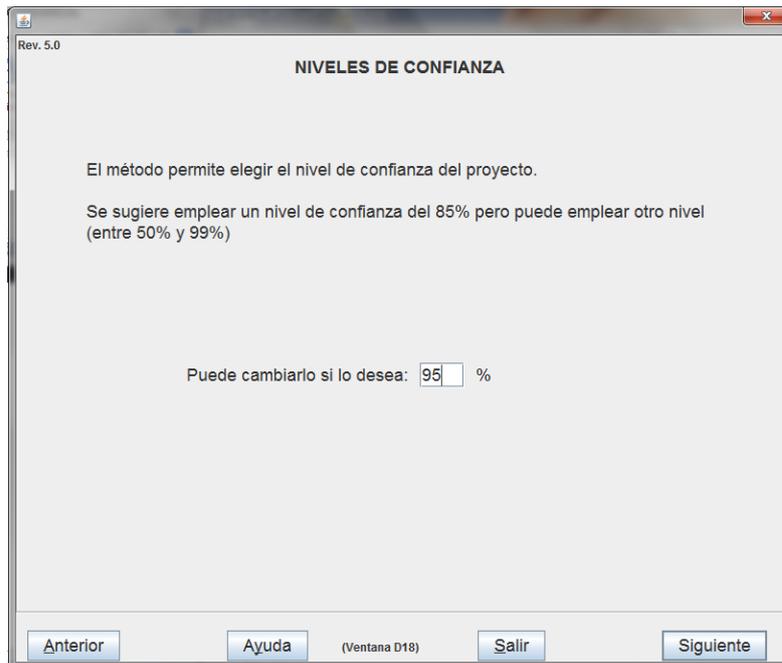
Se proponen valores para las relaciones de Poisson de cada capa, puede modificarlas si así lo desea.

Anterior Ayuda (Ventana D13) Salir Siguiente

➤ **Nivel de confianza**

El DISPAV-5 permite elegir el nivel de confianza entre 50 y 99%. Para este ejemplo pondremos un nivel de 95%.

Figura 34: Ventana de nivel de confianza. Dispav-5 versión 3.0



➤ **Diseño por deformación**

Una vez concluido el ingreso de información, el Dispav-5 calcula los espesores en centímetros para el tránsito de diseño y así impedir la falla prematura por deformación de las capas.

Figura 35: Ventana de espesores en cada capa. Dispav-5 versión 3.0

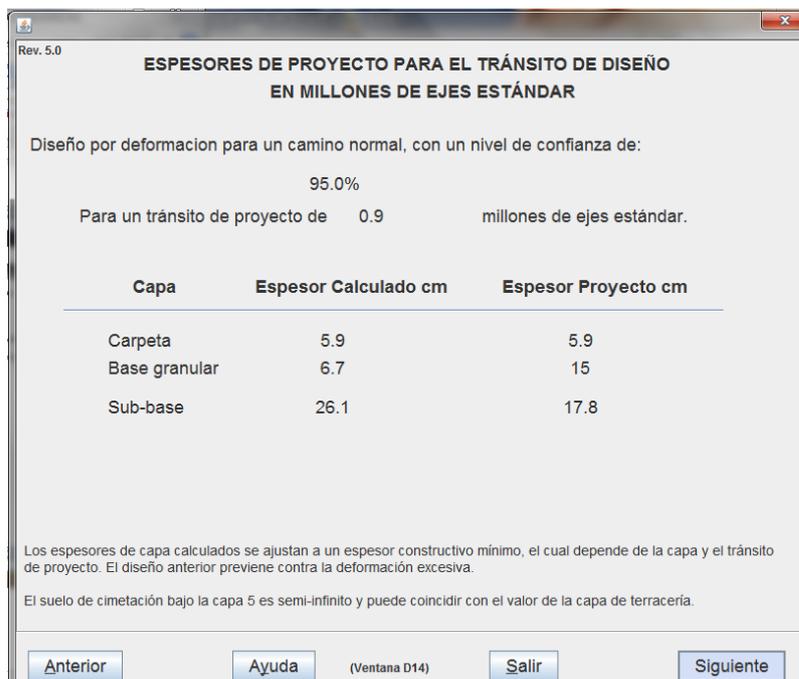
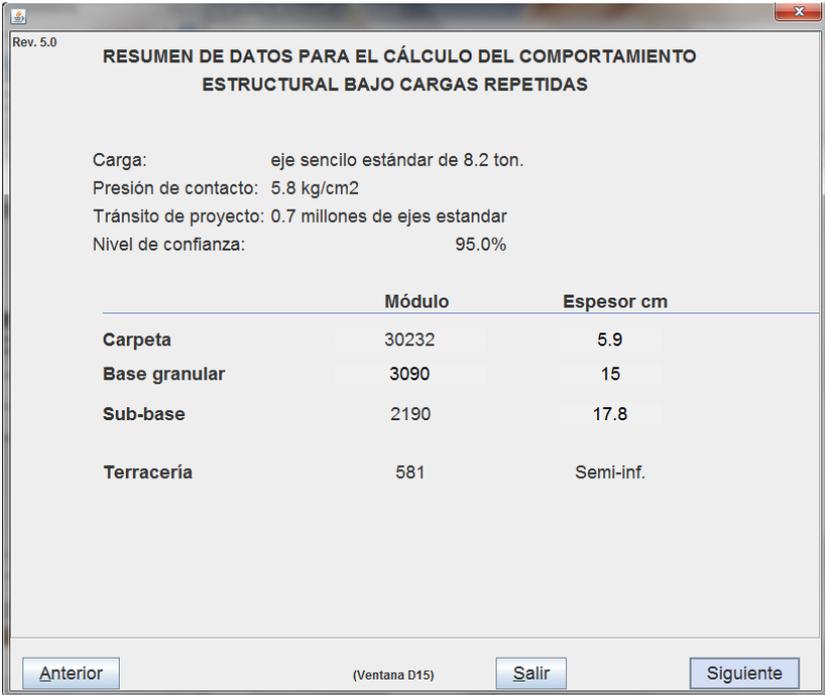


Figura 36: Resumen de datos para el cálculo. Dispav-5 versión 3.0



Rev. 5.0

RESUMEN DE DATOS PARA EL CÁLCULO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL BAJO CARGAS REPETIDAS

Carga: eje sencillo estándar de 8.2 ton.
Presión de contacto: 5.8 kg/cm²
Tránsito de proyecto: 0.7 millones de ejes estándar
Nivel de confianza: 95.0%

	Módulo	Espesor cm
Carpeta	30232	5.9
Base granular	3090	15
Sub-base	2190	17.8
Terracería	581	Semi-inf.

Anterior (Ventana D15) Salir Siguiente

➤ **Diseño por fatiga en las capas asfálticas**

En la figura 37 se muestra un resumen del resultado del análisis del programa en el que aparece los espesores de diseño, los CBR_z, módulos de rigidez, relación de poisson y la vida permisible por fatiga y deformación. Para el diseño por fatiga se tiene las siguientes opciones: cambiar el Módulo de Rigidez de la carpeta, cambiar espesores, emplear una base asfáltica como se observa en la figura 37.

En este caso el programa determino una carpeta de 5.9 cm y se opta por la segunda opción del menú “cambiar espesores”, en el que se disminuye el espesor de la carpeta a 5cm y la sub base se aumenta a 20cm.

Figura 37: Ventana de resultados finales. Dispav-5 versión 3.0

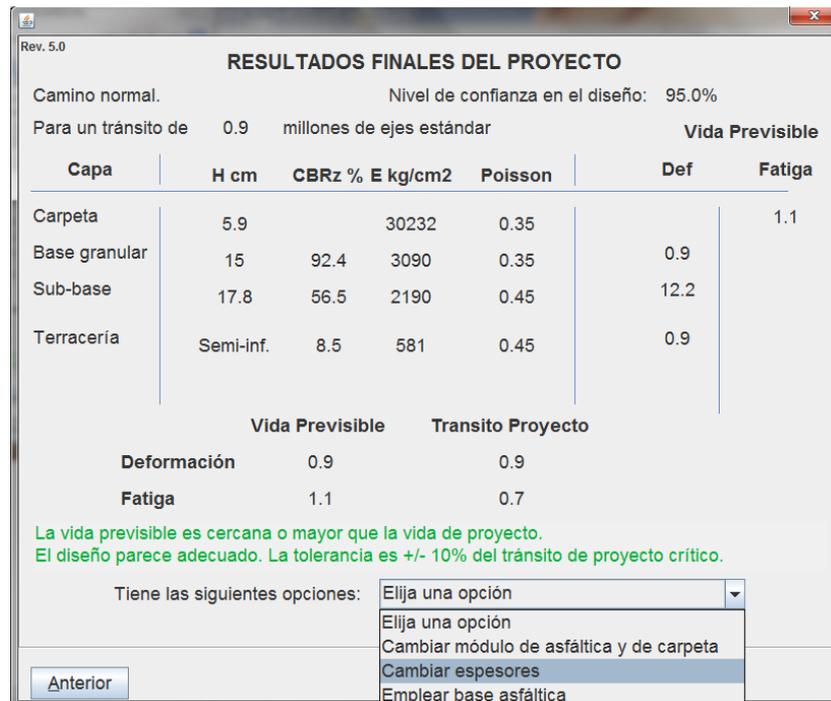
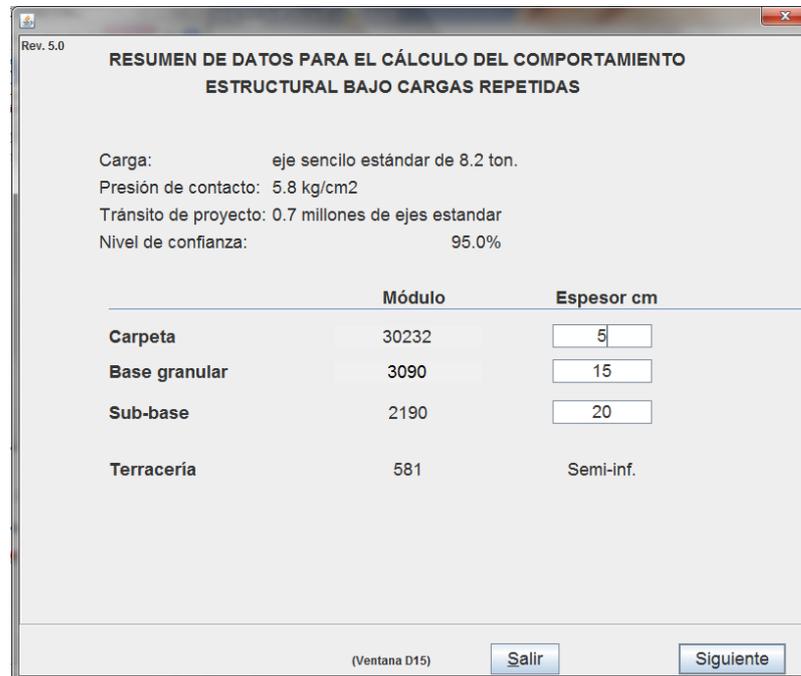


Figura 38: Cambio de espesores



Se observa que el diseño no es adecuado, por lo que se tendrá que aumentar el espesor de la carpeta en 6 cm.

Figura 39: Resultados finales

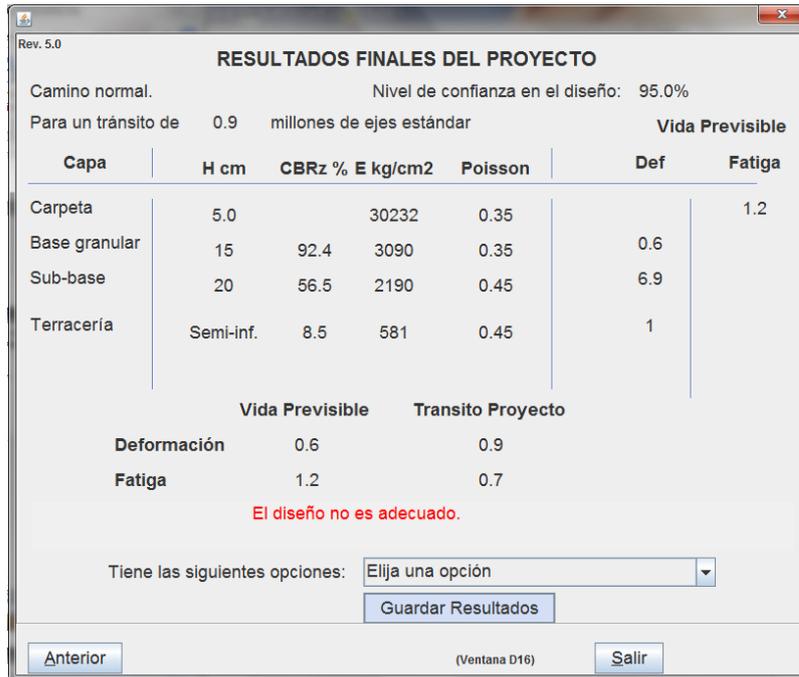
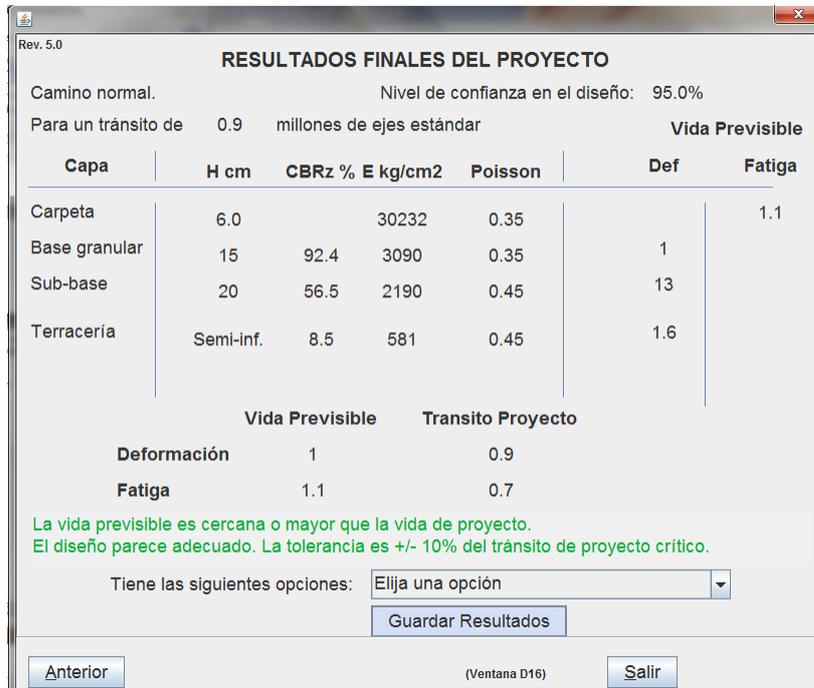


Figura 40. Resultados finales del proyecto en donde se observa que la vida previsible es mayor que el tránsito de proyecto, lo que se considera tolerable.



4.3. Comparación de resultados por los dos métodos de diseño en la estructura del pavimento.

En una obra vial al momento de realizar la ejecución del diseño estructural se tiene que analizar el principal objetivo que es optimizar el aspecto constructivo y económico, buscando siempre que el diseño cumpla con los estándares de calidad.

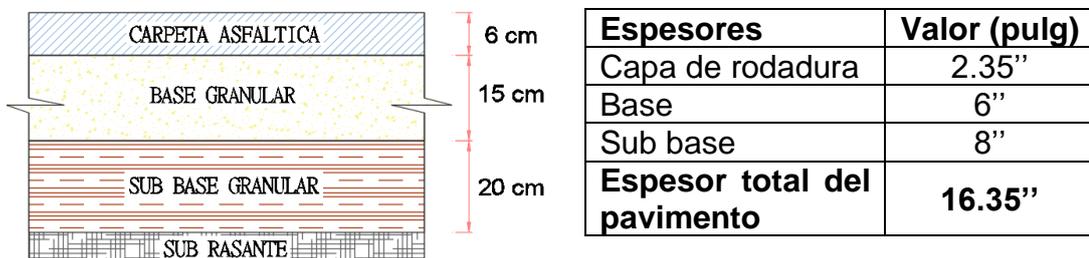
Figura 41. Pavimento Flexible con el método AASHTO 93



Fuente: Elaboración propia

Figura 42. Pavimento Flexible con el método DISPAV-5

(Pavimentos normales)



Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Diferencia de resultados entre AASHTO 93 Y DISPAV-5

CAPAS	DISPAV-5	AASHTO 93	Disminución de espesor (%)
Carpeta Asfáltica	6 cm	5 cm	16.67 %
Base granular	15 cm	15 cm	0
Sub base granular	20 cm	20 cm	0
Total (cm)	41 cm	40 cm	

Fuente: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

En la presente investigación se detalla la discusión de resultados obteniendo lo siguiente:

El objetivo general es realizar la optimización del diseño de pavimento flexible aplicando los métodos AASHTO-93 y DISPAV-5 en la Avenida N°1 del Distrito San Antonio, Moquegua; donde se puede observar los resultados en el punto 4.3 Comparación de la estructura del pavimento en ambos diseños. Se obtuvo los resultados aplicando los métodos AASHTO-93 y DISPAV-5, Donde se observa que disminuye el espesor de la carpeta asfáltica. Con el método AASHTO-93 se obtuvo un espesor de 5cm y empleando el método DISPAV-5 se obtuvo un espesor de 6cm, haciendo una disminución del espesor de carpeta asfáltica en un porcentaje de 16.67%.

Los resultados obtenidos varían dependiendo del estudio de tráfico vial y del CBR obtenido del estudio de suelos.

Los objetivos específicos son la determinación de los espesores de la estructura utilizando el método AASHTO-93 y DISPAV-5 y determinar la durabilidad de la estructura utilizando el método AASHTO 93 y DISPAV-5 para el óptimo diseño del pavimento flexible.

Según Suarez (2017), en su investigación diseño la construcción de un pavimento flexible para la ampliación del costado occidental de la Autopista Norte desde la calle 245 (El Buda) hasta la carra, mediante la aplicación del método AASHTO 93, llegando al siguiente resultado: La obtención de información existente analizada dio como resultado una sollicitación de carga de 43.769.350 de repeticiones, cuantificada en ejes equivalentes de 8.2 Ton. Por medio de un análisis geotécnico y ensayos de laboratorio se determinó que la subrasante tiene una alta plasticidad y baja capacidad portante con un CBR de 1.46%, por lo que el autor propone un mejoramiento con rajón (material pétreo de buena resistencia) de espesor de 60cm. Finalmente aplicando el método AASHTO 93 el autor propone una

estructura compuesta por una capa de concreto asfáltico, una capa de base granular, una capa de Sub base granular.

Los resultados obtenidos en la presente tesis al diseñar por el método AASHTO-93 fueron: 5cm de espesor para la carpeta asfáltica, el cual se incremento al diseñar por el DISPAV-5 a un espesor de 6cm, con respecto a la capa de base un espesor de 15 cm y sub base un espesor de 20 cm no cambia los espesores en ambos métodos.

Son distintos los resultados obtenidos al del autor Suarez (2017), debido al CBR obtenido en esta tesis y que no amerita un mejoramiento de material pétreo de buena resistencia, ya que se obtuvo un CBR de 8.5% en comparación con el CBR de 1.46% obtenido por el autor Suarez (2017).

Se observa que la diferencia que se presenta es a nivel de carpeta asfáltica las cuales en el DISPAV-5 el módulo de rigidez de la carpeta asfáltica, influye en las dimensiones finales de las capas granulares. A mayor módulo de rigidez de la carpeta se necesitará menos centímetros de espesor en las capas granulares y de esta forma las deformaciones no sean superiores a las máximas permitidas.

En el método AASHTO 93 caracteriza la carpeta asfáltica por medio de los coeficientes estructurales, a diferencia del método DISPAV-5 que lo hace mediante el módulo de rigidez.

En términos generales, cada método proporciona resultados de espesores de diseño permitidos por la norma. Analizaremos únicamente los espesores determinados por DISPAV-5 (pavimentos normales) y AASHTO-93.

Aspectos de durabilidad

Un buen diseño de la estructura del pavimento flexible avalará un óptimo desempeño y durabilidad, también dependerá de la calidad del material, del proceso constructivo y mantenimiento permanente para cumplir la vida útil de servicio.

Los materiales asfálticos que están expuestos a los elementos del medio ambiente tienden progresivamente a sufrir un deterioro natural, por consiguiente, los materiales pierden rigidez y plasticidad. El método del AASHTO 93 no incluye en sus variables el factor ambiental, esto influye en un buen diseño para proyectar la durabilidad de la estructura, el método solo comprende el coeficiente de drenaje para estimar el lapso de tiempo que tarda el agua para ser evacuada. Los resultados obtenidos tienen una carpeta asfáltica bien proporcionada y económicamente busca el diseño óptimo el cual influye a la hora de hacer el diseño de la estructura.

El método del DISPAV-5 considera modelos elasto-plástico y elásticos para análisis de deformación permanente de las capas no tratadas y el análisis de fatiga de la capa de asfalto. Esto nos proporcionara más confiabilidad y un análisis más completo de la estructura del pavimento que se diseñara.

VI. CONCLUSIONES

1. Considerando el objetivo general al realizar la comparación entre ambos métodos se concluyó que el diseño óptimo de la estructura de pavimento flexible para la Avenida 1 Distrito de San Antonio, Moquegua, se obtiene con el método AASHTO 93 porque es simple y rápido en su ejecución el cual facilita el trabajo del proyectista. En lo referente al análisis de resultados no se observaron diferencias en las capas del pavimento, solo en la carpeta asfáltica se obtuvieron resultados distintos, proporcionando el método AASHTO 93 un espesor menor para la carpeta asfáltica que el método DISPAV-5 y para las capas granulares de base y sub base se obtuvo espesores iguales con ambos métodos de diseño.
2. Se cumplió con el objetivo específico mediante la metodología AASHTO 93, y a juicio de expertos se toma valores conservadores, en el cual las capas estructurales están conformadas con una carpeta asfáltica de 5cm, base granular de 15cm y sub base granular de 20cm. Mediante el método DISPAV-5 se obtuvo una carpeta asfáltica con espesor de 6 cm, base granular de 15cm y sub base granular de 20cm; haciendo el diseño por el método AASHTO 93 hay una disminución del espesor de carpeta asfáltica en un porcentaje de 16.67% con respecto al método DISPAV 5.
3. El método de diseño DISPAV-5 considera modelos elasto-plástico y elásticos para análisis de deformación permanente de las capas no tratadas y el análisis de fatiga de la capa de asfalto; esto nos permite un mayor análisis de la estructura del pavimento. Un aspecto en contra sería la determinación del módulo de rigidez de la carpeta asfáltica, parámetro que requiere conocer características del asfalto a ocupar, ya que el DISPAV-5 hace una estimación del parámetro basado en un calculo teórico, cuyo comportamiento en la práctica puede ser diferente.

4. El método AASHTO 93 es un método empírico que tiene como principal debilidad el considerar espesores mínimos que no impide el deterioro estructural y funcional de la carpeta asfáltica a lo largo de la vida útil.
5. Al diseñar espesores de las capas por el método DISPAV-5 se obtiene mayores espesores y mejora el desempeño del pavimento reduciendo el deterioro estructural y funcional. Respecto a la durabilidad de la estructura se concluye que a mayor espesor de la carpeta asfáltica mayor será la durabilidad de un pavimento, por consiguiente, trabaja mejor el diseño del método DISPAV-5.
6. El resultado de espesores proporcionado por ambos métodos de diseño depende de los resultados del tráfico vehicular y del módulo resiliente de la subrasante; un ESAL de diseño mayor demandara mayores espesores de la carpeta asfáltica y si la carpeta tiene espesores mínimos en estos casos conlleva al deterioro de nuestras vías. Al mejorar el consumo por fatiga, se mejora los modelos de desempeño como el fisuramiento longitudinal, transversal y piel de cocodrilo.
7. En ambos métodos se obtuvieron resultados de diseño válidos y representan una alternativa para solucionar las vías o caminos nuevos, donde el principal aporte de esta tesis es realizar la comparación entre ambos métodos de diseño AASHTO 93 y un software interactivo basado en el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM (DISPAV-5), para proporcionar mayor información en un diseño óptimo de pavimento flexible mediante los resultados obtenidos.
8. Realizar un correcto estudio de tráfico, ya que es un factor importante para la obtención de los espesores correctos de la estructura de un pavimento y evitar daños prematuros en el pavimento.

VII. RECOMENDACIONES

1. Utilizar la metodología empleada en el diseño de pavimento flexible por medio del AASHTO 93 y DISPAV 5.
2. Utilizar el DISPAV 5 para lograr mayores espesores de carpeta asfáltica que garanticen la durabilidad del pavimento.
3. Para diseñar el pavimento flexible por medio del DISPAV 5 es preferible analizar el módulo de rigidez en la práctica.
4. Realizar un correcto estudio de tráfico porque es un factor importante para la obtención de espesores óptimos.

REFERENCIA

- Bellido, L. E. (2017). Diseño de pavimento flexible, bajo influencia de parámetros de diseño debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa- Sachapite, Huancavelica- 2017. (Tesis de Pregrado). Huancavelica, Peru: Universidad Nacional de Huancavelica. 2017.
- Ponce, L. A. (2018). Mantenimiento y conservación de carreteras. Tomo II. Ecuador: Editorial Área de Innovación y Desarrollo, S.L.
- Chávez, R. (2018). Diseño del pavimento flexible para la Av. Morales Duárez, de la vía expresa línea amarilla en la ciudad de Lima. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Federico Villarreal. 2018.
- Auccahuaqui, I. y Corahua, H. (2016). Evaluación del sistema de pavimentos flexibles en la prolongación de la Av. La Cultura tramo (4to paradero de San Sebastián – Grifo Mobil de San Jerónimo). (Tesis de Pregrado). Universidad Andina del Cusco. 2016.
- SÓCOLA, Marcos. Diseño y Análisis Comparativo de Costos de un Pavimento Flexible Según Metodología del AASHTO 93 y otro con Geomallas Biaxiales en el Sector Los Laureles Del Distrito de El Porvenir – Trujillo – La Libertad. (Tesis de Pregrado). Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego. 2016.
- Comunicaciones, M. d. (2016). Manual de Ensayos de Materiales. Lima - Peru. ASPHALT INSTITUTE'S THICKNESS DESIGN MANUAL (MS-1), Ninth Edition, E.E.U.U.,1981.
- Salamanca, M. A. (2014). Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos Invias, Aashto 93 e Instituto del asfalto para la via la YE- Santa Lucia Barranca Lebrija entre las abscisas K19+250 a K25+750 ubicada en el departamento del Cesar. (Tesis de Pregrado). Universidad Catolica de Colombia. 2014.
- Pérez, M. D. (2014). Análisis y comparación de los métodos para la formulación de dictámenes técnicos en la conservación de carreteras. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México. 2014.

- RENGIFO Arakaki, K (2014). Diseño de los pavimentos de la nueva carretera Panamericana Norte en el tramo de Huacho a Pativilca (Km 188 a 189) (Tesis de título). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. pp.91-223
- TINGAL, W. (2013). Comportamiento entre el diseño de pavimento tradicional (AASHTO) y el diseño con geomalla en la pavimentación de la Av. Salomón Vilchez Murga de la ciudad de Cutervo. (Tesis de Pregrado). Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca. 2013.
- Atarama, E. (2015). Evaluación de la transitabilidad para caminos de bajo tránsito estabilizados con aditivo proes (Tesis de Pregrado), Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Asphalt Institute, (1982) Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente del Ms-22. USA
- AASHTO, (1993) "Guide for Design of Pavement Structures" De Val. M.A y Kraemer, (1993) C. Firmes y Pavimentos. Universidad Politécnica de Madrid. E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, España.
- Parisa Khavassefat. Vehicle-Pavement Interaction. 2014
- Montejo, F. A. (2002). Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Segunda edición. Bogotá: Agora Editores, 2002. ISBN: 968-18-5517-8.
- Luo, Z., Xiao, F., and Sharma, R. (2014). Efficient reliability-based approach for mechanistic-empirical asphalt pavement design. Construction and Building Materials.
- Elkholy, S., El-Ariss, B. y Galal, S. (2020). Structural performance of jointed reinforced concrete pavement slab with subbase erosion. Structures, 26,982–995.
- Korochkin, A. (2018). Impact of rigid pavements with the asphalt-concrete wearing course on road performance and traffic safety. Transportation Research Procedia, 36, 315-319
- Corro, S. y Castillo, G. (2014). DISPAV-5-version 3.0. Actualización del sistema para el diseño estructural de pavimentos asfálticos, incluyendo carreteras de altas especificaciones.
- Zhang, L., Fu, L., Gu, W., Ouyang, Y. & Hu, Y. (2017). A general iterative approach for the system-level joint optimization of pavement maintenance,

- rehabilitation, and reconstruction planning. *Transportation Research*, 105, 378-400.
- Paucar, E.(2019). Evaluacion de pavimentos flexibles y rigidos aplicando las metodologias de inspeccion visula de zonas y rutas en riesgo e indice de condicion de pavimento para el mantenimiento vial, caso de la Av. Floral y Jr. Carabaya, Puno (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Peru.
- Pacheco, R. Cerro, E. Escolano, F. & Varela, F. (2018). Fatigue performance of waste rubber concrete for rigid road pavements. *Construction and Building Materials*, 176,539-548.
- Medina, A. y De la Cruz, M. (2015). Evaluacion superficial del pavimento flexible del Jr. Jose Galvez del distrito de Lince aplicando el metodo del PCI
- Córtez, R. Z. (2015). LABORATORIO NACIONAL DE VIALIDAD. Obtenido de Mezcla Asfáltica en caliente: <http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/laboratorionacional/MaterialCursos/Mezclas%20Asf%C3%A1lticas.pdf>
- Oscar, V. Cordo (2006). Diseño de Pavimentos AASHTO-93 Obtenido de https://www.academia.edu/34103801/DISENO_DE_PAVIMENTO_METODO_AASHTO_93_ESPANOL_1_
- Instituto de la Construcción y Gerencia (2005). Manual de diseño Geométrico de Vías Urbanas 2005-VCHI. Lima, Perú.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014). Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección suelos y Pavimentos. Lima, Perú.
- Enrique, M. P. (2002). Sistema de Administración de Pavimentos-Reunión Nacional de Ingeniería de Vías Terrestre “Las vías terrestres en el marco de la globalizacion. Mexico: AMIVTAC.
- Lozano, D. (2015). Diseño optimo de la estructura del pavimento flexible en la H.U.P. Villa Victoria del Distrito de Nuevo Chimbote, mediante el metododel Instituto del Asfalto y AASHTO. Nuevo Chimbote-Peru. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional del Santa. 2015.
- Piscoya, J. y Nanfuñay, M. (2016). Diseño de pavimentacion y veredas en la Unidad Vecinal Alto Peru del Distrito de Ferreñate, Provincia de Ferreñate,

- Departamento de Lambayeque, Chiclayo-Peru. (Tesis de Pregrado). Universidad Cesar Vallejo. 2016.
- Suarez, J. (2017). Diseño de la estructura de un pavimento flexible por medio de la implementación del método AASHTO-93, para la ampliación del costado occidental de la autopista norte desde la calle 245 (El Buda) hasta la Caro. (Tesis de Pregrado). Universidad Militar Nueva Granada. 2017.
- PÉREZ, P. (2013). Manual de carreteras suelos, geología, geotécnica y pavimentos, sección suelos y pavimentos. 2013.
- Guerrero, H. (2011). La Deformación Permanente En Las Mezclas Asfálticas Y El Consecuente Deterioro De Los Pavimentos Asfálticos en el Perú. Obtenido de Tesis para optar el grado Académico de Maestro en Ciencias con Mención en Ingeniería de Transportes, Universidad Nacional de Ingeniería: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/819>
- Guillermo, L. (2009). Evaluación de asfaltos modificados en laboratorio con distintos polímeros. Costa Rica. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales.
- Obtenido de:
https://www.academia.edu/28491163/Generalidades_de_los_Pavimentos.docx
- RONDÓN y REYES. Metodologías de diseño de pavimentos flexibles: tendencias, alcances y limitaciones. Ciencia e Ingeniería Neogranadina. 2007.
- Iberoamérica, C. d. (2002). "Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles. Chile: Viña del Mar.
- Kraemer, C. (2014). Según el modo de fabricación y puesta en obra: mezcla en caliente . Madrid: Universitat Politècnica de València.
- Piqueras, V. Y. (2014). Maquinaria para la fabricación y puesta en obra de mezclas bituminosas. Madrid: Universitat Politècnica de València.
- Reyes, R. H. (2009). Deformación Permanente de Materiales Granulares en Pavimentos Flexibles.
- Obtenido de:
<http://repositorio.uancv.edu.pe/bitstream/handle/UANCV/1377/tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Transportes, I. M. (2000). Pavimentos flexibles. Problemática, metodologías de diseño y tendencias”. IMT. Mexico: Sanfandila.

Vasquez, M. P. (Martes de 12 de Febrero). AHUELLAMIENTO. Obtenido de 2013:

<http://mantenimientocarreterasvias.blogspot.com/2013/02/ahuellamiento.html>

ANEXOS

ANEXO 1. Matriz de operacionalización de variables

Tabla N° 12: Matriz de operacionalización de variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Método AASHTO 93	"Este método de diseño para pavimento flexible se basa en identificar el número estructural (SN) para un pavimento, que hace referencia a la resistencia estructural de un pavimento requerido para una combinación de soporte del suelo (Mr), tránsito total (W18), de la servicialidad terminal y de las condiciones ambientales". (Salamanca y Zuluaga, 2014)	Los métodos AASHTO 93 y DISPAV-5: Son metodologías para el diseño de espesores del paquete estructural de las capas de un pavimento para posteriormente comparar, analizar y evaluar los datos obtenidos por ambos métodos; mediante el estudio de tráfico de vehículos y sus cargas, estudio de mecánica de suelos, datos de entrada para configuración acorde al método de diseño empleado	<ul style="list-style-type: none"> - Estudio de tráfico y cargas. - Estudio de mecánica de suelos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ejes equivalentes (ESAL/EAL) - CBR 	<ul style="list-style-type: none"> - Razón - Intervalo
Método DISPAV-5	"Es un software interactivo basado en el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM, que permite diseñar secciones estructurales de pavimentos flexibles normales y de pavimentos de altas especificaciones. Además, permite revisar el desempeño por fatiga y deformación de secciones estructurales de pavimentos flexibles a partir de información de tránsito, geometría y características de materiales". (Corro y Castillo, 2014, p. 1).		<ul style="list-style-type: none"> - Análisis de la estructura del pavimento 	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño por deformación y revisión por efectos de fatiga. 	<ul style="list-style-type: none"> - Razón
Diseño de pavimento flexible	Es la determinación de los materiales y diferentes espesores estructurales del pavimento mediante la selección de una metodología a desarrollar, que va a proporcionar un cierto nivel de servicio y confiabilidad durante el periodo de diseño al costo más efectivo. (Irigoin, 2018, pág. 34)	Es la vía que se encuentra en condiciones transitables para el paso de vehículos livianos y pesados, donde se hará un análisis comparativo de estructura, costo y durabilidad para ambos métodos de diseño; optimizando así procedimientos que garantizan la calidad y vida del pavimento.	<ul style="list-style-type: none"> - Estructura - Durabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> Espesores de capas: sub base, base y carpeta asfáltica. Resistencia, vida útil. 	<ul style="list-style-type: none"> - Razón - Razón

ANEXO 2.

INSTRUMENTOS DE

RECOLECCIÓN DE

DATOS

ANEXO 2.1. ESTUDIO DE TRÁFICO Y CARGAS

ESTUDIO DE TRÁFICO Y CARGAS

A) DETERMINACIÓN DEL AFORO VEHICULAR Y IMDa

La estación de conteo EC-01 se ubicó en la intersección de la Av. José Carlos Mariátegui y Av. 01. Para efectos de determinar el índice medio diario vehicular (IMD) se consideró periodos de medición de conteo por 7 días de 24 horas.

Figura 01. Ubicación de la estación de conteo vehicular



Fuente: Elaboración propia en base a la imagen satelital Google Maps

$$\text{IMD} = \frac{(\text{Vlunes} + \text{Vmartes} + \text{Vmier} + \text{Vjueves} + \text{Vviernes} + \text{Vsab} + \text{Vdom})}{7} \times \text{F.C.E}$$

Dónde:

Vlun, Vmar, Vmier, Vjue, Vvier, Vsab, Vdom= Volúmenes de tráfico de la semana

F.C.E= Factor de corrección estacional

IMDA= Índice Medio Diario Anual

Tabla 01. Resumen semanal de la clasificación vehicular



FORMATO RESUMEN SEMANAL - CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO

TRAMO DE LA VIA	AVENIDA 1		
SENTIDO	E ←		S →
UBICACIÓN	C.P. SAN ANTONIO-MOQUEGUA		

ESTACION	EC-01		
CODIGO DE LA ESTACION	EC-01		
DIA Y FECHA	RESUMEN	21	03 2021

DIA	HORA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	T2S1/T2S2	T2S3	T3S1/3S2	T3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
DIAGRAMA VEHICULAR																						
L	00:00:00 - 24:00:00	355	396	111	4	10	0	0	0	3	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	882
M	00:00:00 - 24:00:00	393	395	107	7	18	0	0	0	4	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	927
M	00:00:00 - 24:00:00	384	377	91	6	14	0	0	0	4	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	879
J	00:00:00 - 24:00:00	373	397	105	6	14	0	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	901
V	00:00:00 - 24:00:00	457	492	55	7	17	0	0	0	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1036
S	00:00:00 - 24:00:00	438	474	47	5	16	0	0	0	8	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	995
D	00:00:00 - 24:00:00	122	157	11	2	12	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	309
IMD		360	384	75	5	14	0	0	0	5	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	847
%		42.54	45.34	8.89	0.62	1.70	0.00	0.00	0.00	0.56	0.27	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100

Fuente: Plantilla de conteo de tráfico vehicular – MTC.

Tabla 02. Formato del día Lunes (15/03/2021)



**FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA VIA	AVENIDA 1		
SENTIDO	E ←		S →
UBICACIÓN	C.P. SAN ANTONIO-MOQUEGUA		

ESTACION	EC-01		
CODIGO DE LA ESTACION	EC-01		
DIA Y FECHA	LUNES	15	03 2021

HORA	PERIODO		AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
	INICIO	FIN			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	T2S1/T2S2	T2S3	T3S1/3S2	T3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
SENTIDO (AMBOS)																							
	00:00:00	01:00:00	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	01:00:00	02:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	02:00:00	03:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	03:00:00	04:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	04:00:00	05:00:00	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	05:00:00	06:00:00	15	9	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
	06:00:00	07:00:00	17	15	6	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41
	07:00:00	08:00:00	23	25	10	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
	08:00:00	09:00:00	24	24	10	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61
	09:00:00	10:00:00	17	25	7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	50
	10:00:00	11:00:00	17	23	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47
	11:00:00	12:00:00	25	29	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59
	12:00:00	13:00:00	27	30	7	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66
	13:00:00	14:00:00	21	25	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56
	14:00:00	15:00:00	22	23	12	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59
	15:00:00	16:00:00	16	23	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48
	16:00:00	17:00:00	20	25	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55
	17:00:00	18:00:00	23	19	10	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53
	18:00:00	19:00:00	25	29	7	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63
	19:00:00	20:00:00	21	26	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51
	20:00:00	21:00:00	21	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
	21:00:00	22:00:00	10	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
	22:00:00	23:00:00	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
	23:00:00	24:00:00	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
TOTAL			355	396	111	4	10	0	0	0	3	2	0	0	1	0	882						

Fuente: Plantilla de conteo de tráfico vehicular – MTC

Tabla 03. Formato del día Martes (16/03/2021)



**FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA VIA		AVENIDA 1											ESTACION		EC-01							
SENTIDO		E ←					S →						CODIGO DE LA ESTACION		EC-01							
UBICACIÓN		C.P. SAN ANTONIO-MOQUEGUA											DIA Y FECHA		16 03 2021							
HORA	PERIODO		AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
	INICIO	FIN	PICK UP	PANEL	RURAL	Combi	2 E		>=3 E	2 E	3 E	4 E	T2S1/T2S2	T2S3	T3S1/3S2	T3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
SENTIDO (AMBOS)																						
00:00:00	01:00:00	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
01:00:00	02:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00:00	03:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00:00	04:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00:00	05:00:00	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
05:00:00	06:00:00	8	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
06:00:00	07:00:00	17	16	5	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43
07:00:00	08:00:00	27	29	8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	66
08:00:00	09:00:00	23	28	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
09:00:00	10:00:00	21	21	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48
10:00:00	11:00:00	17	20	6	1	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48
11:00:00	12:00:00	31	27	7	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69
12:00:00	13:00:00	35	32	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	80
13:00:00	14:00:00	27	25	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61
14:00:00	15:00:00	22	22	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	51
15:00:00	16:00:00	17	19	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44
16:00:00	17:00:00	21	25	7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54
17:00:00	18:00:00	25	26	10	0	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66
18:00:00	19:00:00	30	29	10	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71
19:00:00	20:00:00	25	24	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55
20:00:00	21:00:00	20	16	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39
21:00:00	22:00:00	14	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
22:00:00	23:00:00	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
23:00:00	24:00:00	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
TOTAL			393	395	107	7	18	0	0	0	4	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	927

Fuente: Plantilla de conteo de tráfico vehicular – MTC

Tabla 04. Formato del día Miércoles (17/03/2021)



**FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA VIA		AVENIDA 1										ESTACION		EC-01								
SENTIDO		E ←					S →					CODIGO DE LA ESTACION		EC-01								
UBICACIÓN		C.P. SAN ANTONIO-MOQUEGUA										DIA Y FECHA		MIERCOLES 17 03 2021								
HORA	PERIODO		AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
	INICIO	FIN	PICK UP	PANEL	RURAL Combi	2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	T2S1/T2S2	T2S3	T3S1/3S2	T3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3				
SENTIDO (AMBOS)																						
	00:00:00	01:00:00	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	01:00:00	02:00:00	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	02:00:00	03:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	03:00:00	04:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	04:00:00	05:00:00	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
	05:00:00	06:00:00	7	6	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
	06:00:00	07:00:00	18	14	4	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39
	07:00:00	08:00:00	29	26	5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61
	08:00:00	09:00:00	27	25	6	0	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64
	09:00:00	10:00:00	18	19	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45
	10:00:00	11:00:00	18	17	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	40
	11:00:00	12:00:00	31	25	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64
	12:00:00	13:00:00	35	26	10	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	73
	13:00:00	14:00:00	26	26	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58
	14:00:00	15:00:00	23	21	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49
	15:00:00	16:00:00	15	20	8	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45
	16:00:00	17:00:00	21	26	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54
	17:00:00	18:00:00	25	29	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61
	18:00:00	19:00:00	23	27	8	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
	19:00:00	20:00:00	23	23	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52
	20:00:00	21:00:00	20	18	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42
	21:00:00	22:00:00	14	16	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32
	22:00:00	23:00:00	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
	23:00:00	24:00:00	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	TOTAL		384	377	91	6	14	0	0	0	4	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	879

Fuente: Plantilla de conteo de tráfico vehicular – MTC

Tabla 05. Formato de día Jueves (18/03/2021)



**FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA VIA		AVENIDA 1										ESTACION		EC-01								
SENTIDO		E ←					S →					CODIGO DE LA ESTACION		EC-01								
UBICACIÓN		C.P. SAN ANTONIO-MOQUEGUA										DIA Y FECHA		JUEVES	18	03	2021					
HORA	PERIODO		AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL
	SENTIDO (AMBOS)	INICIO	FIN	PICK UP	PANEL	RURAL Combi	2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	T2S1/T2S2	T2S3	T3S1/3S2	T3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
	00:00:00	01:00:00	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
	01:00:00	02:00:00	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
	02:00:00	03:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	03:00:00	04:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	04:00:00	05:00:00	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	
	05:00:00	06:00:00	7	9	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	
	06:00:00	07:00:00	9	14	3	1	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	
	07:00:00	08:00:00	23	28	9	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65	
	08:00:00	09:00:00	23	29	8	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62	
	09:00:00	10:00:00	21	20	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	
	10:00:00	11:00:00	23	20	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49	
	11:00:00	12:00:00	26	26	9	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	
	12:00:00	13:00:00	37	31	11	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	81	
	13:00:00	14:00:00	25	28	6	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61	
	14:00:00	15:00:00	17	21	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	
	15:00:00	16:00:00	12	18	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	
	16:00:00	17:00:00	17	25	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	
	17:00:00	18:00:00	29	27	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65	
	18:00:00	19:00:00	27	28	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	
	19:00:00	20:00:00	29	24	5	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	
	20:00:00	21:00:00	26	18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	
	21:00:00	22:00:00	10	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	
	22:00:00	23:00:00	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
	23:00:00	24:00:00	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
	TOTAL		373	397	105	6	14	0	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	901	

Fuente: Plantilla de conteo de tráfico vehicular – MTC

Tabla 07. Formato del día Sábado (20/03/2021)



**FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA VIA	AVENIDA 1		
SENTIDO	E ←		S →
UBICACIÓN	C. P. SAN ANTONIO-MOQUEGUA		

ESTACION	EC-01		
CODIGO DE LA ESTACION	EC-01		
DIA Y FECHA	SABADO	20	03 2021

HORA	PERIODO		AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER				TOTAL	
	INICIO	FIN			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	T2S1/T2S2	T2S3	T3S1/3S2	T3S3	2T2	2T3	3T2		>=3T3
	00:00:00	01:00:00	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	01:00:00	02:00:00	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	02:00:00	03:00:00	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	03:00:00	04:00:00	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	04:00:00	05:00:00	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
	05:00:00	06:00:00	4	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
	06:00:00	07:00:00	16	15	1	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36
	07:00:00	08:00:00	21	27	7	1	2	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62
	08:00:00	09:00:00	28	23	6	0	2	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63
	09:00:00	10:00:00	20	21	4	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47
	10:00:00	11:00:00	19	17	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
	11:00:00	12:00:00	29	35	5	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71
	12:00:00	13:00:00	37	40	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	85
	13:00:00	14:00:00	30	30	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68
	14:00:00	15:00:00	25	27	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57
	15:00:00	16:00:00	30	22	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55
	16:00:00	17:00:00	39	23	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64
	17:00:00	18:00:00	32	35	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69
	18:00:00	19:00:00	27	33	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63
	19:00:00	20:00:00	25	31	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58
	20:00:00	21:00:00	26	29	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57
	21:00:00	22:00:00	13	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
	22:00:00	23:00:00	10	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
	23:00:00	24:00:00	4	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
	TOTAL		438	474	47	5	16	0	0	0	8	7	0	0	0	0	0	0	0	0	995	

Fuente: Plantilla de conteo de tráfico vehicular – MTC

Tabla 08. Formato del día Domingo (21/03/2021)



**FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA VIA		AVENIDA 1														ESTACION		EC-01					
SENTIDO		E ←														S →		CODIGO DE LA ESTACION		EC-01			
UBICACIÓN		C.P. SAN ANTONIO-MOQUEGUA														DIA Y FECHA		DOMINGO 21 03 2021					
HORA	PERIODO		AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
	INICIO	FIN			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	T2S1/T2S2	T2S3	T3S1/3S2	T3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
SENTIDO (AMBOS)																							
	00:00:00	01:00:00	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	01:00:00	02:00:00	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
	02:00:00	03:00:00	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	03:00:00	04:00:00	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	04:00:00	05:00:00	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
	05:00:00	06:00:00	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
	06:00:00	07:00:00	7	11	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
	07:00:00	08:00:00	10	12	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
	08:00:00	09:00:00	9	10	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
	09:00:00	10:00:00	11	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
	10:00:00	11:00:00	9	12	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
	11:00:00	12:00:00	10	13	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
	12:00:00	13:00:00	13	14	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32
	13:00:00	14:00:00	10	10	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
	14:00:00	15:00:00	6	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
	15:00:00	16:00:00	5	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
	16:00:00	17:00:00	4	3	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
	17:00:00	18:00:00	4	5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
	18:00:00	19:00:00	5	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
	19:00:00	20:00:00	3	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
	20:00:00	21:00:00	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
	21:00:00	22:00:00	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	22:00:00	23:00:00	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	23:00:00	24:00:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL			122	157	11	2	12	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	309

Fuente: Plantilla de conteo de tráfico vehicular – MTC

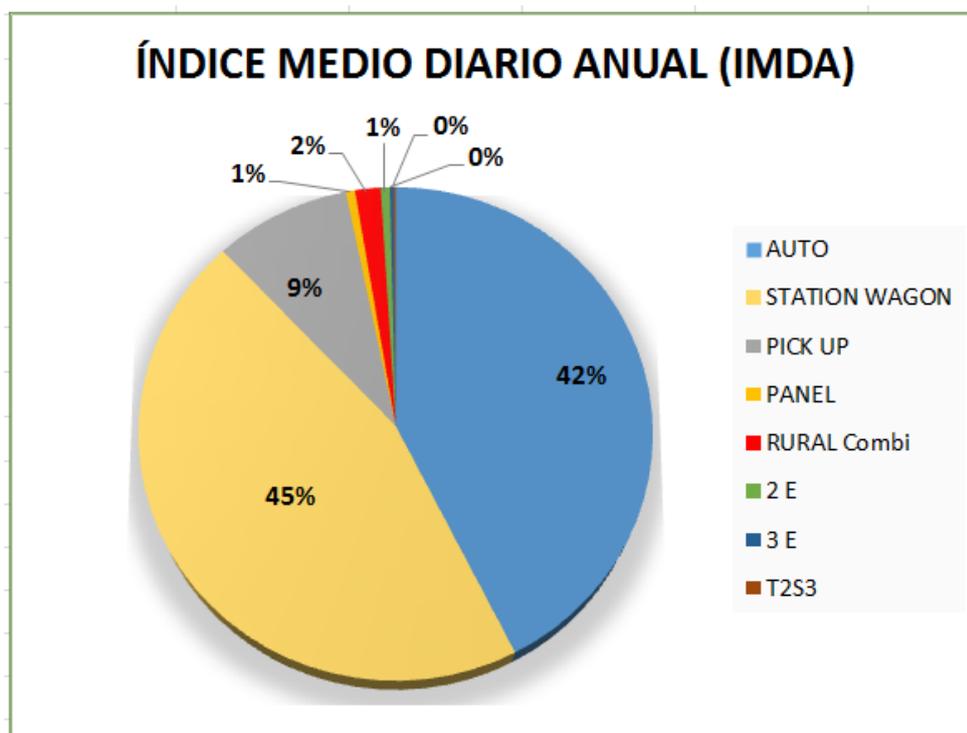
➤ **Clasificación vehicular promedio**

Cuadro 01. IMDa por vehículo (Ambos Sentidos)

Tipo de vehiculo	IMDa	Distribucion (%)
AUTO	360	42.54
STATION WAGON	384	45.34
PICK UP	75	8.89
PANEL	5	0.62
RURALCombi	14	1.70
2 E	5	0.56
3 E	2	0.27
T2S3	1	0.08
TOTAL	847	100.00%

Fuente: Elaboración propia

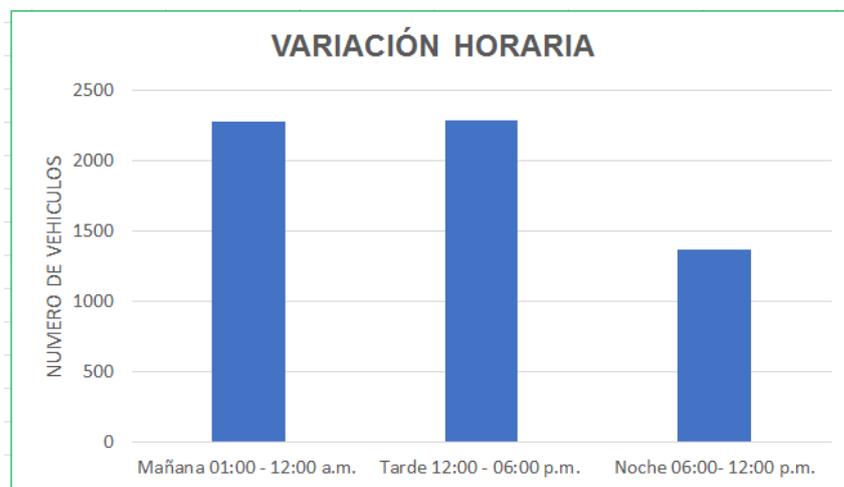
Figura 02. Clasificación por tipo de vehículos



Fuente: Elaboración propia

➤ **Análisis de la variación diaria**

Figura 03. Clasificación por tipo de vehículos



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 02. Flujo diario Vehicular (Ambos Sentidos)

DIA	FLUJO DIARIO (Veh/dia)
Lunes	882
Martes	927
Miercoles	879
Jueves	901
Viernes	1036
Sabado	995
Domingo	309
IMDa	847

Fuente: Elaboración propia

B) Relación entre el Transito Promedio Anual (TPDA) y Semanal (TPDS)

Debido a que no es posible hacer un registro de volúmenes de tránsito a lo largo de todo un año, se puede estimar el TPDA en base al TPDS como se muestra a continuación:

$$IMDA = TPDA = TPDS \pm A$$

DESVIACIÓN ESTANDAR MUESTRAL (S)

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

n= 7 días de trabajo

S= 244.48 vehículos mixtos por día

DESVIACIÓN ESTANDAR DE LA POBLACIÓN ESTIMADA (σ')

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

N= 365 días del año

σ' = 92.79

MAXIMA DIFERENCIA ENTRE TPDS Y TPDA (A)

$$A = K * \sigma'$$

Cuadro 4. Valores de K para niveles de confiabilidad

Nivel de Confiabilidad (%)	K
89.6	1.5
90.0	1.64
95.0	1.96
96.0	2.0
98.1	2.5

Se asume un nivel de confiabilidad del 90%, por lo que **K=1.64**

$$A = 1.64 \times 92.79$$

A= 152.18

Dónde:

TPDS= Transito Diario Semanal

TPDA=IMDA=Índice de transito promedio diario anual

K= número de desviaciones estándar que corresponde a la confiabilidad deseada

σ' = Parámetro estimador de la desviación estándar poblacional

S= Parámetro desviación estándar de la distribución de los volúmenes de transito diario

N= tamaño de la población del número de días de aforo

n= tamaño de la muestra del número de días de aforo

TDi= volumen de tránsito del día "i"

A= variación de volumen entre TPDS y TPDA

INDICE MEDIO DIARIO ANUAL

$$IMDA = TPDA = TPDS \pm A$$

TPDS= 847 veh/día

TPDA o IMDA= 847 \pm 152.18

IMDA= 999.18 veh/día

IMDA= 694.82 veh/día

IMDA del aforo = 999 veh/día

Cuadro 5. Índice medio diario del proyecto

Tipo de vehiculo	IMDa	IMDA ajustado
AUTO	360	414
STATION WAGON	384	430
PICK UP	75	110
PANEL	5	14
RURALCombi	14	15
2 E	5	10
3 E	2	4
T2S3	1	2
TOTAL	847	999

Fuente: Elaboración propia

Se determina que el TPDA ajustado a la situación más crítica corresponde a: **TPDA = IMDA = 999 Veh/día**

C) Determinación del peso de los vehículos

Es necesario determinar el peso de los ejes vehiculares (livianos y pesados) para el cálculo del factor de equivalencia de cargas (FEC) que transitan por la vía durante un periodo definido.

Según el análisis que conlleva esta tesis, las vías a pavimentar se tratan de vías locales en los cuales no es justificable el pesaje de los vehículos, tales como las que se efectúan en un peaje.

Para la zona de estudio se empleó cargas máximas permitidas por la Norma de Pesos y dimensiones de vehículos, publicados por el MTC.

Cuadro 6. Peso Bruto de vehículos mayores de 1Tn

DESCRIPCION	TIPO DE VEHICULO	PESO BRUTO (Tn)
Auto		2
Station Wagon		2
Pick Up		2
Panel		2
Rural combi		4
2E o C2		18
3E o C3		25
T2S3		43

Fuente: Elaboración propia

D) Tipos de ejes

Figura 4. Configuración de ejes



E) Calculando el Factor Camión (FC)

F.1) Factor de equivalencia de carga (FEC)

Se han considerado factores de equivalencia de carga por eje de 8.2 Tn, con la finalidad de evaluar el efecto dañino en un pavimento flexible.

La AASHO Road Test asumió como carga de referencia un eje simple de 80 KN (18000 lb o 8.2 Tn o 18 kips) con el supuesto que esta ejercía un daño unitario igual a 1.00 sobre el pavimento.

Según la Guía AASTHO 93 propone el uso de relaciones simplificadas para las distintas configuraciones de ejes de vehículos y tipo de pavimento.

Cuadro 8. Cargas por eje para determinar EE

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE _{8.2Tn})
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})	$EE_{TA2} = [P/15.1]^{4.0}$
Eje tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TR1})	$EE_{TR1} = [P/20.7]^{3.9}$
Eje tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2})	$EE_{TR2} = [P/21.8]^{3.9}$
P = peso real por eje en toneladas	

Fuente: Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos en base a las correlaciones con los valores de las Tablas del apéndice D de la Guía AASTHO 93

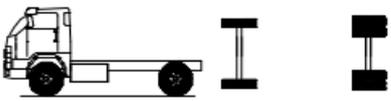
Cálculo del factor camión para el diseño de pavimento flexible

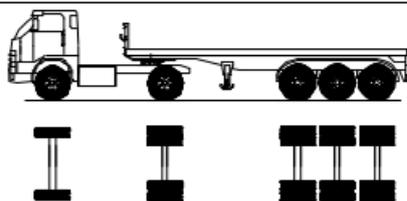
Cuadro 9. Factores de equivalencia de carga y factor camión

Tipo de vehículo	Carga (Tn)	Peso por ejes (Tn)		Tipo de eje	FEC por ejes	Factor Camión
		Eje	Lx			
Auto	2	Delantero	1	simple	0.00053	0.0011
		Post. 01	1	Simple	0.00053	
Station Wagon	2	Delantero	1	Simple	0.00053	0.0011
		Post. 01	1	Simple	0.00053	
Pick up	2	Delantero	1	Simple	0.00053	0.0011
		Post. 01	1	Simple	0.00053	
Panel	2	Delantero	1	Simple	0.00053	0.0011
		Post. 01	1	Simple	0.00053	
Rural combi	4	Delantero	2	Simple	0.00843	0.0169
		Post. 01	2	Simple	0.00843	
2E o C2	18	Delantero	7	Simple	0.531	3.7693
		Post. 01	11	Simple	3.238	
3E o C3	25	Delantero	7	Simple	0.531	2.7190
		Post. 01	18	Tandem	2.188	
T2S3	43	Delantero	7	simple	0.531	5.4754
		Post. 01	11	Simple	3.238	
		Post. 02	25	tridem	1.706	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5. Pesos y medidas máximas permitidas

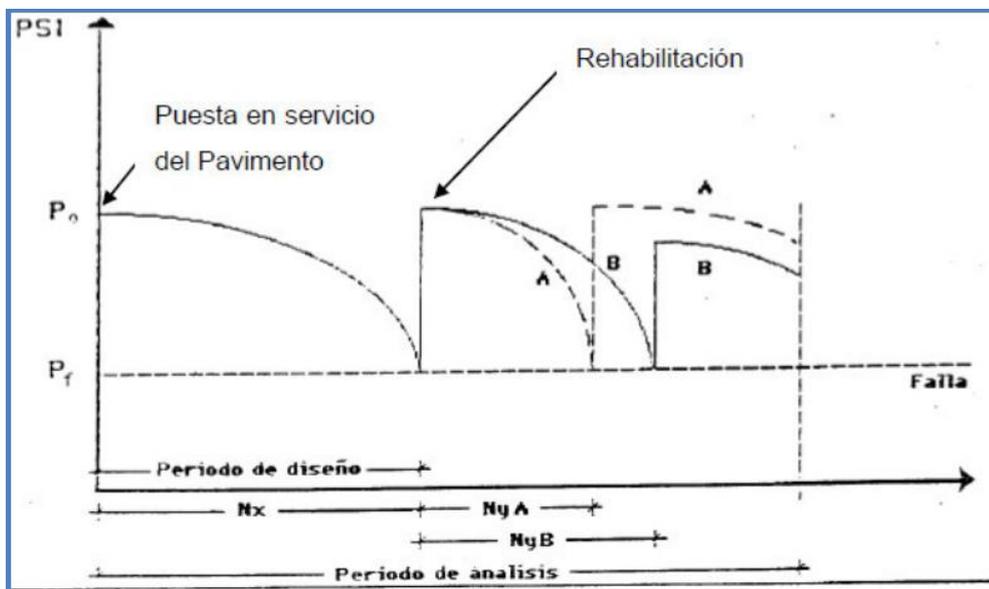
TABLA DE PESOS Y MEDIDAS									
Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Peso máximo (t)				Peso bruto máx. (t)		
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores					
				1°	2°	3°		4°	
C2		12,30	7	11	---	---	---	18	
C3		13,20	7	18	---	---	---	25	

Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Peso máximo (t)				Peso bruto máx. (t)	
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores				
				1°	2°	3°		4°
T2S3		20,50	7	11	25	---	---	43

Fuente: Reglamento Nacional de Vehículos

F) Periodo de análisis y periodo de diseño

Figura 5. Representación gráfica del periodo de análisis



Fuente: AASHTO 93

G) Determinación del factor de crecimiento

La tasa de crecimiento anual de tránsito se relaciona con la dinámica de crecimiento socio económico en donde la tasa de crecimiento anual para vehículos ligeros se relaciona con la tasa anual de crecimiento de la población y en los vehículos pesados con la tasa anual de crecimiento del PBI.

No existe información histórica de tráfico en la zona de proyecto y tampoco a nivel distrito, por la que se ha tomado como base la realizada por el estudio de tráfico de carga por el consorcio Geoconsul-CPA del estudio definitivo para

el mantenimiento periódico de la carretera Panamericana Sur Montalvo Camiara de 2019 que realizada su estimación en base a variables macroeconómicas representadas en las tasas de crecimiento del PBI. Moquegua con un crecimiento PBI de 2.7% y crecimiento poblacional de 1.95%.

Para la presente tesis se adoptará una tasa de crecimiento anual de 4% (promedio de 2% - 6%), tanto para vehículos ligeros como para vehículos de carga.

$$F.C. = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

Dónde:

r= Tasa de crecimiento anual

n= Periodo de diseño

- CALCULO

r= 4%

n= 10 años

F.C.= 12.01

n= 20 años

F.C.= 29.78

Por medio del cuadro 11. para el periodo de diseño se podrá seleccionar con criterio el factor de crecimiento acumulado.

Cuadro 11. Factor de crecimiento

Periodo de Análisis (años)	Factor sin Crecimiento	Tasa anual de crecimiento (r)							
		2	3	4	5	6	7	8	10
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	2.00	2.02	2.03	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.00	3.06	3.09	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.00	4.12	4.18	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.00	5.20	5.19	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.00	6.31	6.47	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.00	7.43	7.66	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.00	8.58	8.89	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.00	9.75	10.16	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.00	10.95	11.46	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94

Fuente: AASHTO, 93

H) Factor distribución direccional y factor carril

I.1) Factor de distribución direccional (FD)

Mediante el uso de este factor se estima el porcentaje del total de vehículos que circularan en una dirección.

Se adopta un factor de distribución por dirección (FD) de 0.50, quiere decir que, solamente la mitad ira por cada dirección, del total del flujo vehicular.

I.2) Factor carril

Es un factor que le asigna al carril de diseño el porcentaje del total de vehículos que transitaran por ese carril.

Cuadro 12. Factor de distribución de carril

Número de carriles en cada dirección	LD
1	1.00
2	0.80 - 1.00
3	0.60 - 0.80
4	0.50 - 0.75

Fuente: Guía para diseño de estructuras de pavimento 1993

Según el factor ponderado al IMD, el tránsito en el carril de diseño tendrá en cuenta el número de carriles y numero de sentidos por calzada.

Cuadro 13. Factores FC y FD para calcular el tránsito en el carril de diseño

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

Fuente: Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos en base a la guía AASHTO 93

Para esta tesis se adoptará por carril un factor de distribución de 1.0

I) Cálculo de los ESAL de diseño por el método AASHTO 93

$$W_{18} = \text{IMDA} \times F_{\text{Camión}} \times F_D \times F_c \times 365 \times LD$$

IMDA= Índice medio diario anual

LD= Factor de distribución carril

FD= Factor de distribución direccional

Fcamion= Factor Camión

Fc= Factor de crecimiento acumulado por vehículo

Cuadro 14. ESAL (W_{18}) de diseño para un periodo de 10 años

TIPO DE VEHICULO	IMDa	FACTOR CAMION	Factor de crecimiento (Fc)	Factor direccional (FD)	Dias por año 365	FACTOR CARRIL (LD)	ESAL
Auto	414	0.0011	12.01	0.50	365	1	998.157105
Station Wagon	430	0.0011	12.01	0.50	365	1	1036.733225
Pick up	110	0.0011	12.01	0.50	365	1	265.210825
Panel	14	0.0011	12.01	0.50	365	1	33.754105
Rural combi	15	0.0169	12.01	0.50	365	1	555.6276375
2E o C2	10	3.7693	12.01	0.50	365	1	82616.45973
3E o C3	4	2.719	12.01	0.50	365	1	23838.2887
T2S3	2	5.4754	12.01	0.50	365	1	24002.23721
Total W18							133346.4685

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2.2. ESTUDIO DE SUELO

CALICATA N°01



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

MTC E 107-2000
METODO AASHTO T-89 Y ASTM D-1422

PROYECTO : Optimización del diseño de pavimento flexible aplicando los métodos AASHTO 93 y DISPAV-5 en la Avenida N°1 del C.P. San Antonio, Moquegua, 2021

SOLICITA : Bach. Ing. Civil Rick Boris Maldonado Ramos

SECTOR : Avenida 1, San Antonio del Distrito de Moquegua

UBICACIÓN : Provincia: Mariscal Nieto Region: Moquegua

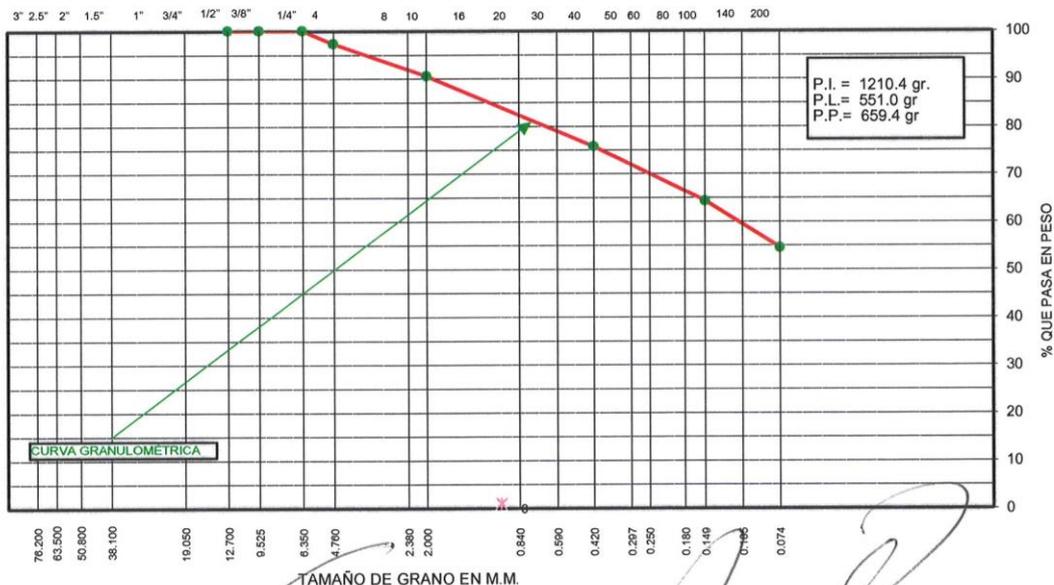
MUESTRA : Suelo de fundación

FECHA : 05/01/2021

PROCEDENCIA: De un pozo exploratorio N° 01

TAMICES		PESO RET.	%RET.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACIONES		
Pulg.	ABERT. mm.							
3"	76.200						Humedad Natural	: 10.2 %
2 1/2"	63.500						Limite líquido	: 24.2 %
2"	50.800						Limite plástico	: 19.2 %
1 1/2"	38.100						Indice plástico	: 5.0 %
1"	25.400						Densidad Máxima	: --- gr/cc
3/4"	19.050						Humedad Óptima	: --- %
1/2"	12.700						CLASIFICACIÓN DE SUELOS	: AASHTO : A - 4
3/8"	9.525						Indice grupo	: (3) SUCS : ML
1/4"	6.350				100.0		C.B.R. 95%	: --- %
# 4	4.760	32.7	2.7	2.7	97.3		Durabilidad	: --- %
# 8	2.380						Abrasión los Angeles	: --- %
# 10	2.000	82.4	6.8	9.5	90.5		Equivalente de arena	: --- %
# 16	1.190						Peso específico	: --- gr/cc
# 20	0.840						Tipo de Material	: Suelos de Fundacion
# 30	0.590						Tipo de deposito	: Coluvial
# 40	0.420	179.2	14.8	24.3	75.7		% de grava	: --- %
# 50	0.295						% de expansión	: --- %
# 60	0.250						PROPIEDADES GEOFISICAS DEL SUELO	
# 80	0.180						% de partículas chatas y alargad	: --- %
#100	0.149	138.0	11.4	35.7	64.3		% de piedra mayor de 2"	: --- %
#140	0.105						% de partículas desmesurables	: --- %
# 200	0.074	118.7	9.8	45.5	54.5		OBSERVACIONES : Son suelos conformados de sedimentos finos constituidos de limos inorgánicos de mediana plasticidad.	
< 200		659.4	54.5	100.0	---			
			100.0					

CURVA GRANULOMETRICA



Cu = --
Cc = --

Claros J. Flores Castro
 Técnico Laboratorista
 Suelos Concretos y Pavimentos

FERNANDO EDUARDO PAREDES CAHULHUACAS
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 108347

LABORATORIO
DETERMINACION DE CONTROL DE HUMEDAD DE CAMPO

METODO ASTM D-2216

PROYECTO : Optimización del diseño de pavimento flexible aplicando los métodos AASHTO 93 y DISPAV-5 en la Avenida N°1 del C.P. San Antonio, Moquegua, 2021
SOLICITA : Bach. Ing. Civil Rick Boris Maldonado Ramos
SECTOR : Avenida 1, San Antonio del Distrito de Moquegua
UBICACIÓN : Provincia: Mariscal Nieto Region: Moquegua
MUESTRA : Suelo de Fundación
FECHA : 05/01/2021

1	N° DE CAPSULA	07	08
2	PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	554.7	551.5
3	PESO SUELO SECO + CAPSULA	520.6	515.5
4	PESO DEL AGUA	34.1	36.0
5	PESO DE LA CAPSULA	180.3	170.1
6	PESO NETO DEL SUELO SECO	340.3	345.4
7	PORCENTAJE DE HUMEDAD	10.0	10.4
8	HUMEDAD PROMEDIO	10.2	

OBSERVACIONES: La muestra es procedente del pozo exploratorio N° 01 realizado en el lado izquierdo a una profundidad de 1,50 mts.

Tomandose la muestra para su analisis. A la profundidad alcanzada no se ha determinado la presencia de la napa freatica y tiene las

siguientes coordenadas: Altitud: 1348 m.s.n.m.


Carlos J. Flores Castro
 Técnico Laboratorista
 Suelos Concretos y Pavimentos


FERNANDO EDUARDO PAREDES CAHUACAS
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 108347



ENSAYO DE CONSTANTES FISICOS

PROYECTO	:	Optimización del diseño de pavimento flexible aplicando los métodos AASHTO 93 y DISPAV-5 en la Avenida N°1 del C.P. San Antonio, Moquegua, 2021	MUESTRA	:	Suelo de fundación
SOLICITA	:	Bach. Ing. Civil Rick Boris Maldonado Ramos	FECHA	:	05/01/2021
SECTOR	:	Avenida 1, San Antonio del Distrito de Moquegua			
UBICACIÓN	:	Provincia: Mariscal Nieto Region: Moquegua			

LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

LL MTC E-110-2000 LP MTC E-111-2000
 METODO AASHTO T-89/90 Y ASTM D-423/424

Nro. DE GOLPES	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			
	15	26	40	24	25		
TARA N°	21	22	23				I 19.13
SUELO HUMEDO + TARA	24.93	25.29	24.99	20.75	20.74		II 19.32
SUELO SECO + TARA	22.88	23.31	23.21	19.83	19.83		III 0.00
PESO DEL AGUA	2.05	1.98	1.78	0.92	0.91		= 19.2 %
PESO DE LA TARA	15.00	15.07	15.31	15.02	15.12		
PESO DEL SUELO SECO	7.88	8.24	7.90	4.81	4.71		
HUMEDAD %	26.0	24.0	22.5	19.1	19.3		

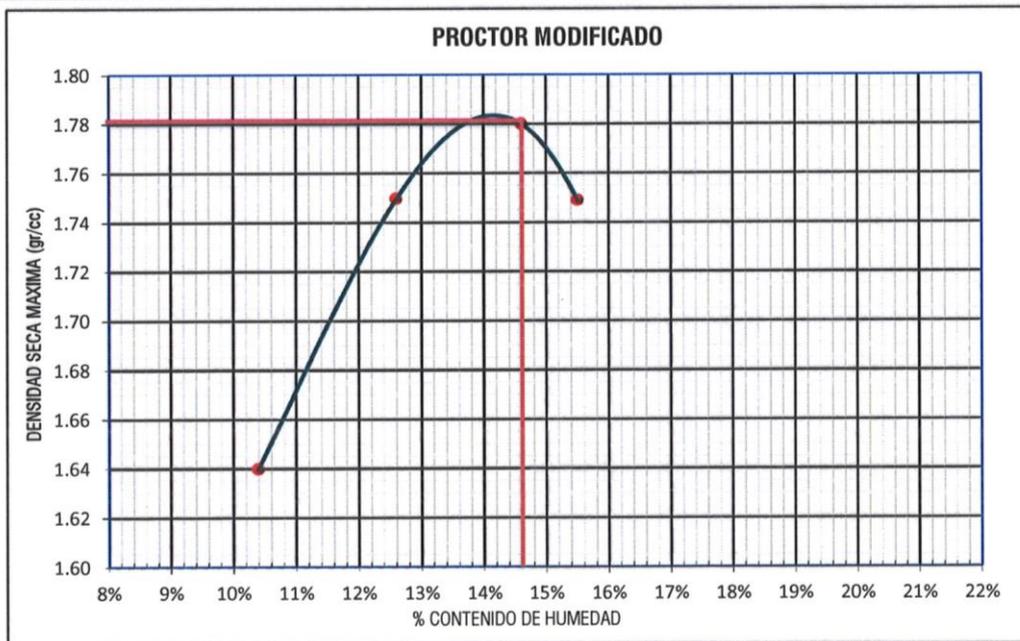


LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO
LL.: 24.2 %	LP.: 19.2 %	IP.: 5.0 %

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

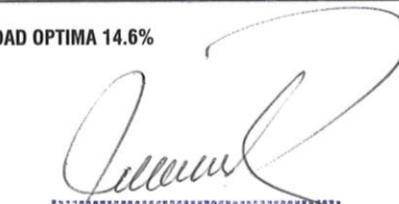
Fernando
FERNANDO EDUARDO PAREDES CAHUELAGAS
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 108347

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR									
MTC E 115 - 2000									
METODO ASTM D-2216-AASHTO T-180-"D"									
PROYECTO Optimización del diseño de pavimento flexible aplicando los métodos AASHTO 93 y DISPAV-5 en la Avenida N°1 del C.P. San Antonio, Moquegua, 2021									
SOLICITA : Bach. Ing. Civil Rick Boris Maldonado Ramos									
SECTOR : Avenida 1, San Antonio del Distrito de Moquegua				MUESTRA Suelo de fundación					
UBICACIÓN : Provincia: Mariscal Nieto Region: Moquegua				FECHA 06/01/2021					
<hr/>									
MOLDE N°	01	VOLUMEN DEL MOLDE		2059.000	cc				
N° DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA		56					
<hr/>									
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9902	10231	10375	10334				
Peso del Molde	gr.	6175	6175	6175	6175				
Peso del Suelo Humedo	gr/cc.	3727	4056	4200	4159				
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	1.81	1.97	2.04	2.02				
<hr/>									
CONTENIDO DE HUMEDAD									
Peso de Tara	gr.	169.80	170.00	176.40	172.00	170.90	184.80	164.60	173.00
Peso de Tara + Suelo Húmedo	gr.	524.70	524.60	534.90	539.20	542.70	539.00	546.50	540.90
Peso Tara + Suelo Seco	gr.	491.90	490.60	495.60	497.20	495.60	493.60	492.70	494.00
Peso de Suelo Seco	gr.	322.10	320.60	319.20	325.20	324.70	308.80	328.10	321.00
Peso del Agua	gr.	32.80	34.00	39.30	42.00	47.10	45.40	53.80	46.90
Contenido de Humedad	%	10.18%	10.61%	12.31%	12.92%	14.51%	14.70%	16.40%	14.61%
Promedio	%	10.4%		12.6%		14.6%		15.5%	
<hr/>									
Densidad del Suelo Seco	%	1.64		1.75		1.78		1.75	



DENSIDAD SECA MAXIMA: 1.78 gr/cc - HUMEDAD OPTIMA 14.6%


Claros J. Flores Castro
 Técnico Laboratorista
 Suelos Concretos y Pavimentos


FERNANDO EDUARDO PAREDES CAHULACÁS
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 108347



ENSAYO DE C.B.R.

MTCE 132-2000
MÉTODO ASTM D - 1883

PROYECTO Optimización del diseño de pavimento flexible aplicando los métodos AASHTO 93 y DISPAV-5 en la Avenida N°1 del C.P. San Antonio, Moquegua, 2021
SOLICITA : Bach. Ing. Civil Rick Boris Maldonado Ramos
SECTOR : Avenida 1, San Antonio del Distrito de Moquegua
UBICACIÓN: Provincia: Mariscal Nieto Region: Moquegua
MUESTRA: Suelo de fundación
FECHA : 06/01/2021

MOLDE	1			2			3		
N° Capas	5			5			5		
N°Gólp x Capa	12			25			56		
Cond. Muestra	Optima Humedad		Saturado	Optima Humedad		Saturado	Optima Humedad		Saturado
P. Húm.+ Molde	10676		10761	11715		11805	11352		11442
Peso Molde (gr)	6800		6800	7632		7632	6985		6985
Peso Suelo Húmedo (gr)	3876		3961	4083		4173	4367		4457
Vol. Del suelo (gr)	2095		2095	2094		2094	2120		2120
Densidad H.(gr/cc)	1.85		1.89	1.95		1.99	2.06		2.10
Tara	7	8	27	9	10	29	11	12	31
P.Húmedo + Tara (gr)	542.00	547.60	544.50	545.10	547.80	537.10	543.60	543.10	534.50
Peso Seco + Tara (gr)	495.60	498.60	488.60	497.50	498.80	487.20	496.80	495.80	485.80
Peso Agua (gr)	46.40	49.00	55.90	47.60	49.00	49.90	46.80	47.30	48.70
Peso Tara (gr)	180.30	170.10	152.30	169.80	170.00	183.40	176.40	172.00	174.20
P. Muestra Seca	315.30	328.50	336.30	327.70	328.80	303.80	320.40	323.80	311.60
Cont. Humedad	14.7%	14.9%	16.6%	14.5%	14.9%	16.4%	14.6%	14.6%	15.6%
Cont.Hum.Promedio	14.8%		16.8%	14.7%		16.5%	14.6%		15.8%
DENSIDAD SECA	1.61		1.62	1.70		1.71	1.80		1.82

% EXPANSION = 0.89 %

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
(Hs)	(Días)	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
		DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	0.190	0.000	0.00	0.160	0.000	0.00	0.130	0.000	0.00
24	1	0.540	0.350	0.31	0.470	0.280	0.24	0.370	0.240	0.21
48	2	0.820	0.630	0.55	0.780	0.620	0.54	0.650	0.520	0.45
72	3	1.150	0.960	0.84	1.000	0.930	0.81	0.970	0.840	0.73
96	4	1.280	1.090	0.95	1.180	1.020	0.89	1.090	0.960	0.84

PENETRACION

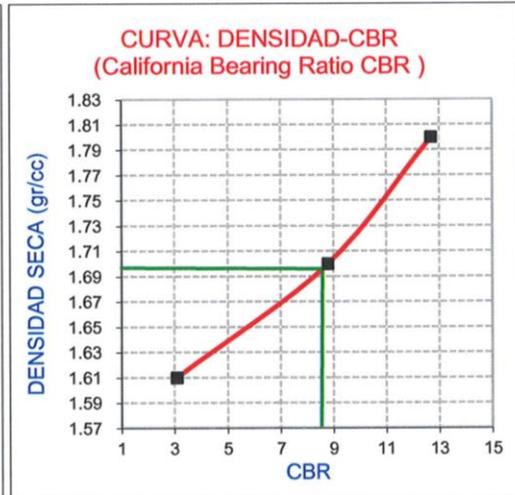
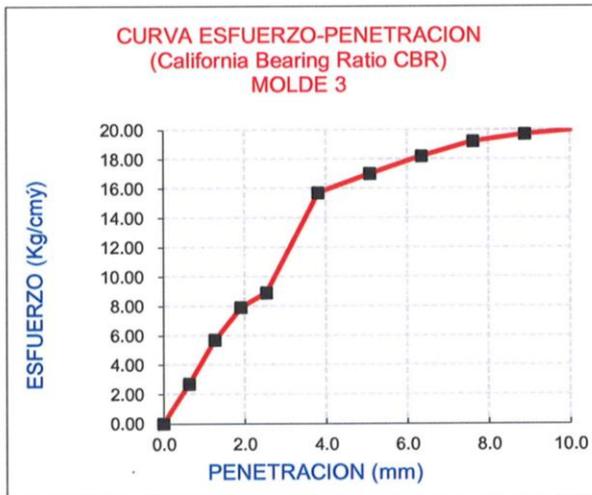
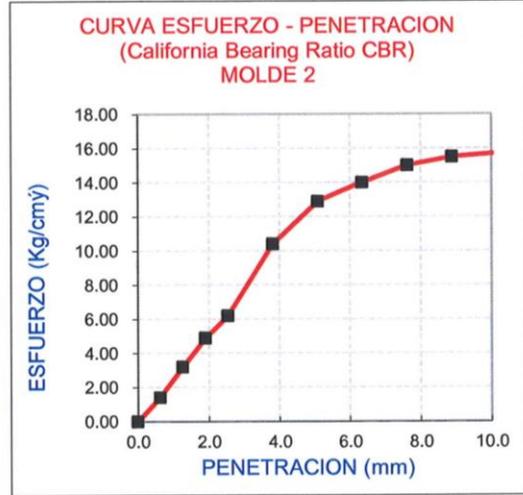
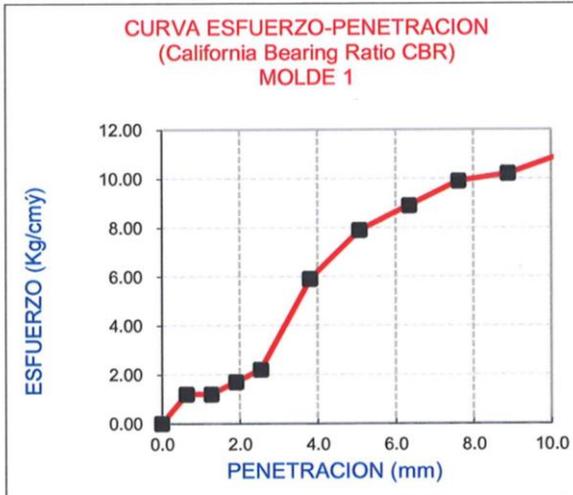
PENETRACION		Carga	MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
Tiempo	mm	Slump.	CARGA	ESFUERZO k/cm2	CARGA	ESFUERZO k/cm2	CARGA	ESFUERZO k/cm2
0.00	0.000	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
30"	0.630		22	1.20	27	1.40	50	2.70
1'	1.270		22	1.20	60	3.20	107	5.70
1.30'	1.910		31	1.70	93	4.90	150	7.90
2'	2.540	70	41	2.20	117	6.20	169	8.90
3'	3.810		112	5.90	197	10.40	296	15.70
4'	5.080	105	150	7.90	244	12.90	320	17.00
5'	6.350		169	8.90	263	14.00	343	18.20
6'	7.620	133	187	9.90	282	15.00	362	19.20
7'	8.890		192	10.20	291	15.50	372	19.70
8'	10.160	181	206	10.90	296	15.70	377	20.00

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

Fernando
FERNANDO EDUARDO PAREDES CAHUACAS
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 108347



PROYECTO Optimización del diseño de pavimento flexible aplicando los métodos AASHTO 93 y DISPAV-5 en la Avenida N°1 del C.P. San Antonio, Moquegua, 2021
SOLICITA : Bach. Ing. Civil Rick Boris Maldonado Ramos
SECTOR : Avenida 1, San Antonio del Distrito de Moquegua
UBICACIÓN: Provincia: Mariscal Nieto Region: Moquegua
MUESTRA: Suelo de fundación
FECHA : 06/01/2021



	DENSIDAD	1	CBR
MOLDE 1	1.61	3.10	3.10
MOLDE 2	1.70	8.80	8.80
MOLDE 3	1.80	12.70	12.70

METODO DE COMPACTACION AASHTO :	"D"	PENETRACION MDS 1	
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr./cc) :	1.78	C.B.R. al 100%	12.7
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :	14.6	C.B.R. al 95%	8.50

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

Fernando
FERNANDO EDUARDO PAREDES CAJALACAS
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 108347

CALICATA N°02



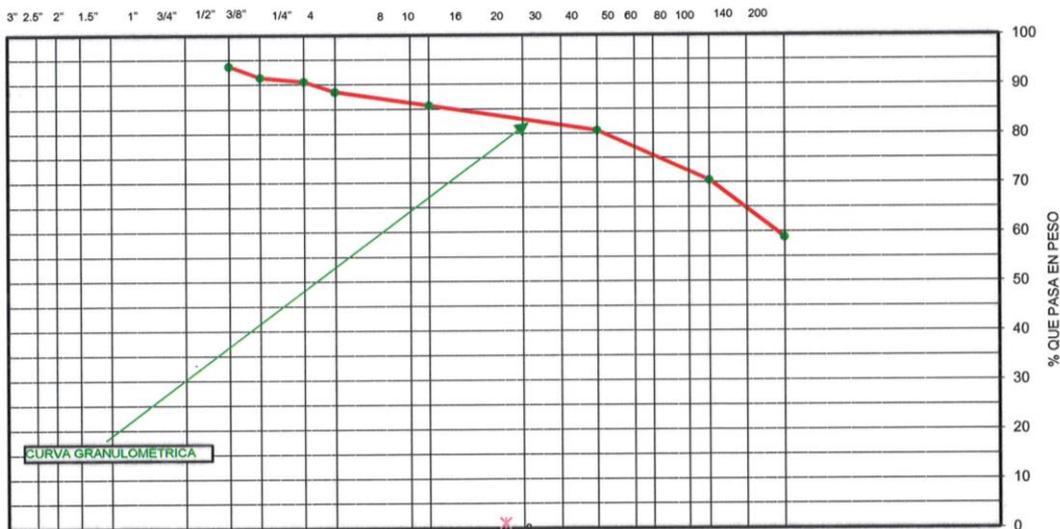
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

MTC E 107-2000
METODO AASHTO T-89 Y ASTM D-1422

PROYECTO :	Optimización del diseño de pavimento flexible aplicando los métodos AASHTO 93 y DISPAV-5 en la Avenida N°1 del C.P. San Antonio, Moquegua, 2021		
SOLICITA :	Bach. Ing. Civil Rick Boris Maldonado Ramos		
SECTOR :	Avenida 1, San Antonio del Distrito de Moquegua	MUESTRA :	Suelo de fundación
UBICACIÓN :	Provincia: Mariscal Nieto Region: Moquegua	FECHA :	09/01/2021
PROCEDENCIA:	De un pozo exploratorio N° 02		

TAMICES	PESO RET.	%RET.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACIONES	
3"	76.200					Humedad Natural : 3.8 %
2 1/2"	63.500					Limite líquido : 32.2 %
2"	50.800					Limite plástico : 23.7 %
1 1/2"	38.100			100.0		Indice plástico : 8.5 %
1"	25.400	19.7	1.5	98.5		Densidad Máxima : --- gr/cc
3/4"	19.050	43.4	3.3	95.2		Humedad Óptima : --- %
1/2"	12.700	21.0	1.6	93.6		CLASIFICACION DE SUELOS : AASHTO : A - 4
3/8"	9.525	30.2	2.3	91.3		Indice grupo : (2) SUCS : GC
1/4"	6.350	10.5	0.8	90.5		C.B.R. 95% : --- %
# 4	4.760	27.6	2.1	88.4		Durabilidad : --- %
# 8	2.380					Abrasión los Angeles : --- %
# 10	2.000	36.9	2.8	85.6		Equivalente de arena : --- %
# 16	1.190					Peso específico : --- gr/cc
# 20	0.840					Tipo de Material : Suelos de Fundacion
# 30	0.590					Tipo de deposito : Coluvial
# 40	0.420	67.5	5.1	80.5		% de grava : --- %
# 50	0.295					% de expansión : --- %
# 60	0.250					PROPIEDADES GEOFISICAS DEL SUELO
# 80	0.180					% de partículas chatas y alargad : 4.2 %
#100	0.149	132.8	10.1	70.4		% de piedra mayor de 2" : --- %
#140	0.105					% de partículas desmesurables : 1.1 %
# 200	0.074	152.5	11.6	41.2	58.8	OBSERVACIONES : Son suelos conformados de sedimentos semigranulares constituidos de gravas arcillosas con contenido de finos de mediana plasticidad.
< 200		772.4	58.8	100.0	---	
			100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



Cu = ---
Cc = ---
Claros
Claros J. Flores Castro
Técnico Laboratorista

Fernando
FERNANDO EDUARDO PAREDES CAHUACAS
INGENIERO CIVIL
C.I.F. 108347

LABORATORIO
DETERMINACION DE CONTROL DE HUMEDAD DE CAMPO

METODO ASTM D-2216

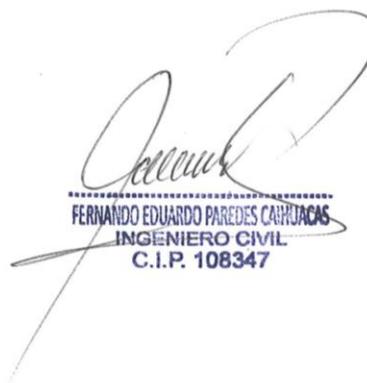
PROYECTO	Optimización del diseño de pavimento flexible aplicando los métodos AASHTO 93 y DISPAV-5 en la Avenida N°1 del C.P. San Antonio, Moquegua, 2021		
SOLICITA	: Bach. Ing. Civil Rick Boris Maldonado Ramos		
SECTOR	: Avenida 1, San Antonio del Distrito de Moquegua	MUESTRA	: Suelo de Fundación
UBICACIÓN	: Provincia: Mariscal Nieto Region: Moquegua	FECHA	: 09/01/2021
1	N° DE CAPSULA	09	10
2	PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	525.0	530.3
3	PESO SUELO SECO + CAPSULA	512.6	516.4
4	PESO DEL AGUA	12.4	13.9
5	PESO DE LA CAPSULA	169.8	170.0
6	PESO NETO DEL SUELO SECO	342.8	346.4
7	PORCENTAJE DE HUMEDAD	3.6	4.0
8	HUMEDAD PROMEDIO	3.8	

OBSERVACIONES: La muestra es procedente del pozo exploratorio N° 02 realizado en el lado derecho a una profundidad de

1,50 cmts. Tomandose la muestra para su analisis. A la profundidad alcanzada no se ha determinado la presencia de la

napa freatica y tiene las siguientes coordenadas: Altitud: 1345 m.s.n.m.


Claros J. Flores Castro
 Técnico Laboratorista
 Suelos Concretos y Pavimentos


FERNANDO EDUARDO PAREDES CARRIZACAS
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 108347



ENSAYO DE CONSTANTES FISICAS

PROYECTO :	Optimización del diseño de pavimento flexible aplicando los métodos AASHTO 93 y DISPARVOS en la Avenida N° 1 del C.P. San Antonio, Moquegua, 2021		
SOLICITA :	Bach. Ing. Civil Rick Boris Maldonado Ramos		
SECTOR :	Avenida 1, San Antonio del Distrito de Moquegua	MUESTRA :	Suelo de fundación
UBICACIÓN :	Provincia: Mariscal Nieto Region: Moquegua	FECHA :	09/01/2021

LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

LL MTC E-110- 2000 LP MTC E-111-2000
METODO AASHTO T-89/90 Y ASTM D-423/424

Nro. DE GOLPES	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	15	24	41	19	20	
TARA N°	16	17	18	19	20	I 23.52
SUELO HUMEDO + TARA	25.68	25.81	25.45	21.71	20.75	II 23.90
SUELO SECO + TARA	23.05	23.25	23.06	20.60	19.66	III <u>0.00</u>
PESO DEL AGUA	2.63	2.56	2.39	1.11	1.09	= 23.7 %
PESO DE LA TARA	15.30	15.35	15.23	15.88	15.10	
PESO DEL SUELO SECO	7.75	7.90	7.83	4.72	4.56	
HUMEDAD %	33.9	32.4	30.5	23.5	23.9	



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO
LL. : 32.2 %	LP. : 23.7 %	IP. : 8.5 %

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

Fernando
FERNANDO EDUARDO PAREDES CAHUAGAS
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 108347

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

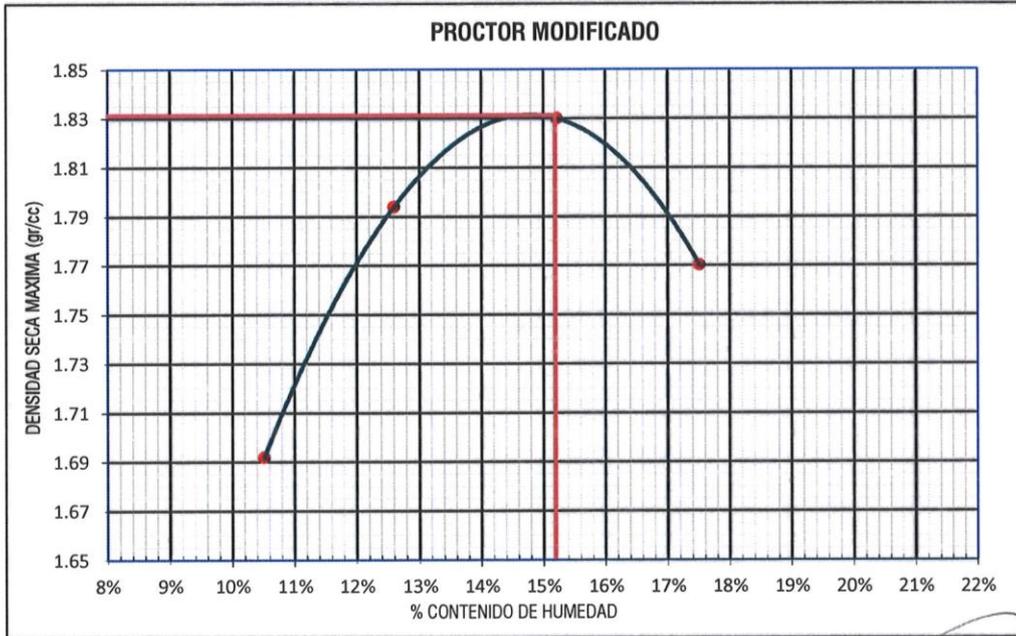
PROYECTO : Optimización del diseño de pavimento flexible aplicando los métodos AASHTO 93 y DISPAV-5 en la Avenida N°1 del C.P. San Antonio, Moquegua, 2021				
SOLICITA : Bach. Ing. Civil Rick Boris Maldonado Ramos				
SECTOR : Avenida 1, San Antonio del Distrito de Moquegua			MUESTRA : Suelo de fundación	
UBICACIÓN : Provincia: Mariscal Nieto Region: Moquegua			FECHA : 09/01/2021	
PROFUND. mts.	MUESTRA	SIMBOLO	CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
M-1 0.10		SC	A-4	Son suelos conformados de arenas arcillosas de mediana plasticidad.
M-2 0.50		GC	A-2-4	Son suelos conformados de sedimentos semigranulares constituidos de gravas arcillosas en estado seco semicompato de compacidad alta de color cafe claro de mediana plasticidad.
1.50				Boloneria de fondo, presencia de roca.

OBSERVACIÓN: A la profundidad alcanzada no se ha determinado la presencia de la napa freatica.

Claros J. Flores Castro
 Técnico Laboratorista
 Suelos Concretos y Pavimentos

FERNANDO EDUARDO PAREDES CANHUACAC
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 108347

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR									
MTC E 107-2000									
METODO ASTM D-2216-AASHTO T-180-"D"									
PROYECTO Optimización del diseño de pavimento flexible aplicando los métodos AASHTO 93 y DISPAV-5 en la Avenida N°1 del C.P. San Antonio, Moquegua, 2021									
SOLICITA : Bach. Ing. Civil Rick Boris Maldonado Ramos									
SECTOR : Avenida 1, San Antonio del Distrito de Moquegua				MUESTRA Suelo de fundación					
UBICACIÓN : Provincia: Mariscal Nieto Region: Moquegua				FECHA 10/01/2021					
<hr/>									
MOLDE N°	02	VOLUMEN DEL MOLDE		2059.000	cc				
N° DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA		56					
<hr/>									
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10025	10334	10519	10458				
Peso del Molde	gr.	6175	6175	6175	6175				
Peso del Suelo Humedo	gr/cc.	3850	4159	4344	4283				
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	1.87	2.02	2.11	2.08				
<hr/>									
CONTENIDO DE HUMEDAD									
Peso de Tara	gr.	163.80	164.40	163.60	162.80	161.80	166.20	165.40	166.00
Peso de Tara + Suelo Húmedo	gr.	517.00	515.40	506.80	512.90	524.20	522.10	530.30	522.40
Peso Tara + Suelo Seco	gr.	484.00	481.40	467.80	472.60	476.60	474.80	476.40	468.80
Peso de Suelo Seco	gr.	320.20	317.00	304.20	309.80	314.80	308.60	311.00	302.80
Peso del Agua	gr.	33.00	34.00	39.00	40.30	47.60	47.30	53.90	53.60
Contenido de Humedad	%	10.3%	10.7%	12.8%	13.0%	15.1%	15.3%	17.3%	17.7%
Promedio	%	10.5%		12.6%		15.2%		17.5%	
<hr/>									
Densidad del Suelo Seco	%	1.69		1.79		1.83		1.77	



DENSIDAD SECA MÁXIMA: 1.83 gr/cc - HUMEDAD OPTIMA 15.20%

Claros J. Flores Castro
 Técnico Laboratorista
 Suelos Concretos y Pavimentos

FERNANDO EDUARDO PAREDES CAHUAC
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 108347



ENSAYO DE C.B.R.

MTC E 132-2000
ME I ODU AS I M D - 1883

PROYECTO : Optimización del diseño de pavimento flexible aplicando los métodos AASHTO 93 y DISPAV-5 en la Avenida N°1 del C.P. San Antonio, Moquegua, 2021
SOLICITA : Bach. Ing. Civil Rick Boris Maldonado Ramos
SECTOR : Avenida 1, San Antonio del Distrito de Moquegua
UBICACIÓN: Provincia: Mariscal Nieto Region: Moquegua
MUESTRA: Suelo de fundación
FECHA : 10/01/2021

MOLDE	1			2			3		
N° Capas	5			5			5		
N° Golp x Capa	12			25			56		
Cond. Muestra	Optima Humedad		Saturado	Optima Humedad		Saturado	Optima Humedad		Saturado
P. Húm.+ Molde	11136		11216	11346		11426	11582		11662
Peso Molde (gr)	6880		6880	6950		6950	6960		6960
Peso Suelo Húmedo (gr)	4256		4336	4396		4476	4622		4702
Vol. Del suelo (gr)	2240		2240	2220		2220	2180		2180
Densidad H.(gr/cc)	1.90		1.94	1.98		2.02	2.12		2.16
Tara	7	8	27	9	10	29	11	12	31
P.Húmedo + Tara (gr)	526.90	532.90	522.20	531.10	533.00	527.90	524.70	533.90	524.90
Peso Seco + Tara (gr)	480.60	482.00	470.00	483.00	484.00	475.00	482.20	485.00	475.00
Peso Agua (gr)	46.30	50.90	52.20	48.10	49.00	52.90	42.50	48.90	49.90
Peso Tara (gr)	174.20	154.20	180.40	166.90	165.90	169.40	179.20	167.90	176.40
P. Muestra Seca	306.40	327.80	289.60	316.10	318.10	305.60	303.00	317.10	298.60
Cont. Humedad	15.1%	15.5%	18.0%	15.2%	15.4%	17.3%	14.0%	15.4%	16.7%
Cont.Hum.Promedio	15.3%		18.1%	15.3%		17.3%	14.7%		16.9%
DENSIDAD SECA	1.65		1.64	1.72		1.72	1.85		1.84

% EXPANSION = 1.21 %

TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE		
(Hs)	(Días)	LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION		LECTURA	EXPANSION	
		DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	0.170	0.000	0.00	0.150	0.000	0.00	0.130	0.000	0.00
24	1	0.750	0.580	0.51	0.400	0.230	0.20	0.350	0.220	0.19
48	2	1.200	1.030	0.90	0.900	0.750	0.66	0.850	0.720	0.63
72	3	1.510	1.340	1.17	1.380	1.230	1.08	1.300	1.170	1.02
96	4	1.600	1.430	1.25	1.520	1.370	1.20	1.470	1.340	1.17

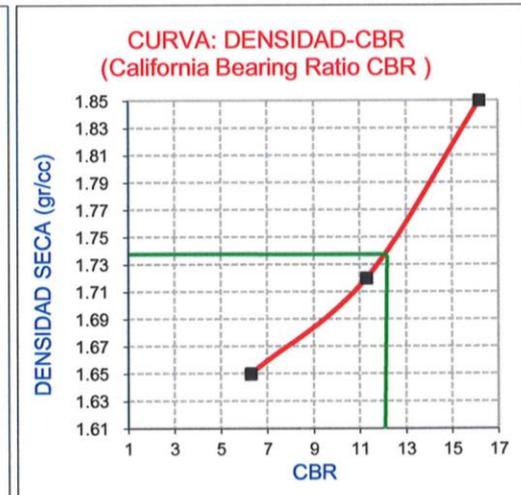
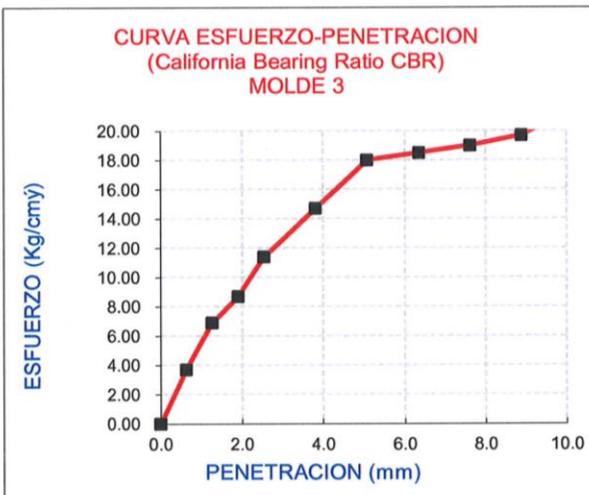
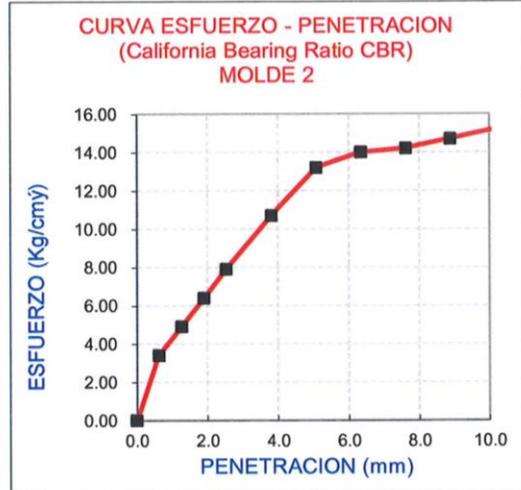
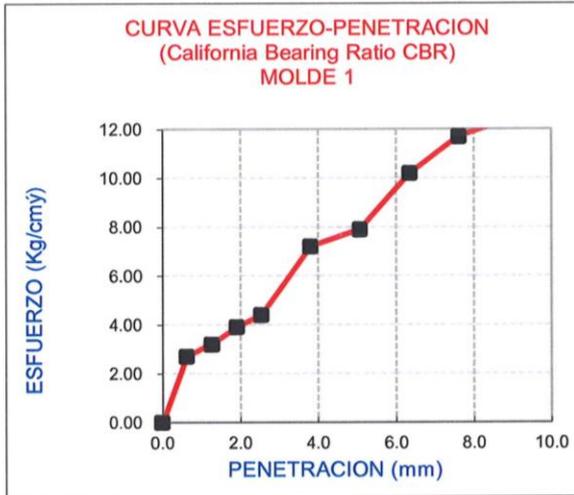
PENETRACION

PENETRACION		Carga	MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
Tiempo	mm	Slump.	CARGA	ESFUERZO k/cm2	CARGA	ESFUERZO k/cm2	CARGA	ESFUERZO k/cm2
0.00	0.000	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
30"	0.630		50	2.70	9	3.40	69	3.70
1'	1.270		60	3.20	15	4.90	131	6.90
1.30'	1.910		74	3.90	21	6.40	164	8.70
2'	2.540	70	83	4.40	27	7.90	216	11.40
3'	3.810		135	7.20	38	10.70	277	14.70
4'	5.080	105	150	7.90	48	13.20	339	18.00
5'	6.350		192	10.20	51	14.00	348	18.50
6'	7.620	133	221	11.70	52	14.20	358	19.00
7'	8.890		235	12.40	54	14.70	372	19.70
8'	10.160	181	263	14.00	56	15.20	405	21.50

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

Fernando
FERNANDO EDUARDO PAREDES CARRIACAS
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 108347

PROYECTO Optimización del diseño de pavimento flexible aplicando los metodos AASHTO 93 y DISPAV-5 en la Avenida N°1 del C.P. San Antonio, Moquegua, 2021
SOLICITA : Bach. Ing. Civil Rick Boris Maldonado Ramos
SECTOR : Avenida 1, San Antonio del Distrito de Moquegua
UBICACIÓN: Provincia: Mariscal Nieto Region: Moquegua
MUESTRA: Suelo de fundación
FECHA : 10/01/2021



	DENSIDAD	1	CBR
MOLDE 1	1.65	6.30	6.30
MOLDE 2	1.72	11.30	11.30
MOLDE 3	1.85	16.20	16.20

METODO DE COMPACTACION AASHTO :	"D"	PENETRACION MDS 1	
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr./cc) :	1.83	C.B.R. al 100%	16.2
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :	15.2	C.B.R. a) 95%	12.00

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

Fernando Eduardo Paredes Caillanagas
FERNANDO EDUARDO PAREDES CAILLANAGAS
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 108347

**CANTERAS: LOS
CIPRECES Y CRISTO
BLANCO**

CANTERA: LOS CIPRESES UBICACIÓN, POTENCIA, RENDIMIENTO Y CALIDAD

PROYECTO : Optimización del diseño de pavimento flexible aplicando los métodos AASHTO 93 y DISPAV-5 en la Avenida N°1 del C.P. San Antonio, Moquegua, 2021
SOLICITA : Bach. Ing. Civil Rick Boris Maldonado Ramos
UBICACIÓN : Provincia: Mariscal Nieto Region: Moquegua **FECHA** : 11/01/2021

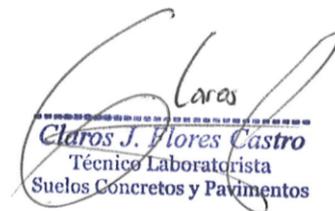
1 DATOS DE LA EXPLORACION DEL AREA DE PRESTAMO

Area de prestamo	100 x 100	10000 m2
Profundidad aprovechable		4 m
Top Soil (suelo superficial que debera eliminarse)		0 m
Over en la cantera (material > de 3")		25 %
Esponjamiento		30 %
POTENCIA BRUTA EN BANCO= 10000 m2 x 4		40000 m3
Desbroce=	m x m3	0 m3
POTENCIA NETA EN BANCO= P. BRUTA - DESBROCE		40000 m3
Over =	% x m3	10000 m3
POTENCIA APROVECHABLE EN BANCO= P. Neta - Over		30000 m3

2 DATOS DE LA CURVA GRANULOMETRICA

% entre malla 3" a 2"	0.00 %	0 m3
POTENCIA APROVECHABLE DESPUES DEL ZARANDEO		30000 m3

CANTERA: LOS CIPRECES			
Potencia bruta	: m3	m3	DMS 2.133 gr/cc
Potencia neta	: 75	%	H. Opt. 7.60 %
Pot. Aprovechable	: 30000	m3	CBR (100% DMS) 75.60 %
SUCS	: SM		CBR (95% DMS) 56.50 %
AASHTO	: A-1a(0)		Uso : Relleno, sub base
LL	: 24.4	%	
IP	: 3.59	%	Dist. Media : 2.5 Km


Carlos J. Flores Castro
 Técnico Laboratorista
 Suelos Concretos y Pavimentos


FERNANDO EDUARDO PAREDES CAHLLACAS
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 108347



CANTERA: CRISTO BLANCO
UBICACIÓN, POTENCIA, RENDIMIENTO Y CALIDAD

PROYECTO : Optimización del diseño de pavimento flexible aplicando los métodos AASHTO 93 y DISPAV-5 en la Avenida N°1 del C.P. San Antonio, Moquegua, 2021
SOLICITA : Bach. Ing. Civil Rick Boris Maldonado Ramos
UBICACIÓN : Provincia: Mariscal Nieto Region: Moquegua **FECHA** : 11/01/2021

- 1 DATOS DE LA EXPLORACION DEL AREA DE PRESTAMO**
- | | | |
|--|----------|----------|
| Area de prestamo | 60 x 200 | 12000 m2 |
| Profundidad aprovechable | | 7 m |
| Top Soil (suelo superficial que debera eliminarse) | | 0 m |
| Over en la cantera (material > de 3") | | 20 % |
| Esponjamiento | | 30 % |
| POTENCIA BRUTA EN BANCO= 10000 m2 x 4 | | 84000 m3 |
| Desbroce= 0.00 x 12000 | | 0 m3 |
| POTENCIA NETA EN BANCO= P. BRUTA - DESBROCE | | 84000 m3 |
| Over = 20 x 84000 | | 16800 m3 |
| POTENCIA APROVECHABLE EN BANCO= P. Neta - Over | | 67200 m3 |
- 2 DATOS DE LA CURVA GRANULOMETRICA**
- | | | |
|--|--------|----------|
| % entre malla 3" a 2" | 0.00 % | 0 m3 |
| POTENCIA APROVECHABLE DESPUES DEL ZARANDEO | | 67200 m3 |

CANTERA: CRISTO BLANCO			
Potencia bruta	: 84000 m3	DMS	2.161 gr/cc
Potencia neta	: 80 %	H. Opt.	7.45 %
Pot. Aprovechable	: 67200 m3	CBR (100% DMS)	92.40 %
SUCS	: SW-SM	CBR (95% DMS)	72.30 %
AASHTO	: A-1a(0)	Uso	: Para base
LL	20.37 %	Dist. Media	: 3.0 Km
IP	NP %		

Claros J. Flores Castro
Técnico Laboratorista
Suelos Concretos y Pavimentos

FERNANDO EDUARDO PAREDES CAHUAS
INGENIERO CIVIL
C.I.P. 108347

ENSAYO DE CONSTANTES FISICAS

PROYECTO	:	Optimización del diseño de pavimento flexible aplicando los métodos AASHTO 93 y DISPAV-5 en la Avenida N°1 del C.P. San Antonio, Moquegua, 2021	
SOLICITA	:	Bach. Ing. Civil Rick Boris Maldonado Ramos	
SECTOR	:	Avenida 1, San Antonio del Distrito de Moquegua	
UBICACIÓN	:	Provincia: Mariscal Nieto Region: Moquegua	
CANTERA	:	LOS CIPRECES	FECHA : 05/01/2021

LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

LL MTC E-110-2000 LP MTC E-111-2000
METODO AASHTO T-89/90 Y ASTM D-423/424

Nro. DE GOLPES	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO			
	16	26			2	4		
TARA N°	1	2			2	4		
SUELO HUMEDO + TARA	14.26	13.25			12.36	13.01		
SUELO SECO + TARA	11.33	10.67			10.23	10.77		
PESO DEL AGUA	2.93	2.58			2.13	2.24		
PESO DE LA TARA	-	-			-	-		
PESO DEL SUELO SECO	11.33	10.67			10.23	10.77		
HUMEDAD %	25.86	24.18			20.82	20.80		

LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE PLASTICO
LL. : 24.40 %	LP. : 20.81 %	IP. : 3.59 %

OBSERVACIONES: Material de préstamo de cierta plasticidad


Carlos Castro
 Técnico Laboratorista
 Suelos Concretos y Pavimentos


FERNANDO EDUARDO PAREDES CALUJACAS
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 108347

ANEXO 3. PANEL FOTOGRAFICO

Figura 01: Vista del inicio de la avenida donde se realizó el diseño



Fuente: Elaboración propia

Figura 02: Vista del final de la avenida en estudio



Fuente: Elaboración propia

Figura 03: Calicata N°1



Fuente: Elaboración propia

Figura 04: Calicata N°2



Fuente: Elaboración propia

Figura 05: Calicata en cantera



Fuente: Elaboración propia