

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



**“DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
PARA EL ANILLO VIAL DEL ÓVALO GRAU – TRUJILLO
- LA LIBERTAD”**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Área de investigación: Transportes

AUTOR : Br. SUSAN JACKELIN GOMEZ VALLEJOS

ASESOR : Ing. JUAN PAUL E. HENRIQUEZ ULLOA

Nro. REGISTRO _____

TRUJILLO, SETIEMBRE DEL 2014

**Tesis: “Diseño Estructural del pavimento flexible para el anillo vial del Óvalo
Grau – Trujillo – La Libertad”**

Por: Br. Gómez Vallejos Susan Jackelin

Jurado evaluador

Presidente:
Ing.

Secretario:
Ing.

Vocal:
Ing.

Asesor:
Ing.

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

Dando cumplimiento al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada “Antenor Orrego”, para el título Profesional de Ingeniero Civil, es grato poner a vuestra consideración, la presente tesis titulada: “Diseño Estructural del pavimento flexible para el anillo vial del Óvalo Grau – Trujillo - Perú”.

Atentamente,

Br. Gómez Vallejos Susan

Trujillo, 05 de setiembre del 2014

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre Anita y Lili, por su apoyo, consejos, comprensión, amor. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi empeño y mi perseverancia para conseguir mis objetivos; A mi tía Verónica, a quien quiero como a una madre, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento; A mi novio Israel por siempre estar incondicionalmente a mi lado en las buenas y en las malas; por su comprensión, paciencia y amor, dándome ánimos de fuerza y valor para seguir adelante.

SUSAN JACKELIN GÓMEZ VALLEJOS

AGRADECIMIENTOS

A:

DIOS:

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida.

MADRE:

Por su confianza en mí, consejos, apoyo moral y económico, que me permitieron alcanzar esta meta.

ING. JUAN PAUL HENRIQUEZ ULLOA

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

SUSAN JACKELIN GÓMEZ VALLEJOS

RESUMEN

“DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL ANILLO VIAL DEL ÓVALO GRAU – TRUJILLO – LA LIBERTAD”

Por:

Br. Susan Jackelin Gómez Vallejos

En la actualidad, se ha originado el incremento del parque automotriz en nuestra ciudad, y por ende La Municipalidad de Trujillo viene ejecutando la obra “Creación del intercambio vial del Óvalo Grau”. Esta nueva obra de infraestructura vial urbana, consiste en un viaducto elevado de 60 metros de largo por una rampa y un total de 450 metros de longitud que siguen la trayectoria de la Avenida América Sur, efectuándose los trabajos de demolición de toda la antigua construcción del pavimento actual en el anillo vial para hacer realidad el paso a desnivel del Óvalo Grau.

El pavimento flexible debe proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, resistente a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir a las terracerías los esfuerzos por las cargas del tránsito.

La metodología permitió establecer los métodos y técnicas que van relacionados con la durabilidad que está ligada a factores económicos y sociales. La durabilidad que se le desea dar al anillo vial, depende de la importancia de este.

Para la concepción del proyecto vial, se ha tomado en cuenta los volúmenes de tránsito existentes, las proyecciones de los mismos y el aspecto estético del proyecto integral, de modo que se pueda solucionar así los movimientos vehiculares en todos los sentidos. Las avenidas involucradas en el estudio por la importancia que han adquirido, merecen un tratamiento especial toda vez que canalizan gran parte del tránsito.

La presente tesis pretende determinar los criterios estructurales según normas y metodologías para diseñar la estructura de un pavimento flexible y así lograr un eficiente nivel de transitabilidad mejorando las condiciones de vida de la población en toda la zona de influencia.

ABSTRACT

"FLEXIBLE PAVEMENT STRUCTURAL DESIGN FOR OVAL RING ROAD GRAU - TRUJILLO – LA LIBERTAD"

By:

Br. Susan Jackelin Gómez Vallejos

At present, it has led to the increase in car ownership in our city, and therefore the Municipality of Trujillo is executing the work "Creating the vial exchange Oval Grau". This new development of road infrastructure, consisting of an elevated viaduct 60 meters long ramp and a total length of 450 meters that track Avenue South America, carrying out the demolition of the entire old building existing pavement in the ring road to the overpass Grau Oval reality.

The flexible pavement should provide a uniform bearing surface, resistant to the action to the action of traffic to weathering and other harmful agents, and transmit to Earthworks efforts traffic loads.

The methodology allowed us to establish the methods and techniques that are related to the durability that is linked to economic and social factors. The durability you want to give the ring road depends on the importance of this.

For the design of the road project, has taken into account existing traffic volumes and projections thereof and the aesthetics of the whole project, so you can well solve vehicular movements in all directions. Avenues involved in the study by the importance acquired; deserve special treatment whenever channeled much of the traffic to and from the shopping area and studies of Trujillo.

This thesis aims to determine the structural criteria as standards and methodologies to design the structure of a flexible pavement and thus achieve an efficient level of walkability and improve the living conditions of the population of the entire area of influence.

ÍNDICE GENERAL

CARATULA.....	i
PRESENTACION.....	ii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
INDICE DE TABLAS.....	x
INDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. EL PROBLEMA:.....	2
1.1.2 Formulación del Problema.....	3
1.1.3 Alcance.....	3
1.1.4 Justificación de la investigación.....	3
1.1.5 Aportes.....	3
1.2. OBJETIVOS.....	4
1.2.1 General.....	4
1.2.2 Específicos.....	4
1.3. ANTECEDENTES.....	4
1.4. HIPOTESIS	5
1.4.1 General.....	5
1.5. MARCO TEORICO.....	5
2. MATERIAL Y MÉTODOS	9
2.1 Material.....	9
2.2 Diseño de Técnicas de recolección de información:	9
2.3 Población y Muestra	9
2.4 Metodología	10
3. DESARROLLO DE LA TESIS	11
Capítulo I	11

Capítulo II	15
Capítulo III	47
Capítulo IV	51
Capítulo V	63
Capítulo VI	65
Capítulo VII	66
Capítulo VIII	67
BIBLIOGRAFIA.....	68
ANEXO.....	69

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cálculo del IMDA Av. Moche.....	28
Tabla 2. Cálculo del IMDA Av. La Marina.....	29
Tabla 3. Cálculo del IMDA Av. América Sur lado Oeste	30
Tabla 4. Cálculo del IMDA Av. América Sur lado Este.....	31
Tabla 5. Tasas promedio de crecimiento anual del tráfico.....	21
Tabla 6. Proyección del tráfico normal Av. Moche..... ¡Error! Marcador no definido.2	
Tabla 7. Proyección del tráfico normal Av. La Marina	23
Tabla 8. Proyección del tráfico normal Av. América Sur (lado oeste)	23
Tabla 9. Proyección del tráfico normal Av. América Sur (lado este).....	24
Tabla 10. Proyección del tráfico generado Av. Moche.....	24
Tabla 11. Proyección del tráfico generado Av. La Marina.....	25
Tabla 12. Proyección del tráfico generado Av. América Sur (lado oeste).....	26
Tabla 13. Proyección del tráfico generado Av. América Sur (lado este).....	27
Tabla 14. Proyección del tráfico normal + generado Av. Moche.....	27
Tabla 15. Proyección del tráfico normal + generado Av. La Marina.....	28
Tabla 16. Proyección del tráfico normal + generado Av. América Sur (lado oeste)	44
Tabla 17. Proyección del tráfico normal + generado Av. América Sur (lado este).....	46
Tabla 18. Factores de Ejes Equivalentes.....	46
Tabla 19. Número de Repeticiones de EE 8.2t.....	46
Tabla 20. Clasificación de suelos a través de calicatas.....	47
Tabla 21. Cuadro de resumen de caracterización del suelo.....	49

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura N° 01 Localización del proyecto.	21
Figura N° 02 Área de influencia del proyecto.	25
Figura N° 03 Ubicación de los puntos de conteo vehicular.	27
Figura N° 04 Periodos de diseño recomendados por la AASHTO en función del tipo de carretera.	32
Figura N° 05 Factor de distribución carril.	38
Figura N° 06 Configuración de ejes.	39
Figura N° 07 Relación de cargas por eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) para pavimentos flexibles.	40
Figura N° 08 Valores del nivel de confianza de acuerdo al tipo de camino.	53
Figura N° 09 Desviación estándar normal de acuerdo al tipo de camino.	54
Figura N° 10 Clasificación de índice de serviciabilidad.	55
Figura N° 11 Clasificación de índice de serviciabilidad inicial.	56
Figura N° 12 Clasificación de índice de drenaje.	59
Figura N° 13 Valores para modificar los coeficientes estructurales.	59
Figura N° 14 Valores mínimos en función de los ejes equivalentes.	62

1. INTRODUCCIÓN

El transporte es un elemento de gran influencia en la economía de las zonas urbanas y rurales, y la serviciabilidad de las carreteras contribuye al desarrollo socio-económico de los sectores de la población, por ello es necesario de una adecuada planificación en los proyectos viales para que puedan garantizar y facilitar el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes. En tal sentido, es de gran importancia para la ciudad, que se cuente con una vía eficiente, que permita la comunicación entre sus diferentes núcleos urbanos y rurales.

El presente proyecto tiene como finalidad, diseñar la estructura del pavimento flexible para el anillo vial del Óvalo Grau, ya que este fue demolido para la ejecución del Segundo Intercambio Vial en la ciudad de Trujillo. Dado que el sector de estudio tiene la necesidad de conectarse con las demás poblaciones, se realizó un estudio general para conocer cuáles eran las necesidades a priorizar; según el resultado del diagnóstico efectuado en el lugar, se tomó como prioridad en proyectos de infraestructura, la pavimentación del anillo vial, determinando que es necesario realizar el diseño de esta arteria de comunicación vial, en materia de infraestructura como es a través del pavimento flexible, ya que esto va a permitir de mejor manera el tránsito y su conexión entre las poblaciones de esta ciudad.

Por ello la tesis que se presenta, desarrolló el tema, el cual se refiere a la construcción de una carpeta a base de un pavimento flexible en caliente, este describirá todas aquellas definiciones necesarias para su comprensión, sus características y método de construcción, así como todas aquellas especificaciones necesarias para poder cumplir con las expectativas.

1.1. EL PROBLEMA:

1.1.1 Planteamiento del Problema:

El proyecto en estudio se ubica geográficamente en la región de la costa, específicamente en el Distrito de Trujillo en la Provincia de Trujillo, Departamento de La Libertad, y a una altitud de 34 m.s.n.m. La zona presenta una topografía plana, con pendientes que oscilan entre 1% a 1.5%.

Trujillo distrito tiene una población estimada de 788 236 habitantes, y una superficie territorial de 39.36 km² con una densidad promedio de 7,977 Hab/Km². Según los resultados del censo de población y vivienda del año 2007; la población de la provincia de Trujillo era de 682 834 habitantes, constituyéndose en la cuarta provincia más poblada de Perú.

Actualmente, La Municipalidad de Trujillo viene ejecutando la obra “Creación del intercambio vial del Óvalo Grau”. Esta nueva obra de infraestructura vial urbana, consiste en un viaducto elevado de 60 metros de largo por una rampa y un total de 450 metros de longitud que siguen la trayectoria de la Avenida América Sur, efectuándose los trabajos de demolición de toda la antigua construcción del pavimento actual en el anillo vial para hacer realidad el paso a desnivel del Óvalo Grau.

De esta manera, se ha pensado en el diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del Óvalo Grau, acorde al flujo vehicular de transporte pesado, como la llegada de los vehículos del sur del país.

1.1.2 Formulación del Problema:

Determinar el espesor del pavimento flexible utilizando Normas Técnicas y Metodologías de diseño.

1.1.3 Alcance:

El alcance del proyecto es a nivel del estudio de Mecánica de Suelos, estudio de Tráfico y el procedimiento para diseño del pavimento flexible.

1.1.4 Justificación de la investigación.

Este proyecto se justifica académicamente porque permite aplicar procedimientos y metodologías para realizar el diseño de estructura de la pavimentación del anillo vial del Óvalo Grau.

Se justifica técnicamente porque está orientado a la metodología AASHTO 93 para el diseño del pavimento flexible y a la comparación de las Normas de suelo y pavimentos para el cumplimiento de los estudios de suelos y tráfico.

También este proyecto se justifica socialmente porque proporcionará una alternativa más adecuada para afrontar el problema del inadecuado servicio de transitabilidad y el mal estado de la superficie de rodadura, viéndose favorecidos los pobladores de la ciudad de Trujillo.

1.1.5 Aportes:

Este trabajo pretende dar una alternativa de solución a la zona de estudio, con el diseño de la estructura del pavimento flexible en el anillo vial del Óvalo Grau.

Para esto se realizaron estudios básicos de ingeniería: estudios de suelos y estudio de tráfico.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 General.

- Determinar la estructura del pavimento flexible para el anillo vial del Óvalo Grau – Trujillo – La Libertad.

1.2.2 Específicos.

- Realizar los estudios de Tráfico.
- Realizar los estudios de Mecánica de Suelos.
- Diseñar la estructura del pavimento flexible mediante la metodología AASHTO 93.
- Proponer los espesores del pavimento flexible.

1.3 ANTECEDENTES

Se encontró la siguiente investigación:

En el año 2006, se ejecutó un recapeo a las pistas adyacentes al Óvalo Grau y Av. La Marina, mejorando la zona solo a nivel de superficie de rodadura.

En el año 2009, la Municipalidad Provincial de Trujillo realizó un estudio de tránsito en la intersección de las Avenidas América Sur y Moche – Óvalo Grau, evidenciándose la necesidad ya en esa época de un tratamiento especial a dicha zona, debido al incremento del flujo vehicular y peatonal.

1.4 HIPÓTESIS

1.4.1 General.

Carece de hipótesis.

1.5 MARCO TEÓRICO

Un pavimento puede definirse como la capa o conjunto de capas seleccionadas que reciben en forma directa las cargas de tránsito y las transmiten a las capas inferiores, distribuyéndolas con uniformidad. Este conjunto de capas proporciona también la superficie de rodamiento, en donde se debe tener una operación rápida y cómoda.

De acuerdo con las teorías de esfuerzos y las medidas de campo que se realizan, los materiales con que se construyen los pavimentos deben tener una calidad suficiente para resistir. Por lo mismo, las capas localizadas a mayor profundidad pueden ser de menor calidad, en relación con el nivel de esfuerzos que reciben que recibirán, aunque el pavimento, también transmita los esfuerzos a las capas inferiores y los distribuyen de manera conveniente, con el fin de que estas los resistan.

La superficie de rodamiento o carpeta, cuyas principales funciones son las de proporcionar una superficie de rodadura uniforme, de color y textura apropiados, resistente a la acción del tránsito, del intemperismo producido por los agentes naturales y cualquier otro agente perjudicial. Además como función estructural un pavimento tiene que transmitir adecuadamente los esfuerzos producidos por las cargas impuestas a la subrasante, de modo que no sufra deformaciones.

En definitiva el pavimento constituye la superestructura de una obra vial, que hace posible el tránsito expedito de los vehículos con la comodidad, seguridad y economía prevista por el proyecto.

Pavimentos flexibles.- Este tipo de pavimentos están formados por una capa bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase.

Definición de cbr.- Es una medida indirecta de resistencia al esfuerzo cortante de un suelo bajo condiciones controladas de densidad y humedad.

Módulo resiliente.- Es una relación que vincula las solicitaciones aplicadas y las deformaciones recuperables al suprimirse el estado de tensiones impuesto.

Serviciabilidad.- Es el valor que indica el grado de confort que tiene la superficie para el desplazamiento natural y normal de un vehículo: en otras palabras, un pavimento en perfecto estado se le asigna un valor de serviciabilidad inicial que depende del diseño del pavimento y de la calidad de la construcción.

Confiabilidad.- Se entiende por confiabilidad de un proceso diseño-comportamiento de un pavimento a la probabilidad de que una sección diseñada usando dicho proceso, se comportará satisfactoriamente bajo las condiciones de tránsito y ambientales durante el periodo de diseño.

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

Periodo de diseño.- Es el tiempo total para el cual se diseña un pavimento en función de la proyección del tránsito y el tiempo que se considere apropiado

para que las condiciones del entorno se comiencen a alterar desproporcionadamente.

Subrasante.- Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimenta y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al tránsito previsto. Esta capa puede estar formada en corte o relleno y una vez compactada debe tener las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos finales de diseño.

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

Subbase.- Es la capa de la estructura de pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura de pavimento, de tal manera que la capa de subrasante la pueda soportar absorbiendo las variaciones inherentes a dicho suelo que puedan afectar a la subbase.

La subbase debe controlar los cambios de volumen y elasticidad que serían dañinos para el pavimento. Se utiliza además como capa de drenaje y contralor de ascensión capilar de agua, protegiendo así a la estructura de pavimento, por lo que generalmente se usan materiales granulares. Al haber capilaridad en época de heladas, se produce un hinchamiento del agua, causado por el congelamiento, lo que produce fallas en el pavimento, si éste no dispone de una subrasante o subbase adecuada.

Esta capa de material se coloca entre la subrasante y la capa de base, sirviendo como material de transición, en los pavimentos flexibles.

Base.- Es la capa de pavimento que tiene como función primordial, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, a la subbase y a través de ésta a la subrasante, y es la capa sobre la cual se coloca la capa de rodadura.

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

CARACTERÍSTICAS QUE DEBE REUNIR UN PAVIMENTO

Un pavimento para cumplir adecuadamente sus funciones debe reunir los siguientes requisitos:

- Ser resistente a las cargas impuestas por el tránsito.
- Ser resistente ante los agentes de intemperismo.
- Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos.
- Debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal.
- Debe ser durable.
- Debe ser económico.
- Debe poseer el color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos, y ofrecer una adecuada seguridad al tránsito.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Material

- Método AASHTO
- Guías de Diseño ASHTO
- Método del conteo
- Encuestas

2.2 Diseño de Técnicas de recolección de información:

Las técnicas de recolección de información para la presente investigación será la medición y observación, las cuales se utilizaran con el fin de recopilar los datos sobre una situación existente, cada una ayudará a asegurar una completa investigación.

2.3 Población y Muestra

2.3.1 Población

La población se considera toda la red vial del Óvalo Grau.

2.3.2 Muestra

Nuestra muestra es el tramo en estudio del anillo del Óvalo Grau.

2.4 Metodología

El método más adecuado para este tipo de investigación es el descriptivo, en esencia se trata de determinar los procedimientos más apropiados para la caracterización de los parámetros de diseño de los materiales existentes en el anillo vial del Óvalo Grau – Trujillo, modo que posteriormente se pueda determinar de forma adecuada, y basado en un procedimiento también debidamente fundamentado la estructura del pavimento flexible del tramo

en estudio. Las fuentes de información principales serán los estudios de campo y de laboratorio pertinentes.

Procedimiento:

1. Inicialmente se analizará todas las probabilidades para obtener un proyecto adecuado y óptimo.
2. Luego se aplicará lo analizado en el diseño del anillo vial, obteniendo de esta manera los cálculos.
3. Luego con ayuda del asesor se validará el proyecto si es que el diseño planteado es el correcto.
4. Posteriormente y en caso fuera aprobado el anteproyecto, se iniciara el proyecto con los pasos debidos y realizando las investigaciones, cálculos, diseños, correspondientes a este tipo de obras.

Por último el proyecto de tesis será observado y corregido a través de un juicio de expertos.

2.5 Técnicas de Análisis

Se van a realizar ensayos del suelo, materiales, para luego ser procesados por los diversos métodos de la ingeniería, utilizando la mecánica de suelos, pavimentos y transportes; haciendo uso de laboratorios y de esta manera poder realizar un próspero proyecto.

Se utilizarán los siguientes programas:

- Autocad 2014
- Microsoft Excel

3. DESARROLLO DE LA TESIS

CAPÍTULO I ASPECTOS GENERALES

1.1 GENERALIDADES SOBRE EL TEMA

1.1.1 EL PAVIMENTO EN EL MUNDO

La infraestructura vial incide mucho en la economía de los países por el gran valor que tiene en esta, pues al alto costo de construcción, mantenimiento o rehabilitación hay que adicionarles también los costos que se derivan por el mal estado de las vías, por eso los nuevos ingenieros que se dediquen a esta rama de la profesión se enfrentará a un reto muy importante que es el de proporcionar estructuras de pavimentos eficaces con presupuestos cada vez más restringidos.

Dentro del contexto del diseño de pavimentos se acepta que el dimensionamiento de estas estructuras permite que se establezca las características de los materiales de las distintas capas del pavimento y los espesores, de tal forma que el pavimento mantenga un índice de servicio aceptable durante la vida de servicio estimada.

Los métodos que se describe en diversos documentos está encaminado a dar una aproximación de las correlaciones empíricas logradas hasta la primera mitad del siglo XX en el diseño estructural de pavimentos; se ha llegado a este estado del arte aplicando metodologías usadas en otras áreas de la ingeniería

que tienen en cuenta las propiedades de los materiales que constituyen el pavimento; el procedimiento puede tener el grado de sofisticación que el ingeniero desee con este procedimiento se puede obtener los esfuerzos, deformaciones y deflexiones producidos por cargas a las que está sometida la estructura.

1.1.2 EL PAVIMENTO EN PERÚ

En los últimos 17 años el Perú ha impulsado una política favorable para la Construcción de Obras Viales a lo largo y ancho del territorio, habiéndose ejecutado más de 15,000 kilómetros de carreteras con pavimentos asfálticos, según reportes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

La dinámica se manifiesta en obras importantes como las carreteras interoceánicas que atraviesan transversalmente el territorio peruano por el norte, centro y sur. La Interoceánica Sur, parte de límites con Brasil terminando en puertos marítimos del Océano Pacífico; interconectando de esta manera pueblos del Perú y permitiendo que Brasil tenga salida al mar hacia los mercados orientales.

Considerando las redes viales de Perú y Bolivia, existen más de 4,000 km de carreteras ubicadas por encima de los 3,500 metros sobre el nivel del mar, que requieren una inversión de unos 3,000 millones de dólares, para ser asfaltadas o rehabilitadas. Los pavimentos de estas carreteras, comprendidos en la “categoría” de “pavimentos en zonas de altura”, son afectados por una serie de

factores climatológicos, como temperaturas bajas, gradiente térmico, radiación solar intensa, y, por los efectos de flujos de agua superficial y subterránea, que determinan su deterioro prematuro y acelerado. Además, en dichas altitudes, existen problemas de escasez de materiales, a lo que converge la limitación de los países para contar con productos asfálticos de calidad garantizada.

Para dar solución al problema de diseñar y construir los pavimentos, de manera tal que pueda mantenerse estándares de performance adecuados, y, sobre todo, cumplirse con los períodos de diseño establecidos, se han elaborado métodos y criterios basados en la experiencia propia, muchos de los cuales han tenido un proceso evolutivo y otros, aún, se encuentran en fase de “experimentación”. Algunas de las soluciones rompen los cánones de la tecnología convencional. La magnitud de la inversión requerida para la construcción de los proyectos, compromete el esfuerzo de los ingenieros viales, para la búsqueda de cada vez mejores soluciones.

1.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se ubica en la Región La Libertad, Provincia de Trujillo, Distrito de Trujillo.

Figura N° 01: Localización del Proyecto



CAPITULO II

ESTUDIO DE TRÁFICO

1. INTRODUCCIÓN.

La demanda del tráfico es un aspecto esencial que el Ingeniero necesita conocer con relativa y suficiente precisión, para planificar y diseñar con éxito muchos aspectos de la vialidad, entre ellos el diseño del pavimento y el de la plataforma del camino.

El estudio de tráfico deberá proporcionar la información del índice medio diario anual (IMDA) para cada tramo vial materia de un estudio. Es conveniente para ello que los Términos de Referencia de cada estudio ya proporcionen la identificación de los tramos homogéneos.

Se ha distinguido Volumen Vehicular, de tres Avenidas concurrentes al Óvalo Grau, con el fin de obtener sus IMDA, y el Cálculo de Ejes Equivalentes, que permitan el diseño de pavimento. La existencia de esta información es importante para construir una base de datos muy útil, como referencia regional que permitirá reducir los requerimientos de estudios y los costos que actualmente se tienen cuando se realizan estos estudios. Adicionalmente el uso de esta información oficial garantizará una mejor consistencia entre la información obtenida y utilizada para los diversos estudios.

Dentro del sector transporte, los proyectos de Vías Urbanas tienen como objetivo dotar a las ciudades del país de la infraestructura requerida, que permita movilizar pasajeros y carga entre diferentes orígenes y destinos, de acuerdo al deseo de viajes de los ciudadanos y centros productivos, tanto al interior de las ciudades como sus conexiones con el exterior. El conjunto de

estas vías son parte de un sistema de red de movilización de los medios de transporte vehicular que permite la integración del país con otros mercados y sociedades.

En este contexto, una adecuada red vial apoya al desarrollo sostenible de la ciudad de Trujillo.

1.1. Tránsito vehicular

El tránsito vehicular es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista. Se presenta también con muchas similitudes en otros fenómenos como el flujo de partículas y el de peatones.

1.2. Congestión vehicular

La congestión vehicular se refiere tanto urbana como interurbana, a la condición de un flujo vehicular que se ha saturado por un exceso en la demanda de las vías, produciendo incrementos en los tiempos de viaje. Este fenómeno se produce comúnmente en las horas punta u horas pico, y resultan frustrantes para los automovilistas, ya que resultan en pérdidas de tiempo y consumo excesivo de combustible.

La congestión del tráfico se produce cuando el volumen de tráfico o la distribución normal del transporte demandan mayor espacio que el disponible en las vías. Una serie de circunstancias específicas causan o agravan la congestión, la mayoría de ellas reducen la capacidad de una vía en un punto determinado o durante un determinado periodo, o aumentan el número de vehículos necesarios para un determinado caudal de personas o mercancías.

Las consecuencias más graves de las congestiones vehiculares son los accidentes.

2. OBJETIVO

- Proporcionar la información básica para determinar los indicadores de tráfico.
- El Índice Medio Diario Anual (IMDA) por subtramos de características homogéneas.
- Proyección de la demanda de tráfico para los próximos 20 años.
- Definir el peso por eje de los vehículos pesados con el fin de determinar el número de repeticiones de ejes equivalentes para el diseño de pavimentos.

3. ALCANCE DEL ESTUDIO

El estudio comprende la determinación del Índice Medio Diario Anual y las características del volumen de tráfico para cada uno de los tramos homogéneos, censo de cargas y el cálculo de los factores destructivos para cada conjunto de ejes y tipo de vehículo. Estudios de Volumen Vehicular de las cuales para el presente estudio se utilizaron los conteos de la estación Av. América Sur (lado Oeste y Este), Av. La Marina, Av. Moche y Calle Manco Inca de la Provincia de Trujillo, tal como se puede apreciar en el gráfico siguiente:

Figura N° 02: Área de influencia del Proyecto



4. METODOLOGÍA DEL TRABAJO

Se efectuaron diversos trabajos de campo, siendo lo más importante la identificación de los diferentes tipos de vehículos tipo usuarios de la vía, incluyendo aquellos de carga transportada y pasajeros.

La demanda actual, precisa del Índice Medio Diario (IMD), que para casos prácticos puede representar su equivalente anual, es decir el IMDA; y según metodología AASHTO, permite el cálculo de ejes equivalentes acumulados para el periodo de diseño. Siendo el eje equivalente (EE) equivale el efecto del

deterioro causado sobre el pavimento, por un eje simple de dos ruedas cargado con 8.2 tn de peso, con neumáticos con presión de 80 lb./pulg².

El volumen existente en el tramo, IMDA considera el promedio diario anual del total de vehículos (ligeros y pesados) en ambos sentidos.

Este volumen de demanda tiene una composición de distintos tipos de vehículos, según los diversos tramos viales.

Para la obtención de la demanda de tránsito que circula en cada sub tramo en estudio, se requerirá como mínimo la siguiente información:

- Identificación de “sub tramos homogéneos” de la demanda, en la ruta del estudio.
- Conteos de tránsito en cada sub tramo (incluyendo un sábado o un domingo) por un período consecutivo de 7 días (5 día de semana+sábado+domingo), como mínimo, en una semana que haya sido de circulación normal. Los conteos serán volumétricos y clasificados por tipo de vehículo.
- Con los datos obtenidos, se definirá el Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes (EE) para el periodo de diseño del pavimento.

5. CONTEO DE TRÁFICO VEHICULAR

4.1 Objetivo y finalidad

Cuantificar el volumen vehicular, en la intersección de las Avenidas América Sur, Moche, La Marina y Calle Manco Inca.

4.2 Relación de intersecciones de puntos de conteo vehicular

- Av. América Sur (Lado Oeste) – Óvalo Grau.
- Av. América Sur (Lado Este) – Óvalo Grau.
- Av. La Marina – Óvalo Grau.
- Av. Moche – Óvalo Grau.

Figura N° 03: Ubicación de puntos de conteo vehicular



6. CÁLCULO DEL IMDA (Índice Medio Diario Anual)

Para el cálculo del IMDA representativo para la estación en estudio en aproximación al Óvalo Grau de la Ciudad de Trujillo, se promediaron los valores representativos del mes de diciembre del 2013, considerando como factor de corrección mensual el valor de 1.0.

Tabla N° 01: CÁLCULO DEL IMDA AV. MOCHE

ESTACIÓN AV. MOCHE
FECHA DICIEMBRE 2013
SENTIDO AMBOS
REFERENCIA CUADRA 3

Datos									
FECHA	Suma de AUTOS	Suma de C. RURAL.	Suma de MICROS	Suma de BUS 2E	Suma de BUS 3E	Suma de CAMION 2E	Suma de CAMION 3E	Suma de CAMION >=4E	Suma de TOTAL
viernes, 06 de diciembre de 2013	9329	989	824	85	48	80	24	16	11395
sábado, 07 de diciembre de 2013	9420	1003	876	87	47	80	28	13	11554
domingo, 08 de diciembre de 2013	9301	978	832	86	45	83	21	12	11358
lunes, 09 de diciembre de 2013	9330	990	854	85	48	82	26	15	11430
martes, 10 de diciembre de 2013	9342	994	843	84	46	81	23	16	11429
miércoles, 11 de diciembre de 2013	9337	991	846	80	47	80	25	14	11420
jueves, 12 de diciembre de 2013	9332	990	835	82	48	89	23	15	11414
Total general	65391	6935	5910	589	329	575	170	101	80000
IMDA	9342	991	844	84	47	82	24	14	11429

Tabla N° 02: CÁLCULO DEL IMDA AV. LA MARINA

ESTACIÓN AV. LA MARINA
 FECHA DICIEMBRE 2013
 SENTIDO AMBOS
 REFERENCIA

Datos									
FECHA	Suma de AUTOS	Suma de C. RURAL.	Suma de MICROS	Suma de BUS 2E	Suma de BUS 3E	Suma de CAMION 2E	Suma de CAMION 3E	Suma de CAMION>=4E	Suma de TOTAL
viernes, 06 de diciembre de 2013	15736	2460	1401	718	357	250	163	147	21085
sábado, 07 de diciembre de 2013	15103	2445	1410	721	360	267	165	150	20471
domingo, 08 de diciembre de 2013	15437	2498	1489	702	349	256	153	138	20884
lunes, 09 de diciembre de 2013	15587	2489	1403	725	358	255	159	145	20976
martes, 10 de diciembre de 2013	15634	2476	1401	717	361	252	161	144	21002
miércoles, 11 de diciembre de 2013	15943	2306	1400	719	360	255	160	148	21143
jueves, 12 de diciembre de 2013	15824	2385	1403	723	357	254	158	145	21104
Total general	109264	17059	9907	5025	2502	1789	1119	1017	146665
IMDA	15609	2437	1415	718	357	256	160	145	21097

Tabla N° 03: CÁLCULO DEL IMDA AV. AMÉRICA SUR (LADO OESTE)

ESTACIÓN AV. AMÉRICA SUR (LADO OESTE)
 FECHA DICIEMBRE 2013
 SENTIDO AMBOS
 REFERENCIA GRIFO

Datos									
FECHA	Suma de AUTOS	Suma de C. RURAL.	Suma de MICROS	Suma de BUS 2E	Suma de BUS 3E	Suma de CAMION 2E	Suma de CAMION 3E	Suma de CAMION >=4E	Suma de TOTAL
viernes, 06 de diciembre de 2013	14720	2060	1353	382	214	118	80	92	19019
sábado, 07 de diciembre de 2013	14889	2045	1384	391	212	119	91	94	19225
domingo, 08 de diciembre de 2013	14720	2013	1348	379	211	123	89	98	18981
lunes, 09 de diciembre de 2013	14745	2024	1378	381	214	125	91	91	19049
martes, 10 de diciembre de 2013	14731	2021	1367	383	215	119	86	92	19014
miércoles, 11 de diciembre de 2013	14736	2018	1356	383	217	117	88	99	19014
jueves, 12 de diciembre de 2013	14723	2023	1369	385	215	116	87	91	19009
Total general	103264	14204	9555	2684	1498	837	612	657	133311
IMDA	14752	2029	1365	383	214	120	87	94	19044

Tabla N° 04: CÁLCULO DEL IMDA AV. AMÉRICA SUR (LADO ESTE)

ESTACIÓN AV. AMÉRICA SUR (LADO ESTE)
FECHA DICIEMBRE 2013
SENTIDO AMBOS
REFERENCIA LUNA ROTA

Datos									
FECHA	Suma de AUTOS	Suma de C. RURAL.	Suma de MICROS	Suma de BUS 2E	Suma de BUS 3E	Suma de CAMION 2E	Suma de CAMION 3E	Suma de CAMION >=4E	Suma de TOTAL
viernes, 06 de diciembre de 2013	13123	2061	1334	345	293	152	109	95	17512
sábado, 07 de diciembre de 2013	13324	2054	1343	351	297	156	89	96	17710
domingo, 08 de diciembre de 2013	13065	2045	1324	341	231	149	108	90	17353
lunes, 09 de diciembre de 2013	13089	2067	1310	348	235	163	109	95	17416
martes, 10 de diciembre de 2013	13091	2052	1329	349	236	162	119	95	17433
miércoles, 11 de diciembre de 2013	13098	2017	1336	345	235	161	118	94	17404
jueves, 12 de diciembre de 2013	13103	2043	1336	347	234	162	110	94	17429
Total general	91893	14339	9312	2426	1761	1105	762	659	122257
IMDA	13128	2048	1330	347	252	158	109	94	17465

7. PERIODO DE DISEÑO

Se define como el tiempo elegido al iniciar el diseño, para el cual se determinan las características del pavimento, evaluando su comportamiento para distintas alternativas a largo plazo, con el fin de satisfacer las exigencias del servicio durante el periodo de diseño elegido, a un costo razonable.

Figura N° 04: Periodos de diseño recomendados por la AASHTO en función del tipo de Carretera

Tipo de Carretera	Periodo de Diseño (Años)
Urbana de tránsito elevado.	30 – 50
Interurbana de tránsito elevado	20 – 50
Pavimentada de baja intensidad de tránsito	15 – 25
De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava	10 – 20

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

El tráfico futuro estará compuesto por el tráfico normal que es el que existe en la actualidad más su proyección y el tráfico inducido o generado.

a) Tráfico Normal

Él tráfico normal es el descrito en los acápites resultados de los Conteos Vehiculares, que corresponden al volumen y clasificación vehicular de los Conteos clasificados efectuados en Diciembre del año 2013.

Tabla N° 05: Tasas promedio de crecimiento anual del tráfico

Tipo de Vehículo	2004/2005	2005/2010	2010-2015	2015-2020	2020-2028
vehículos ligeros	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
Transporte Publico	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
Transporte de carga	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3

Aplicando las indicadas tasas de crecimiento se obtuvo la siguiente proyección del tráfico normal:

Tabla N° 06: Proyección del tráfico normal Av. Moche

TRAFICO
NORMAL
ESTACION

AV. MOCHE

Años	Ligeros	C. RURAL.	MICROS	BUS 2E	BUS 3E	CAMION 2E	CAMION 3E	CAMION>=4E	Total
Tasa 2005 – 2010	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%
Tasa 2010 – 2015	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%
Tasa 2015 – 2035	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%
2,013	9,342	991	844	84	47	82	24	14	11,429
2,014	9,743	1,033	881	88	49	86	25	15	11,920
2,015	10,162	1,078	918	92	51	89	26	16	12,433
2,016	10,599	1,124	958	95	53	93	28	16	12,967
2,017	11,055	1,172	999	100	56	97	29	17	13,525
2,018	11,530	1,223	1,042	104	58	101	30	18	14,106
2,019	12,026	1,275	1,087	108	61	106	31	19	14,713
2,020	12,543	1,330	1,134	113	63	110	33	19	15,346
2,021	13,083	1,387	1,182	118	66	115	34	20	16,005
2,022	13,645	1,447	1,233	123	69	120	35	21	16,694
2,023	14,232	1,509	1,286	128	72	125	37	22	17,411
2,024	14,844	1,574	1,342	134	75	131	39	23	18,160
2,025	15,482	1,642	1,399	139	78	136	40	24	18,941
2,026	16,148	1,713	1,459	145	81	142	42	25	19,755
2,027	16,842	1,786	1,522	152	85	148	44	26	20,605
2,028	17,566	1,863	1,588	158	88	154	46	27	21,491
2,029	18,322	1,943	1,656	165	92	161	48	28	22,415
2,030	19,110	2,027	1,727	172	96	168	50	30	23,379
2,031	19,931	2,114	1,801	180	100	175	52	31	24,384
2,032	20,788	2,205	1,879	187	105	183	54	32	25,433
2,033	21,682	2,300	1,960	195	109	191	56	33	26,526

Tabla N° 07: Proyección del tráfico normal Av. La Marina

**TRAFICO
NORMAL
ESTACION**

**AV. LA
MARINA**

Años	Ligeros	C. RURAL.	MICROS	BUS 2E	BUS 3E	CAMION 2E	CAMION 3E	CAMION>=4E	Total
<i>Tasa 2005 - 2010</i>	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%
<i>Tasa 2010 - 2015</i>	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%
<i>Tasa 2015 - 2035</i>	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%
2,013	15,609	2,437	1,415	718	357	256	160	145	21,097
2,014	16,280	2,542	1,476	749	373	267	167	152	22,005
2,015	16,980	2,651	1,540	781	389	278	174	158	22,951
2,016	17,711	2,765	1,606	814	406	290	181	165	23,938
2,017	18,472	2,884	1,675	850	423	302	189	172	24,967
2,018	19,266	3,008	1,747	886	441	315	197	179	26,041
2,019	20,095	3,137	1,822	924	460	329	206	187	27,160
2,020	20,959	3,272	1,900	964	480	343	215	195	28,328
2,021	21,860	3,413	1,982	1,005	501	358	224	203	29,546
2,022	22,800	3,560	2,067	1,049	522	373	234	212	30,817
2,023	23,781	3,713	2,156	1,094	545	389	244	221	32,142
2,024	24,803	3,872	2,249	1,141	568	406	254	231	33,524
2,025	25,870	4,039	2,346	1,190	592	424	265	241	34,966
2,026	26,982	4,213	2,446	1,241	618	442	276	251	36,469
2,027	28,142	4,394	2,552	1,294	644	461	288	262	38,037
2,028	29,352	4,583	2,661	1,350	672	481	301	273	39,673
2,029	30,615	4,780	2,776	1,408	701	501	314	285	41,379
2,030	31,931	4,985	2,895	1,468	731	523	327	297	43,158
2,031	33,304	5,200	3,020	1,532	763	545	341	310	45,014
2,032	34,736	5,423	3,150	1,597	795	569	356	323	46,950
2,033	36,230	5,656	3,285	1,666	830	593	371	337	48,968

Tabla N° 08: Proyección del tráfico normal Av. América Sur (lado oeste)

**TRAFICO
NORMAL
ESTACION**

**AV. AMÉRICA SUR
(LADO OESTE)**

Años	Ligeros	C. RURAL.	MICROS	BUS 2E	BUS 3E	CAMION 2E	CAMION 3E	CAMION>=4E	Total
Tasa 2005 - 2010	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%
Tasa 2010 - 2015	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%
Tasa 2015 - 2035	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%
2,013	14,752	2,029	1,365	383	214	120	87	94	19,044
2,014	15,386	2,116	1,424	400	223	125	91	98	19,863
2,015	16,048	2,207	1,485	417	233	130	95	102	20,717
2,016	16,738	2,302	1,549	435	243	136	99	106	21,608
2,017	17,458	2,401	1,615	454	253	142	103	111	22,537
2,018	18,208	2,505	1,685	473	264	148	108	116	23,507
2,019	18,991	2,612	1,757	494	275	154	113	121	24,517
2,020	19,808	2,725	1,833	515	287	161	117	126	25,572
2,021	20,660	2,842	1,912	537	300	167	122	131	26,671
2,022	21,548	2,964	1,994	560	313	175	128	137	27,818
2,023	22,475	3,091	2,080	584	326	182	133	143	29,014
2,024	23,441	3,224	2,169	609	340	190	139	149	30,262
2,025	24,449	3,363	2,262	635	355	198	145	156	31,563
2,026	25,500	3,508	2,360	663	370	207	151	162	32,920
2,027	26,597	3,658	2,461	691	386	216	158	169	34,336
2,028	27,741	3,816	2,567	721	402	225	164	176	35,812
2,029	28,933	3,980	2,677	752	420	235	171	184	37,352
2,030	30,178	4,151	2,792	784	438	245	179	192	38,958
2,031	31,475	4,329	2,912	818	457	255	187	200	40,634
2,032	32,829	4,516	3,038	853	476	266	195	209	42,381
2,033	34,240	4,710	3,168	890	497	278	203	218	44,203

Tabla N° 09: Proyección del tráfico normal Av. América Sur (lado este)

**TRAFICO
NORMAL
ESTACION**

**AV. AMÉRICA SUR
(LADO ESTE)**

Años	Ligeros	C. RURAL.	MICROS	BUS 2E	BUS 3E	CAMION 2E	CAMION 3E	CAMION>=4E	Total
Tasa 2005 - 2010	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%
Tasa 2010 - 2015	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%
Tasa 2015 - 2035	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%	4.30%
2,013	13,128	2,048	1,330	347	252	158	109	94	17,465
2,014	13,692	2,137	1,387	361	262	165	114	98	18,216
2,015	14,281	2,228	1,447	377	274	172	118	102	19,000
2,016	14,895	2,324	1,509	393	285	179	124	107	19,817
2,017	15,535	2,424	1,574	410	298	187	129	111	20,669
2,018	16,203	2,528	1,642	428	311	195	134	116	21,557
2,019	16,900	2,637	1,713	446	324	203	140	121	22,484
2,020	17,627	2,750	1,786	465	338	212	146	126	23,451
2,021	18,385	2,869	1,863	485	352	221	152	132	24,460
2,022	19,175	2,992	1,943	506	367	231	159	138	25,511
2,023	20,000	3,121	2,027	528	383	240	166	143	26,608
2,024	20,860	3,255	2,114	551	400	251	173	150	27,753
2,025	21,757	3,395	2,205	574	417	262	180	156	28,946
2,026	22,692	3,541	2,300	599	435	273	188	163	30,191
2,027	23,668	3,693	2,398	625	454	285	196	170	31,489
2,028	24,686	3,852	2,502	652	473	297	205	177	32,843
2,029	25,747	4,018	2,609	680	493	310	214	185	34,255
2,030	26,855	4,190	2,721	709	515	323	223	193	35,728
2,031	28,009	4,371	2,838	739	537	337	232	201	37,264
2,032	29,214	4,559	2,960	771	560	351	242	210	38,867
2,033	30,470	4,755	3,088	804	584	366	253	219	40,538

b) Tráfico Generado

El tráfico generado o inducido corresponde a aquel que no existe en la situación sin proyecto, pero que aparecerá como consecuencia de una mejor infraestructura. En este caso, con una superficie de rodadura pavimentada. A continuación se presenta el cuadro de tráfico generado para la situación con proyecto con un aumento de 10% sobre el tráfico normal.

Tabla N° 10: Proyección del tráfico generado Av. Moche

**TRAFICO GENERADO
ESTACION AV. MOCHE**

Años	Ligeros	C. RURAL.	MICROS	BUS 2E	BUS 3E	CAMION 2E	CAMION 3E	CAMION >=4E	Total
2,013	934	99	84	8	5	8	2	1	1,143
2,014	9k74	103	88	9	5	9	3	2	1,192
2,015	1,016	108	92	9	5	9	3	2	1,243
2,016	1,060	112	96	10	5	9	3	2	1,297
2,017	1,105	117	100	10	6	10	3	2	1,352
2,018	1,153	122	104	10	6	10	3	2	1,411
2,019	1,203	128	109	11	6	11	3	2	1,471
2,020	1,254	133	113	11	6	11	3	2	1,535
2,021	1,308	139	118	12	7	12	3	2	1,601
2,022	1,365	145	123	12	7	12	4	2	1,669
2,023	1,423	151	129	13	7	13	4	2	1,741
2,024	1,484	157	134	13	7	13	4	2	1,816
2,025	1,548	164	140	14	8	14	4	2	1,894
2,026	1,615	171	146	15	8	14	4	2	1,976
2,027	1,684	179	152	15	8	15	4	3	2,060
2,028	1,757	186	159	16	9	15	5	3	2,149
2,029	1,832	194	166	17	9	16	5	3	2,242
2,030	1,911	203	173	17	10	17	5	3	2,338
2,031	1,993	211	180	18	10	18	5	3	2,438
2,032	2,079	220	188	19	10	18	5	3	2,543
2,033	2,168	230	196	20	11	19	6	3	2,653

Tabla N° 11: Proyección del tráfico generado Av. La Marina

TRAFICO GENERADO

ESTACION AV. LA MARINA

Años	Ligeros	C. RURAL.	MICROS	BUS 2E	BUS 3E	CAMION 2E	CAMION 3E	CAMION>=4E	Total
2,013	1,561	244	142	72	36	26	16	15	2,110
2,014	1,628	254	148	75	37	27	17	15	2,200
2,015	1,698	265	154	78	39	28	17	16	2,295
2,016	1,771	277	161	81	41	29	18	16	2,394
2,017	1,847	288	167	85	42	30	19	17	2,497
2,018	1,927	301	175	89	44	32	20	18	2,604
2,019	2,009	314	182	92	46	33	21	19	2,716
2,020	2,096	327	190	96	48	34	21	20	2,833
2,021	2,186	341	198	101	50	36	22	20	2,955
2,022	2,280	356	207	105	52	37	23	21	3,082
2,023	2,378	371	216	109	54	39	24	22	3,214
2,024	2,480	387	225	114	57	41	25	23	3,352
2,025	2,587	404	235	119	59	42	26	24	3,497
2,026	2,698	421	245	124	62	44	28	25	3,647
2,027	2,814	439	255	129	64	46	29	26	3,804
2,028	2,935	458	266	135	67	48	30	27	3,967
2,029	3,061	478	278	141	70	50	31	28	4,138
2,030	3,193	499	290	147	73	52	33	30	4,316
2,031	3,330	520	302	153	76	55	34	31	4,501
2,032	3,474	542	315	160	80	57	36	32	4,695
2,033	3,623	566	328	167	83	59	37	34	4,897

Tabla N° 12: Proyección del tráfico generado Av. América Sur (lado oeste)

TRAFICO GENERADO

**ESTACION AV. AMÉRICA SUR
(LADO OESTE)**

Años	Ligeros	C. RURAL.	MICROS	BUS 2E	BUS 3E	CAMION 2E	CAMION 3E	CAMION>=4E	Total
2,013	1,475	203	137	38	21	12	9	9	1,904
2,014	1,539	212	142	40	22	12	9	10	1,986
2,015	1,605	221	148	42	23	13	10	10	2,072
2,016	1,674	230	155	44	24	14	10	11	2,161
2,017	1,746	240	162	45	25	14	10	11	2,254
2,018	1,821	250	168	47	26	15	11	12	2,351
2,019	1,899	261	176	49	28	15	11	12	2,452
2,020	1,981	272	183	51	29	16	12	13	2,557
2,021	2,066	284	191	54	30	17	12	13	2,667
2,022	2,155	296	199	56	31	17	13	14	2,782
2,023	2,247	309	208	58	33	18	13	14	2,901
2,024	2,344	322	217	61	34	19	14	15	3,026
2,025	2,445	336	226	64	35	20	14	16	3,156
2,026	2,550	351	236	66	37	21	15	16	3,292
2,027	2,660	366	246	69	39	22	16	17	3,434
2,028	2,774	382	257	72	40	22	16	18	3,581
2,029	2,893	398	268	75	42	23	17	18	3,735
2,030	3,018	415	279	78	44	24	18	19	3,896
2,031	3,148	433	291	82	46	26	19	20	4,063
2,032	3,283	452	304	85	48	27	19	21	4,238
2,033	3,424	471	317	89	50	28	20	22	4,420

Tabla N° 13: Proyección del tráfico generado Av. América Sur (lado este)

TRAFICO GENERADO

**ESTACION AV. AMÉRICA SUR
(LADO ESTE)**

Años	Ligeros	C. RURAL.	MICROS	BUS 2E	BUS 3E	CAMION 2E	CAMION 3E	CAMION>=4E	Total
2,013	1,313	205	133	35	25	16	11	9	1,747
2,014	1,369	214	139	36	26	16	11	10	1,822
2,015	1,428	223	145	38	27	17	12	10	1,900
2,016	1,489	232	151	39	29	18	12	11	1,982
2,017	1,554	242	157	41	30	19	13	11	2,067
2,018	1,620	253	164	43	31	19	13	12	2,156
2,019	1,690	264	171	45	32	20	14	12	2,248
2,020	1,763	275	179	47	34	21	15	13	2,345
2,021	1,838	287	186	49	35	22	15	13	2,446
2,022	1,918	299	194	51	37	23	16	14	2,551
2,023	2,000	312	203	53	38	24	17	14	2,661
2,024	2,086	325	211	55	40	25	17	15	2,775
2,025	2,176	339	220	57	42	26	18	16	2,895
2,026	2,269	354	230	60	43	27	19	16	3,019
2,027	2,367	369	240	62	45	28	20	17	3,149
2,028	2,469	385	250	65	47	30	20	18	3,284
2,029	2,575	402	261	68	49	31	21	18	3,426
2,030	2,685	419	272	71	51	32	22	19	3,573
2,031	2,801	437	284	74	54	34	23	20	3,726
2,032	2,921	456	296	77	56	35	24	21	3,887
2,033	3,047	475	309	80	58	37	25	22	4,054

El tráfico total que circulará por el tramo en estudio, durante el periodo de servicio de 20 años, será el que resulte de la sumatoria del tráfico normal más el tráfico generado o inducido. A continuación se presenta los cuadros de tráfico total proyectado.

Tabla N° 14: Proyección del tráfico normal + generado Av. Moche

**TRAFICO NORMAL +
GENERADO**

**ESTACION AV.
MOCHE**

Años	Ligeros	C. RURAL.	MICROS	BUS 2E	BUS 3E	CAMION 2E	CAMION 3E	CAMION>=4E	Total
2,013	10,276	1,090	929	93	52	90	27	16	12,571
2,014	10,718	1,137	969	97	54	94	28	17	13,112
2,015	11,178	1,186	1,010	101	56	98	29	17	13,676
2,016	11,659	1,236	1,054	105	59	103	30	18	14,264
2,017	12,160	1,290	1,099	110	61	107	32	19	14,877
2,018	12,683	1,345	1,146	114	64	112	33	20	15,517
2,019	13,229	1,403	1,196	119	67	116	34	20	16,184
2,020	13,798	1,463	1,247	124	69	121	36	21	16,880
2,021	14,391	1,526	1,301	130	72	127	37	22	17,606
2,022	15,010	1,592	1,357	135	76	132	39	23	18,363
2,023	15,655	1,660	1,415	141	79	138	41	24	19,153
2,024	16,328	1,732	1,476	147	82	144	42	25	19,976
2,025	17,030	1,806	1,539	153	86	150	44	26	20,835
2,026	17,763	1,884	1,605	160	89	156	46	27	21,731
2,027	18,526	1,965	1,674	167	93	163	48	29	22,665
2,028	19,323	2,049	1,746	174	97	170	50	30	23,640
2,029	20,154	2,137	1,822	182	101	177	52	31	24,657
2,030	21,021	2,229	1,900	189	106	185	55	32	25,717
2,031	21,925	2,325	1,982	197	110	193	57	34	26,823
2,032	22,867	2,425	2,067	206	115	201	59	35	27,976
2,033	23,851	2,529	2,156	215	120	210	62	37	29,179

Tabla N° 15: Proyección del tráfico normal + generado Av. La Marina

**TRAFICO NORMAL +
GENERADO
ESTACION AV. LA
MARINA**

Años	Ligeros	C. RURAL.	MICROS	BUS 2E	BUS 3E	CAMION 2E	CAMION 3E	CAMION>=4E	Total
2,013	17,170	2,681	1,557	790	393	281	176	160	23,207
2,014	17,908	2,796	1,624	824	410	293	183	167	24,205
2,015	18,678	2,916	1,694	859	428	306	191	174	25,246
2,016	19,482	3,042	1,766	896	446	319	200	181	26,331
2,017	20,319	3,172	1,842	934	465	333	208	189	27,464
2,018	21,193	3,309	1,922	975	485	347	217	197	28,645
2,019	22,104	3,451	2,004	1,017	506	362	226	206	29,876
2,020	23,055	3,599	2,090	1,060	528	377	236	215	31,161
2,021	24,046	3,754	2,180	1,106	551	394	246	224	32,501
2,022	25,080	3,916	2,274	1,153	574	411	257	233	33,899
2,023	26,159	4,084	2,372	1,203	599	428	268	243	35,356
2,024	27,283	4,260	2,474	1,255	625	447	279	254	36,876
2,025	28,457	4,443	2,580	1,309	652	466	291	265	38,462
2,026	29,680	4,634	2,691	1,365	680	486	304	276	40,116
2,027	30,957	4,833	2,807	1,424	709	507	317	288	41,841
2,028	32,288	5,041	2,928	1,485	739	529	331	301	43,640
2,029	33,676	5,258	3,053	1,549	771	551	345	313	45,517
2,030	35,124	5,484	3,185	1,615	804	575	360	327	47,474
2,031	36,634	5,720	3,322	1,685	839	600	375	341	49,515
2,032	38,210	5,966	3,464	1,757	875	626	391	356	51,644
2,033	39,853	6,222	3,613	1,833	913	653	408	371	53,865

Tabla N° 16: Proyección del tráfico normal + generado Av. América Sur (lado oeste)

**TRAFICO NORMAL +
GENERADO**

**ESTACION AV. AMÉRICA SUR
(LADO OESTE)**

Años	Ligeros	C. RURAL.	MICROS	BUS 2E	BUS 3E	CAMION 2E	CAMION 3E	CAMION>=4E	Total
2,013	16,227	2,232	1,502	422	235	132	96	103	20,949
2,014	16,925	2,328	1,566	440	246	137	100	108	21,850
2,015	17,653	2,428	1,633	459	256	143	105	112	22,789
2,016	18,412	2,533	1,704	479	267	149	109	117	23,769
2,017	19,204	2,641	1,777	499	279	156	114	122	24,791
2,018	20,029	2,755	1,853	521	291	162	119	127	25,857
2,019	20,891	2,873	1,933	543	303	169	124	133	26,969
2,020	21,789	2,997	2,016	566	316	177	129	139	28,129
2,021	22,726	3,126	2,103	591	330	184	135	145	29,338
2,022	23,703	3,260	2,193	616	344	192	140	151	30,600
2,023	24,722	3,401	2,288	643	359	200	147	157	31,916
2,024	25,785	3,547	2,386	670	374	209	153	164	33,288
2,025	26,894	3,699	2,488	699	390	218	159	171	34,719
2,026	28,050	3,858	2,596	729	407	227	166	178	36,212
2,027	29,257	4,024	2,707	760	424	237	173	186	37,769
2,028	30,515	4,197	2,824	793	443	247	181	194	39,394
2,029	31,827	4,378	2,945	827	462	258	189	202	41,087
2,030	33,195	4,566	3,072	863	482	269	197	211	42,854
2,031	34,623	4,762	3,204	900	502	281	205	220	44,697
2,032	36,111	4,967	3,341	939	524	293	214	230	46,619
2,033	37,664	5,181	3,485	979	546	305	223	240	48,624

Tabla N° 17: Proyección del tráfico normal + generado Av. América Sur (lado este)

**TRAFICO NORMAL +
GENERADO
ESTACION AV. AMÉRICA SUR
(LADO ESTE)**

Años	Ligeros	C. RURAL.	MICROS	BUS 2E	BUS 3E	CAMION 2E	CAMION 3E	CAMION>=4E	Total
2,013	14,440	2,253	1,463	381	277	174	120	104	19,212
2,014	15,061	2,350	1,526	398	289	181	125	108	20,038
2,015	15,709	2,451	1,592	415	301	189	130	113	20,900
2,016	16,384	2,557	1,660	433	314	197	136	117	21,798
2,017	17,089	2,667	1,732	451	327	205	142	123	22,736
2,018	17,824	2,781	1,806	471	342	214	148	128	23,713
2,019	18,590	2,901	1,884	491	356	224	154	133	24,733
2,020	19,390	3,026	1,965	512	372	233	161	139	25,796
2,021	20,223	3,156	2,049	534	388	243	168	145	26,906
2,022	21,093	3,291	2,137	557	404	254	175	151	28,063
2,023	22,000	3,433	2,229	581	422	265	182	158	29,269
2,024	22,946	3,580	2,325	606	440	276	190	165	30,528
2,025	23,933	3,734	2,425	632	459	288	198	172	31,841
2,026	24,962	3,895	2,529	659	478	300	207	179	33,210
2,027	26,035	4,063	2,638	687	499	313	216	187	34,638
2,028	27,154	4,237	2,752	717	520	327	225	195	36,127
2,029	28,322	4,419	2,870	748	543	341	235	203	37,681
2,030	29,540	4,609	2,993	780	566	355	245	212	39,301
2,031	30,810	4,808	3,122	813	590	370	255	221	40,991
2,032	32,135	5,014	3,256	848	616	386	266	230	42,753
2,033	33,517	5,230	3,396	885	642	403	278	240	44,592

8. CARGAS EN EL PAVIMENTO Y NÚMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES

En base a los criterios de AASHTO y a las cargas legales por eje, el volumen de tránsito fue transformado a ejes equivalentes, determinando el Número de Repeticiones de EE para 20 años.

Los parámetros de cálculo que se han utilizado son los siguientes:

a. Factor de distribución direccional:

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

En este caso se adoptó un factor de distribución direccional igual 1.0 respectivamente.

b. Factor de distribución carril:

La vía tiene unos variados carriles por sentido o dirección de circulación en el estudio en mención, en tal sentido se adopta, según la norma AASHTO, para determinar el factor de distribución carril.

Figura N° 05: Factor de distribución carril







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

c. Factores de ejes equivalentes:

El efecto del tránsito se mide en la unidad definida, por AASHTO, como Ejes Equivalentes (EE) acumulados durante el periodo de diseño tomado en el análisis. AASHTO definió como un EE, al efecto de deterioro causado sobre el pavimento por un eje simple de dos ruedas convencionales cargado con 8.2 tn de peso, con neumáticos a la presión de 80 lbs/pulg². Los Ejes Equivalentes (EE) son factores de equivalencia que representan el factor destructivo de las distintas cargas, por tipo de eje que conforman cada tipo de vehículo pesado, sobre la estructura del pavimento.

Los factores de ejes equivalentes se obtuvieron aplicando las fórmulas simplificadas respecto a las cargas máximas que tendrían los diferentes tipos de camiones.

Figura N° 06: Configuración de ejes

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

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

Figura N° 07: Relación de cargas por eje para determinar Ejes Equivalentes (EE) para pavimentos flexibles

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})	$EE_{TA2} = [P / 15.1]^{4.0}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE_{TR1})	$EE_{TR1} = [P / 20.7]^{3.9}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE_{TR2})	$EE_{TR2} = [P / 21.8]^{3.9}$
P = peso real por eje en toneladas	

Tabla N° 18: Factores de Ejes Equivalentes

IMD 2013							
Estación MOCHE	Tipo de Vehículo						TOTAL
	MICROS	BUS 2E	BUS 3E	CAMION 2E	CAMION 3E	CAMION>=4E	
EJE DELANTERO	7	7	7	7	7	7	
PESO DE EJES	10	10	15	10	16	16	
						23	
IMD 2013	844	84	47	82	24	14	1096
Porcentaje	77%	8%	4%	7%	2%	1%	99%
Factores EE	3.477	3.477	2.321	3.477	2.526	3.758	
Estación LA MARINA	Tipo de Vehículo						TOTAL
	MICROS	BUS 2E	BUS 3E	CAMION 2E	CAMION 3E	CAMION>=4E	
EJE DELANTERO	7	7	7	7	7	7	
PESO DE EJES	10	10	15	10	16	16	
						23	
IMD 2013	1415	718	357	256	160	145	3051
Porcentaje	46%	24%	12%	8%	5%	5%	100%
Factores EE	3.477	3.477	2.321	3.477	2.526	3.758	
Estación AMERICA SUR O	Tipo de Vehículo						TOTAL
	MICROS	BUS 2E	BUS 3E	CAMION 2E	CAMION 3E	CAMION>=4E	
EJE DELANTERO	7	7	7	7	7	7	
PESO DE EJES	10	10	15	10	16	16	
						23	
IMD 2013	1365	383	214	120	87	94	2263
Porcentaje	60%	17%	10%	5%	4%	4%	100%
Factores EE	3.477	3.477	2.321	3.477	2.526	3.758	
Estación AMERICA SUR E	Tipo de Vehículo						TOTAL
	MICROS	BUS 2E	BUS 3E	CAMION 2E	CAMION 3E	CAMION>=4E	
EJE DELANTERO	7	7	7	7	7	7	
PESO DE EJES	10	10	15	10	16	16	
						23	
IMD 2013	1365	383	214	120	87	94	2263
Porcentaje	60%	17%	10%	5%	4%	4%	100%
Factores EE	3.477	3.477	2.321	3.477	2.526	3.758	

d. Factor de presión de neumáticos:

Otro de los factores a ser considerados en la determinación del Número de Repeticiones de EE es el efecto de la presión de contacto de los neumáticos. Para el presente caso, se consideró un factor igual a 1.0, teniendo en cuenta que el tramo se ubica en una zona llana donde la altitud promedio es del orden de los 35 msnm.

e. Determinación del Número de Repeticiones de EE 8.2t

Con los factores anteriormente indicados se determinó el número de Ejes Equivalentes por día para el carril de diseño, aplicando la siguiente ecuación:

$$\mathbf{EED-carril = IMD (tipo de vehículo) \times Factor de carga \times Factor presión llantas \times Factor Direccional \times Factor Carril}$$

Luego se calculó el Número de Repeticiones de EE 8.2 mediante la ecuación:

$$\mathbf{Nrep-año = EED-carril \times 365}$$

En los siguientes cuadros se presentan los datos y el Número de Repeticiones de EE de 8.2 t calculada para las estaciones.

Tabla N° 19: Número de Repeticiones de EE 8.2t

ESTACION AV. MOCHE										
SECTOR	PARAMETROS	Ligeros	C. RURAL.	MICROS	BUS 2E	BUS 3E	CAMION 2E	CAMION 3E	CAMION>=4E	Total
	N° de direcciones	1	1	1	1	1	1	1	1	
	N°carrilesxdirección	3	3	3	3	3	3	3	3	
	F. Direccional	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
	F.carril	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	
	F. Carga	0.0001	0.0001	3.4772	3.4772	2.3205	3.4772	2.5260	3.7584	
	F. Pres. llantas	1	1	1	1	1	1	1	1	
	2,013	450	24	707,214	70,482	26,274	68,807	14,778	13,064	9.011E+05
	2,014	469	25	737,624	73,513	27,403	71,765	15,413	13,625	9.398E+05
	2,015	490	26	769,342	76,674	28,582	74,851	16,076	14,211	9.803E+05
	2,016	511	27	802,424	79,971	29,811	78,070	16,767	14,822	1.022E+06
	2,017	533	28	836,928	83,410	31,093	81,427	17,488	15,460	1.066E+06
	2,018	556	29	872,916	86,996	32,430	84,928	18,240	16,124	1.112E+06
	2,019	579	31	910,451	90,737	33,824	88,580	19,025	16,818	1.160E+06
	2,020	604	32	949,601	94,639	35,279	92,389	19,843	17,541	1.210E+06
	2,021	630	33	990,434	98,708	36,796	96,362	20,696	18,295	1.262E+06
	2,022	657	35	1,033,022	102,953	38,378	100,506	21,586	19,082	1.316E+06
	2,023	686	36	1,077,442	107,380	40,028	104,827	22,514	19,902	1.373E+06
	2,024	715	38	1,123,772	111,997	41,749	109,335	23,482	20,758	1.432E+06
	2,025	746	40	1,172,095	116,813	43,544	114,036	24,492	21,651	1.493E+06
	2,026	778	41	1,222,495	121,836	45,417	118,940	25,545	22,582	1.558E+06
	2,027	811	43	1,275,062	127,075	47,370	124,054	26,644	23,553	1.625E+06
	2,028	846	45	1,329,890	132,539	49,407	129,389	27,789	24,565	1.694E+06
	2,029	883	47	1,387,075	138,238	51,531	134,952	28,984	25,622	1.767E+06
	2,030	921	49	1,446,719	144,182	53,747	140,755	30,231	26,723	1.843E+06
	2,031	960	51	1,508,928	150,382	56,058	146,808	31,530	27,873	1.923E+06
	2,032	1,002	53	1,573,812	156,849	58,469	153,120	32,886	29,071	2.005E+06
	2,033	1,045	55	1,641,486	163,593	60,983	159,705	34,300	30,321	2.091E+06
TOTAL NÚMERO REPETICIONES EE		1.487E+04	7.886E+02	2.337E+07	2.329E+06	8.682E+05	2.274E+06	4.883E+05	4.317E+05	2.978E+07

ESTACION AV. LA MARINA										
SECTOR	PARAMETROS	Ligeros	C. RURAL.	MICROS	BUS 2E	BUS 3E	CAMION 2E	CAMION 3E	CAMION>=4E	Total
	Nº de direcciones	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Nº carriles x dirección	3	3	3	3	3	3	3	3	
	F. Direccional	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
	F. carril	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	
	F. Carga	0.0001	0.0001	3.4772	3.4772	2.3205	3.4772	2.5260	3.7584	
	F. Pres. llantas	1	1	1	1	1	1	1	1	
	2,013	376	59	1,185,511	601,312	199,808	214,079	97,273	131,540	2.430E+06
	2,014	392	61	1,236,488	627,168	208,400	223,284	101,456	137,197	2.534E+06
	2,015	409	64	1,289,657	654,136	217,361	232,885	105,819	143,096	2.643E+06
	2,016	427	67	1,345,112	682,264	226,707	242,900	110,369	149,249	2.757E+06
	2,017	445	69	1,402,952	711,601	236,456	253,344	115,115	155,667	2.876E+06
	2,018	464	72	1,463,279	742,200	246,623	264,238	120,065	162,361	2.999E+06
	2,019	484	76	1,526,200	774,115	257,228	275,600	125,228	169,342	3.128E+06
	2,020	505	79	1,591,827	807,402	268,289	287,451	130,612	176,624	3.263E+06
	2,021	527	82	1,660,275	842,120	279,825	299,811	136,229	184,219	3.403E+06
	2,022	549	86	1,731,667	878,331	291,858	312,703	142,086	192,140	3.549E+06
	2,023	573	89	1,806,129	916,099	304,408	326,150	148,196	200,402	3.702E+06
	2,024	598	93	1,883,792	955,492	317,497	340,174	154,569	209,019	3.861E+06
	2,025	623	97	1,964,795	996,578	331,150	354,802	161,215	218,007	4.027E+06
	2,026	650	101	2,049,282	1,039,431	345,389	370,058	168,147	227,382	4.200E+06
	2,027	678	106	2,137,401	1,084,126	360,241	385,971	175,378	237,159	4.381E+06
	2,028	707	110	2,229,309	1,130,744	375,731	402,567	182,919	247,357	4.569E+06
	2,029	738	115	2,325,169	1,179,366	391,888	419,878	190,784	257,993	4.766E+06
	2,030	769	120	2,425,152	1,230,078	408,739	437,932	198,988	269,087	4.971E+06
	2,031	802	125	2,529,433	1,282,972	426,315	456,763	207,545	280,658	5.185E+06
	2,032	837	131	2,638,199	1,338,140	444,646	476,404	216,469	292,726	5.408E+06
	2,033	873	136	2,751,641	1,395,680	463,766	496,890	225,777	305,313	5.640E+06
TOTAL NÚMERO REPETICIONES EE		1.243E+04	1.940E+03	3.917E+07	1.987E+07	6.602E+06	7.074E+06	3.214E+06	4.347E+06	8.029E+07

ESTACION AV. AMÉRICA SUR (LADO OESTE)										
SECTOR	PARAMETROS	Ligeros	C. RURAL.	MICROS	BUS 2E	BUS 3E	CAMION 2E	CAMION 3E	CAMION>=4E	Total
	Nº de direcciones	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Nºcarrilesxdirección	3	3	3	3	3	3	3	3	
	F. Direccional	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
	F.carril	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	
	F. Carga	0.0001	0.0001	4.5676	4.5676	3.2846	4.5676	3.2846	6.5868	
	F. Pres. llantas	1	1	1	1	1	1	1	1	
	2,013	355	49	1,501,963	421,901	169,329	131,569	69,178	148,929	2.443E+06
	2,014	371	51	1,566,547	440,043	176,610	137,227	72,153	155,333	2.548E+06
	2,015	387	53	1,633,909	458,965	184,204	143,127	75,256	162,013	2.658E+06
	2,016	403	55	1,704,167	478,701	192,125	149,282	78,492	168,979	2.772E+06
	2,017	421	58	1,777,446	499,285	200,386	155,701	81,867	176,245	2.891E+06
	2,018	439	60	1,853,876	520,754	209,003	162,396	85,387	183,824	3.016E+06
	2,019	458	63	1,933,593	543,146	217,990	169,379	89,059	191,728	3.145E+06
	2,020	477	66	2,016,738	566,502	227,363	176,662	92,888	199,973	3.281E+06
	2,021	498	68	2,103,457	590,861	237,140	184,259	96,882	208,572	3.422E+06
	2,022	519	71	2,193,906	616,268	247,337	192,182	101,048	217,540	3.569E+06
	2,023	541	74	2,288,244	642,768	257,973	200,446	105,393	226,894	3.722E+06
	2,024	565	78	2,386,638	670,407	269,065	209,065	109,925	236,651	3.882E+06
	2,025	589	81	2,489,264	699,234	280,635	218,055	114,652	246,827	4.049E+06
	2,026	614	84	2,596,302	729,301	292,703	227,431	119,582	257,440	4.223E+06
	2,027	641	88	2,707,943	760,661	305,289	237,211	124,724	268,510	4.405E+06
	2,028	668	92	2,824,385	793,370	318,416	247,411	130,087	280,056	4.594E+06
	2,029	697	96	2,945,833	827,485	332,108	258,049	135,681	292,099	4.792E+06
	2,030	727	100	3,072,504	863,067	346,389	269,146	141,515	304,659	4.998E+06
	2,031	758	104	3,204,622	900,178	361,283	280,719	147,600	317,759	5.213E+06
	2,032	791	109	3,342,420	938,886	376,819	292,790	153,947	331,423	5.437E+06
	2,033	825	113	3,486,145	979,258	393,022	305,380	160,567	345,674	5.671E+06
TOTAL NÚMERO REPETICIONES EE		1.174E+04	1.615E+03	4.963E+07	1.394E+07	5.595E+06	4.347E+06	2.286E+06	4.921E+06	8.073E+07

ESTACION		AV. AMÉRICA SUR (LADO ESTE)								
SECTOR	PARAMETROS	Ligeros	C. RURAL.	MICROS	BUS 2E	BUS 3E	CAMION 2E	CAMION 3E	CAMION>=4E	Total
	Nº de direcciones	1	1	1	1	1	1	1	1	
	Nº carriles x dirección	3	3	3	3	3	3	3	3	
	F. Direccional	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
	F. carril	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	
	F. Carga	0.0001	0.0001	4.5676	4.5676	3.2846	4.5676	3.2846	6.5868	
	F. Pres. llantas	1	1	1	1	1	1	1	1	
	2,013	316	49	1,463,765	381,346	199,057	173,696	86,134	149,383	2.454E+06
	2,014	330	51	1,526,707	397,744	207,617	181,165	89,838	155,806	2.559E+06
	2,015	344	54	1,592,356	414,847	216,544	188,955	93,701	162,506	2.669E+06
	2,016	359	56	1,660,827	432,685	225,856	197,081	97,730	169,494	2.784E+06
	2,017	374	58	1,732,243	451,291	235,567	205,555	101,932	176,782	2.904E+06
	2,018	390	61	1,806,729	470,696	245,697	214,394	106,315	184,384	3.029E+06
	2,019	407	64	1,884,418	490,936	256,262	223,613	110,887	192,312	3.159E+06
	2,020	425	66	1,965,448	512,047	267,281	233,228	115,655	200,582	3.295E+06
	2,021	443	69	2,049,963	534,065	278,774	243,257	120,628	209,207	3.436E+06
	2,022	462	72	2,138,111	557,029	290,761	253,717	125,815	218,202	3.584E+06
	2,023	482	75	2,230,050	580,982	303,264	264,627	131,225	227,585	3.738E+06
	2,024	503	78	2,325,942	605,964	316,305	276,006	136,868	237,371	3.899E+06
	2,025	524	82	2,425,958	632,020	329,906	287,874	142,753	247,578	4.067E+06
	2,026	547	85	2,530,274	659,197	344,092	300,253	148,891	258,224	4.242E+06
	2,027	570	89	2,639,076	687,543	358,887	313,163	155,294	269,328	4.424E+06
	2,028	595	93	2,752,556	717,107	374,320	326,630	161,971	280,909	4.614E+06
	2,029	620	97	2,870,916	747,943	390,415	340,675	168,936	292,988	4.813E+06
	2,030	647	101	2,994,365	780,104	407,203	355,324	176,200	305,586	5.020E+06
	2,031	675	105	3,123,123	813,649	424,713	370,603	183,777	318,727	5.235E+06
	2,032	704	110	3,257,417	848,635	442,976	386,538	191,679	332,432	5.460E+06
	2,033	734	115	3,397,486	885,127	462,024	403,160	199,922	346,726	5.695E+06
TOTAL NUMERO REPETICIONES EE		1.045E+04	1.631E+03	4.837E+07	1.260E+07	6.578E+06	5.740E+06	2.846E+06	4.936E+06	8.108E+07

CAPITULO III

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

1. GENERALIDADES

El presente estudio se ha llevado a cabo con la finalidad de determinar las características físicas – mecánicas del perfil del suelo dentro de la profundidad activa y a partir de ellas, los parámetros necesarios para el Diseño estructural del pavimento flexible del Óvalo Grau – Trujillo – La Libertad.

El programa de exploración de campo llevado a cabo consistió en la ejecución de 4 calicatas excavadas en forma manual hasta 1.50 m de profundidad con respecto a la superficie actual del terreno.

El perfil del suelo registrado en las calicatas está conformado por estratos intercalados de suelos finos:

- Arena arcillosa
- Arcilla de mediana plasticidad

2. TRABAJOS EFECTUADOS

2.1. Exploración de campo

En las calicatas se realizó un perfil minucioso, el cual incluyó el registro cuidadoso de las características de los suelos que conforman cada estrato del perfil del suelo, las cuales debidamente protegidas e identificadas fueron analizadas.

2.2. Ensayos de laboratorio

En el laboratorio se verificó la clasificación de todas las muestras obtenidas y se escogieron muestras representativas para ejecutar con ellas los siguientes ensayos:

- Contenido de Humedad ASTM D- 2216
- Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D- 422
- Gravedad específica de los sólidos ASTM D- 854
- Límites de Atterberg
- Proctor Modificado ASTM D- 1557
- CBR (California Bearing Ratio) ASTM D- 1883

Los ensayos de laboratorio fueron realizados de acuerdo con las normas ASTM respectivas y con los resultados obtenidos se procedió efectuar una comparación con las características de los suelos obtenidos en el campo y las compatibilizaciones correspondientes en los casos en que fue necesario para obtener los perfiles de suelos definitivos, que son los que se presentan.

3. CARÁCTERÍSTICAS DEL SUBSUELO

3.1. Perfil del Suelo

El perfil del suelo registrado en las calicatas hasta 1.50 m de profundidad, está conformado por estratos de suelos finos:

- Arena arcillosa.
- Arcilla de mediana plasticidad.

3.2. Nivel Freático

En las calicatas efectuadas no se detectó el nivel de la napa freática.

4. EVALUCACIÓN GENERAL

- **Informe de la obra existente:**

De acuerdo a la inspección ocular y trabajos de campo realizados (cuatro calicatas ubicadas en lugares estratégicos, a lo largo de todo el recorrido de la obra vial) en la misma vía de acceso, observamos lo siguiente:

- a) Se puede ver según la inspección durante el recorrido del tramo en estudio que los materiales circundantes a la zona actual está conformado e por material grueso y fino que son arena arcillosa y arcilla.
- b) Se realizaron ensayos estándar de campo y laboratorio, con fines de identificación y clasificación. Realizados dichos ensayos y de acuerdo a las calicatas (distribuidos en diversos tramos de la carretera), obtenemos lo siguiente:
 1. El presente estudio permite conocer a nivel preliminar las características físicas y mecánicas del suelo, suelo donde se pretende hacer el Diseño Estructural del Pavimento Flexible, así como verificar las condiciones actuales existentes de campo de la Sub Rasante, del referido proyecto.
 2. Según la clasificación de los suelos que conforman el material base de la superficie actual de la carretera, las que alcanzaron una profundidad de 1.50 m., realizada a través de las calicatas pozos a cielo abierto, se puede constatar la presencia de los siguientes materiales:

Tabla N° 20: Clasificación de suelos a través de calicatas

CALICATA - 01	CALICATA - 02	CALICATA - 03	CALICATA - 04
SC : Arena - Arcillosa.	SC : Arena - Arcillosa.	SC : Arena - Arcillosa.	CL : Arcilla de mediana plasticidad.

3. Realizada la investigación de campo y laboratorio concluimos con lo siguiente:

Tabla N° 21: Cuadro resumen de la caracterización del suelo

CUADRO RESUMEN DE LA CARACTERIZACIÓN DE SUELO																		
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES-UPAO																		
NOMBRE DEL PROYECTO: "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL ANILLO VIAL DEL ÓVALO GRAU - TRUJILLO - LA LIBERTAD".																		
UBICACIÓN: ÓVALO GRAU- TRUJILLO - LA LIBERTAD.																		
Muestra de calicata N°	Humedad a la Profundidad		L.L. %	I.P. %	Granulometría % pasa				Peso específico	Índice de grupo	Clasificación		Compactación				CBR (%)	Descripción
	%	Mts.			No.4	No.10	No.40	No.200			AASTHO	SUCS	Proctor Mod. (g/cm ³)	Humedad óptimo %	Dens. Terr. (g/cm ³)	% de compactación		
C-1	10.06	-1.50	17.45	7.56	99.83	98.42	89.33	45.92	2.67	(2)	A-4	SC	1.84	9.07	-	-	15	Arena arcillosa
C-2	6.89	-1.50	21.00	9.09	96.07	94.00	74.00	45.32	2.69	(2)	A-4	SC	1.80	9.02	-	-	14	Arena arcillosa
C-3	5.77	-1.50	17.83	7.02	100.00	99.17	93.00	46.50	2.68	(2)	A-4	SC	1.85	9.10	-	-	14	Arena arcillosa
C-4	10.02	-1.50	18.72	8.24	98.92	97.67	90.92	55.75	2.70	(4)	A-4	CL	1.75	10.10	-	-	8.20	Arcilla de media plasticidad

CAPITULO IV

DISEÑO DEL PAVIMENTO

1. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

Para el diseño estructural del pavimento de éste estudio en particular, se diseñará una estructura de pavimento por el Método AASHTO 1993. Estos métodos se basan en la resistencia a la fatiga y deformación.

En lo que respecta al método de diseño propuesto por la AASTHO, se ha tomado la información proveniente de la Guide for Paviment Structures, edición 1993, que se basa en el valor de CBR (California Bearing Ratio) de la subrasante, número de ejes equivalentes, para determinar el número estructural de diseño. Este método proporciona una expresión analítica que para efectos de cálculos computarizados la solución matemática es sumamente útil. La evolución del método, establece las complementaciones siguientes:

- Se introduce el coeficiente de drenaje como parámetro de caracterización de la base granular para fines del Número Estructural. Indirectamente se mide la influencia del agua en la capacidad estructural del pavimento.
- Se introduce el concepto de “pérdida de servicio”.
- El valor soporte de la subrasante “S”, se reemplaza por el módulo resiliente MR.
- Se introduce el parámetro de confiabilidad.

2. MÓDULO DE RESILENCIA (M_r)

El Módulo de Resilencia es una medida de la rigidez del suelo de subrasante, el cual para su cálculo se empleará la ecuación, que correlaciona con el CBR, recomendada por el MEPDG (Mechanistic Empirical Pavement Design Guide):

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

Reemplazando se obtuvo:

$$M_r (\text{psi}) = 2555 \times 8.20^{0.642}$$

$$M_r (\text{psi}) = 9822.72$$

3. NIVEL DE CONFIANZA O CONFIABILIDAD (% R)

Esta probabilidad está en función de la variabilidad de los factores que influyen sobre la estructura del pavimento y su comportamiento; sin embargo, solicitaciones diferentes a las esperadas, como por ejemplo, calidad de la construcción, condiciones climáticas extraordinarias, crecimiento excepcional del tráfico pesado mayor a lo previsto y otros factores, pueden reducir la vida útil prevista de un pavimento.

En consecuencia, a mayor nivel de confiabilidad se incrementará el espesor de la estructura del pavimento a diseñar.

Para este caso comprende una arteria principal urbana, cuya confiabilidad varía entre 80 – 99, en el cual le estimamos un valor de 95 % de confiabilidad.

Figura N° 08: Valores del nivel de confianza “R” de acuerdo al tipo de camino.

Tipo de camino	Zonas urbanas	Zonas rurales
Autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Carreteras de primer orden	80 – 99	75 – 95
Carreteras secundarias	80 – 95	75 – 95
Caminos vecinales	50 – 80	50 – 80

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

4. DESVIACIÓN ESTÁNDAR (S_o)

La Desviación Estándar es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento. La Guía AASTHO recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores de S_o comprendidos entre 0.40 y 0.50.

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

5. DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Z_r)

La Desviación Estándar Normal representa el valor de la confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución normal.

Figura N° 09: Desviación estándar normal de acuerdo al tipo de camino.

**Coefficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Z_r)
Para una sola etapa de diseño (10 ó 20 años)
Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico**

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Z_r)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T_{P0}	100,001	150,000	-0.385
	T_{P1}	150,001	300,000	-0.524
	T_{P2}	300,001	500,000	-0.674
	T_{P3}	500,001	750,000	-0.842
	T_{P4}	750,001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	T_{P5}	1,000,001	1,500,000	-1.036
	T_{P6}	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T_{P7}	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T_{P8}	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T_{P9}	7,500,001	10'000,000	-1.282
	T_{P10}	10'000,001	12'500,000	-1.282
	T_{P11}	12'500,001	15'000,000	-1.282
	T_{P12}	15'000,001	20'000,000	-1.645
	T_{P13}	20'000,001	25'000,000	-1.645
	T_{P14}	25'000,001	30'000,000	-1.645
	T_{P15}		>30'000,000	-1.645

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

6. ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD (*PSI*)

El Índice de Serviabilidad es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica y por el contrario un valor de 0 refleja el peor. Cuando la condición de la vía decrece por deterioro, el PSI también decrece.

Figura N° 10: Clasificación de Índice de serviabilidad

Índice de Serviabilidad (<i>PSI</i>)	Calificación
5 – 4	Muy buena
4 – 3	Buena
3 – 2	Regular
2 – 1	Mala
1 – 0	Muy mala

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Antes de diseñar el pavimento se deben elegir los índices de servicio inicial y final.

El índice de servicio inicial p_0 depende del diseño y la calidad de la construcción. En los pavimentos flexibles nuevos estudiados por la AASTHO alcanzó un valor medio de $p_0=4.2$.

Figura N° 11: Clasificación de Índice de serviciabilidad inicial

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P1}	150,001	300,000	3.80
	T _{P2}	300,001	500,000	3.80
	T _{P3}	500,001	750,000	3.80
	T _{P4}	750 001	1,000,000	3.80
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	4.00
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	4.00
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	4.00
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	4.00
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	4.00
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	4.00
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	4.00
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	4.20
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	4.20
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	4.20
	T _{P15}	>30'000,000		4.20

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

El índice de servicio final p_t representa el índice más bajo capaz de ser tolerado por el pavimento, antes de que sea imprescindible de rehabilitación mediante un refuerzo o una reconstrucción. Se sugiere para carreteras de mayor tránsito un valor de $p_t \geq 2.5$.

Figura N° 11: Clasificación de Índice de serviciabilidad final

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (P _t)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P1}	150,001	300,000	2.00
	T _{P2}	300,001	500,000	2.00
	T _{P3}	500,001	750,000	2.00
	T _{P4}	750,001	1,000,000	2.00
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	2.50
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	2.50
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	2.50
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	2.50
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	2.50
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	2.50
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	2.50
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	3.00
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	3.00
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	3.00

Fuente: Elaboracion Propia, en base a datos de la Guia AASHTO' 93

7. PÉRDIDA O DISMINUCIÓN DEL ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD (ΔPSI)

(ΔPSI) es la diferencia entre la Serviciabilidad Inicial y Terminal asumida para el proyecto en desarrollo.

$$\Delta PSI = p_o - p_r$$

donde:

PSI = Índice de Servicio Presente

ΔPSI = Diferencia entre los índices de servicio inicial y el final deseado

p_o = Índice de servicio inicial

p_r = Índice de servicio final

8. COEFICIENTE DE DRENAJE (Cd)

Es el porcentaje del tiempo anual en que la estructura del pavimento está expuesta a niveles cercanos a la saturación.

El valor de este coeficiente depende de dos parámetros:

- La capacidad de drenaje, que se determina de acuerdo al tiempo que tarda el agua en ser evacuada del pavimento.
- El porcentaje de tiempo durante el cual el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación.

Figura N° 12: Clasificación del drenaje

Calidad del Drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser Evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	Agua no drena

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

Figura N° 13: Valores para modificar los Coeficientes Estructurales

Tabla IV.7. Valores m_i para modificar los Coeficientes Estructurales o de Capa de Bases y Sub-bases sin tratamiento, en pavimentos flexibles

Capacidad de Drenaje	% de tiempo en el que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación.			
	Menos del 1 %	1 a 5 %	5 a 25 %	Más del 25 %
Excelente	1,40 – 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Bueno	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Regular	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Malo	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Muy malo	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

9. NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO (SN)

Es un número abstracto, que se expresa la resistencia estructural de un pavimento requerido, para una combinación dada de soporte del suelo de subrasante, del tránsito, de la serviciabilidad terminal y de las condiciones ambientales.

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

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

Donde:

a_1, a_2, a_3 = coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

d_1, d_2, d_3 = espesores (en centímetros) de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

m_2, m_3 = coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase, respectivamente

Ecuación AASTHO 93

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
95 % Zr=-1.645 So = 0.45

Serviciabilidad inicial y final
PSI inicial 4.2 PSI final 2.5

Módulo resiliente de la subrasante
Mr 9822.72 psi

Información adicional para pavimentos rígidos
Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)
Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)
Coeficiente de transmisión de carga - (J)
Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis
 Calcular SN Calcular W18

W18 = 8230000

Número Estructural
SN = 4.65

Calcular Salir

M_R = Módulo de resiliencia efectivo de la subrasante

SN = Número estructural

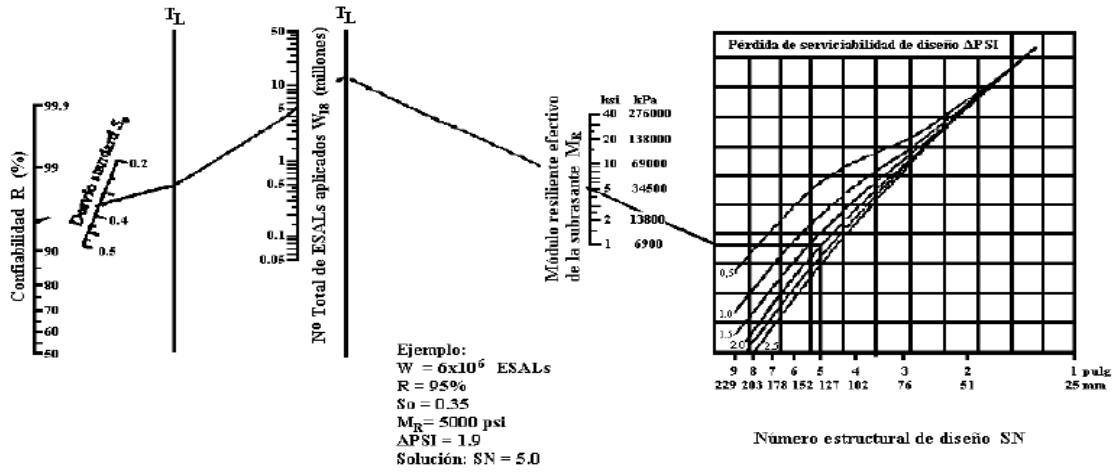


Figura IV.2. Ábaco de diseño AASHTO para pavimentos flexibles.
 Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

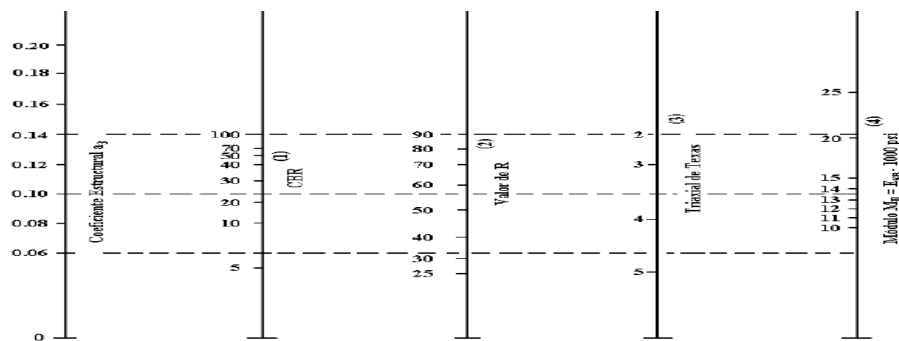
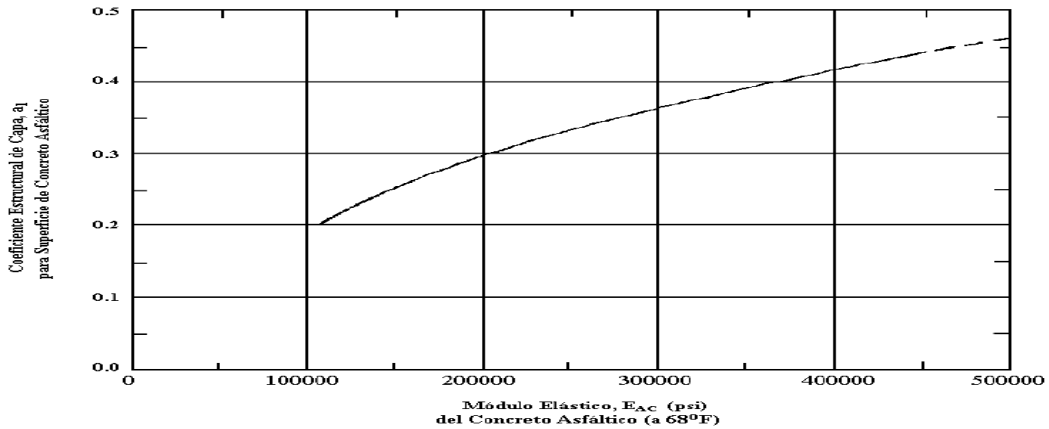


Figura IV.5. Ábaco para estimar el número estructural de la sub-base granular " a_3 ".
 Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993



Figura N° 14: Espesores mínimos en función de los Ejes Equivalentes

Espesores Mínimos, en pulgadas, en Función de los Ejes Equivalentes

Tránsito (ESAL's) En Ejes Equivalentes	Carpetas De Concreto Asfáltico	Bases Granulares
Menos de 50,000	1,0 ó T.S.	4,0
50,001 – 150,000	2,0	4,0
150,001 – 500,000	2,5	4,0
500,001 – 2'000,000	3,0	6,0
2'000,001 – 7'000,000	3,5	6,0
Mayor de 7'000,000	4,0	6,0

T.S. = Tratamiento superficial

Fuente: AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993.

CAPITULO V

RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

- Según la clasificación de los suelos que conforman el material base de la superficie actual de la carretera, las que alcanzaron una profundidad de 1.50 m., realizada a través de las calicatas pozos a cielo abierto, se puede constatar la presencia de los siguientes materiales de la zona de estudio:

CALICATA - 01	CALICATA - 02	CALICATA - 03	CALICATA - 04
SC : Arena - Arcillosa.	SC : Arena - Arcillosa.	SC : Arena - Arcillosa.	CL : Arcilla de mediana plasticidad.

- ESAL DE DISEÑO: 8023000
- PERIODO DE DISEÑO: 20 años.
- CBR: 8.20
- SERVICIABILIDAD INICIAL: 4.2
- SERVICIABILIDAD FINAL: 2.5
- FACTOR DE CONFIABILIDAD: 95%
- STANDARD NORMAL DEVIATE: -1.645
- OVERALL STANDARD DEVIATION: 0.45
- NÚMERO ESTRUCTURAL : 4.65
- COEFICIENTES ESTRUCTURALES:

a. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA

Concreto Asfáltico (a1)

0.44

Base granular (a2)

0.14

Subbase (a3)

0.11

b. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA

Base granular (m2)

1.20

Subbase (m3)

1.20

ALTERNATIVA	SNreq	SNresul	D1(cm)	D2(cm)	D3(cm)
1	4.65	5.02	10	35	25
2	4.65	5.35	10	35	30
3	4.65	5.28	10	40	30
4	4.65	5.61	10	30	30

Comentarios: Se recomienda la segunda alternativa, con una estructura de pavimento:

HMA= 10

Base= 35

Subbase= 30

La subrasante debe ser nivelada y compactada al 95% de las relaciones densidad y humedad controladas.

CAPITULO VI

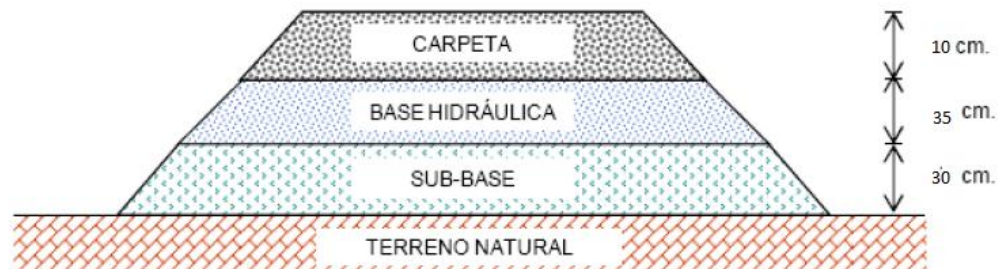
DISCUCIÓN

- El conteo del tráfico se tomó en 7 días calendarios y tomó como periodo de diseño 20 años, lo cual nos dio como resultado un ESAL de 8.02×10^6 y esto es factible ya que se tomó en cuenta el factor de crecimiento real.
- El Estudio de Mecánica de Suelos se realizó haciendo calicatas, por la similitud que se encontró en las muestras extraídas lo cual nos dio como material predominante una Arena Arcillosa y Arcilla de mediana plasticidad el cual nos dio como resultado un CBR de Diseño de 8.20 %, este valor es relativamente bajo por el alto porcentaje de finos que se tiene en la muestra.
- El diseño del pavimento se realizó con los Métodos de AASTHO.
- La culminación del presente trabajo: “Diseño Estructural del Pavimento Flexible para el anillo vial del Óvalo Grau – Trujillo – La Libertad”, sirve de base para realizar los trabajos de construcción del anillo vial, ya que esto le compete a los Organismos Públicos.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

- El Diseño de la Estructura del Pavimento Flexible, del presente proyecto, obedece a parámetros del comportamiento del lugar de emplazamiento, tomando como variables de entrada, la caracterización del tránsito, las propiedades mecánicas de los materiales y del terreno de fundación, las condiciones climáticas, las condiciones de drenaje y los niveles de serviciabilidad y confiabilidad.
- En el método AASTHO – 93, el cálculo del espesor de la estructura del pavimento, relaciona las variables, considerando principalmente los Factores de Equivalentes de ejes tipo de 80 Kn o 18 Kips o ESALs y el Módulo Resiliente de la Subrasante MR.
- El procedimiento a seguir para obtener el número estructural SN, es iterativo, de donde se obtiene el espesor de cada capa que forman en paquete estructural del pavimento. Este procedimiento tiende a obtener valores elevados del número estructural en capas superiores, obteniendo un espesor reducido en la capa sub-base, lo que implica un mayor costo en la conformación del paquete estructural.
- Concluimos indicando, que dentro del diseño del Pavimento Flexible, siguiendo las recomendaciones del método AASTHO -93 se tiene la siguiente estructura:



CAPITULO VIII

RECOMENDACIONES

- Para determinar el valor de confiabilidad se debe tener en cuenta el uso esperado del pavimento, ya que el costo del pavimento sería elevado, si el nivel de serviciabilidad no alcanza su uso esperado y será necesario realizar mantenimientos. Un nivel de confiabilidad alto implica que un pavimento se realice con mayores costos iniciales.

- Realizar más de dos ensayos de CBR de la subrasante, para la obtención de un valor medio, el mismo nos permitirá obtener un valor óptimo del Módulo Resilente MR de la subrasante.

- La ejecución del presente proyecto deberá realizarse siguiendo las consideraciones y especificaciones propuestas, para lograr un funcionamiento eficiente durante el periodo de vida de diseño.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- a) A. M. Fonseca, INGENIERIA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS Segunda Edición, Bogotá – Colombia, Año 2002
- b) Rico Rodríguez, A. y Del Castillo, H. (2000). *La ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres (Ira ed.)* México - Noriega.
- c) Manual de Suelos, Geología y Pavimentos para el diseño de pavimentos.
- d) C.E. 010 Pavimentos Urbanos.

ANEXOS

CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD (NTP 339.127)

Proyecto: "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL ANILLO VIAL DEL ÓVALO GRAU- TRUJILLO- LA LIBERTAD".

Ubicación: ÓVALO GRAU- TRUJILLO - LA LIBERTAD.

Tesista: Br. GÓMEZ VALLEJOS SUSAN JACKELIN.

Muestra: CALICATA - 01

Profundidad: 1.50 m

Muestra:	M-01	
Recipiente:	1	2
Peso Recipiente :	38.00	37.50
Peso Recipiente + Muestra Humeda:	145.00	149.50
Peso Recipiente + Muestra Seca:	135.00	139.50
Peso Agua:	10.00	10.00
Peso Seco:	97.00	102.00
W%:	10.31	9.80
W_{promedio}%:	10.06	

CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD (NTP 339.127)

Proyecto: "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL ANILLO VIAL DEL ÓVALO GRAU- TRUJILLO- LA LIBERTAD".

Ubicación: ÓVALO GRAU- TRUJILLO - LA LIBERTAD.

Tesista: Br. GÓMEZ VALLEJOS SUSAN JACKELIN.

Muestra: CALICATA - 02

Profundidad: 1.50 m

Muestra:	M-02	
Recipiente:	1	2
Peso Recipiente :	36.00	38.50
Peso Recipiente + Muestra Humeda:	156.00	159.00
Peso Recipiente + Muestra Seca:	148.50	151.00
Peso Agua:	7.50	8.00
Peso seco:	112.50	112.50
W%:	6.67	7.11
W_{promedio}%:	6.89	

CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD (NTP 339.127)

Proyecto: "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL ANILLO VIAL DEL ÓVALO GRAU- TRUJILLO- LA LIBERTAD".

Ubicación: ÓVALO GRAU- TRUJILLO - LA LIBERTAD.

Tesista: Br. GÓMEZ VALLEJOS SUSAN JACKELIN.

Muestra: CALICATA - 03

Profundidad: 1.50 m

Muestra:	M-03	
Recipiente:	1	2
Peso Recipiente :	38.50	38.50
Peso Recipiente + Muestra Humeda:	171.00	154.00
Peso Recipiente + Muestra Seca:	164.00	147.50
Peso Agua:	7.00	6.50
Peso seco:	125.50	109.00
W%:	5.58	5.96
W_{promedio}%:	5.77	

CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD (NTP 339.127)

Proyecto: "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL ANILLO VIAL DEL ÓVALO GRAU- TRUJILLO- LA LIBERTAD".

Ubicación: ÓVALO GRAU- TRUJILLO - LA LIBERTAD.

Tesista: Br. GÓMEZ VALLEJOS SUSAN JACKELIN.

Muestra: CALICATA - 04

Profundidad: 1.50 m

Muestra:	M-04	
Recipiente:	1	2
Peso Recipiente :	19.00	19.50
Peso Recipiente + Muestra Humeda:	82.50	88.00
Peso Recipiente + Muestra Seca:	76.50	82.00
Peso Agua:	6.00	6.00
Peso seco:	57.50	62.50
W%:	10.43	9.60
W_{promedio}%:	10.02	

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NTP 339.128)**

Proyecto: "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL ÓVALO GRAU-TRUJILLO- LA LIBERTAD".

Ubicación: OVALO GRAU-TRUJILLO - LA LIBERTAD.

Tesista: Br. GÓMEZ VALLEJOS SUSAN JACKELIN

Muestra: CALICATA - 01

Profundidad: - 150 m

Tamiz N°	Abert. (mm)	Pern Retenido	% Pern Ret	% Pern Ret Ac	% Que Pasa
2 1/2"	62.7000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.0000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.5000	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.0000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.0000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.7000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.5000	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.7500	1.00	0.17	0.17	99.83
N° 8	2.3800	5.50	0.92	1.08	98.92
N° 10	2.0000	3.00	0.50	1.58	98.42
N° 16	1.1900	11.00	1.83	3.42	96.58
N° 20	0.8400	10.50	1.75	5.17	94.83
N° 30	0.5900	14.00	2.33	7.50	92.50
N° 40	0.4250	19.00	3.17	10.67	89.33
N° 50	0.3000	114.00	19.00	29.67	70.33
N° 80	0.1800	132.00	22.00	51.67	48.33
N° 100	0.1500	9.00	1.50	53.17	46.83
N° 200	0.0750	5.50	0.92	54.08	45.92
Plata		275.50	45.92	100.0	0.00
Σ		600.00	100.00		

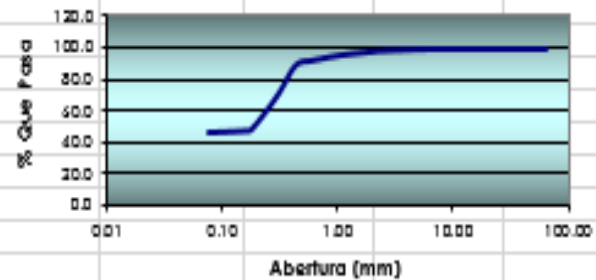
Datos de la Muestra:

P_{absorbida}: 600.00 gr
P_{tamizado}: 324.50 gr

Clasificación SUCS:

SC : Arena - Arcillosa.

Curva Granulométrica



D₁₀ =	-	C_u =	-
D₃₀ =	-	C_u =	-
D₆₀ =	-		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 339.128)

Proyecto: "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL ÓVALO GRAU-TRUJILLO-LALIBERTAD".

Ubicación: OVALO GRAU-TRUJILLO-LALIBERTAD.

Tarifa: Br. GÓMEZ VALLEJOS SUSAN JACKELIN

Muestra: CALICATA-02

Profundidad: -1.50 m

Tamiz N°	Módul. (mm)	Pasa Retenido	% Pasa Ret.	% Pas. Ret. No	% Pas. Pasa
2 1/2"	62.5000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.0000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.5000	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.0000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	18.7500	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.5000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.3750	5.00	0.05	0.05	99.95
N° 4	4.7500	15.00	2.50	2.50	97.50
N° 8	2.3600	15.00	2.47	2.51	97.49
N° 16	1.1800	9.00	0.76	0.76	99.24
N° 30	0.6000	10.50	1.75	1.75	98.25
N° 50	0.3000	15.50	2.25	2.25	97.75
N° 60	0.2500	15.00	2.47	2.50	97.50
N° 75	0.2000	15.50	2.62	2.62	97.38
N° 100	0.1500	15.50	2.25	2.25	97.75
N° 200	0.0750	11.00	1.83	1.83	98.17
Total		272.00	45.33	100.0	0.00
Σ		600.00	100.00		

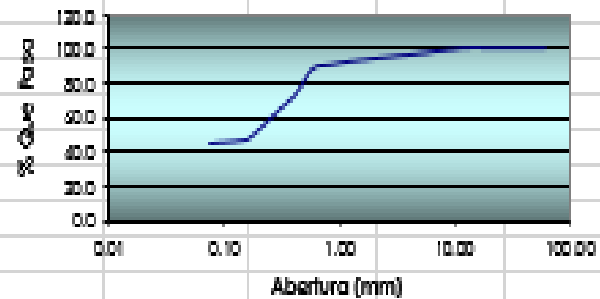
Datos de la Muestra:

Peso muestra: 600.00 gr
 P. Pasada: 328.00 gr

Clasificación SUCS:

SC : Arena Arcillosa.

Curva Granulométrica



D₁₀	-	C_u	-
D₃₀	-	C_u	-
D₆₀	-		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 339.128)

Proyecto: "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL ÓVALO GRAU- TRUJILLO- LA LIBERTAD".

Ubicación: OVALO GRAU- TRUJILLO - LA LIBERTAD.

Tesista: Br. GÓMEZ VALLEJOS SUSAN JACKELIN

Muestra: CALICATA - 03

Profundidad: - 150 m

Tamiz N°	Abert (mm)	Porc Retenid %	% Porc Ret	% Porc Ret Ac	% Que Para
2 1/2"	62.7000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.0000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.5000	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.0000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.0000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.7000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.5000	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.7500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 8	2.3800	4.00	0.67	0.67	99.33
N° 10	2.0000	1.00	0.17	0.83	99.17
N° 16	1.1900	7.00	1.17	2.00	98.00
N° 20	0.8400	7.00	1.17	3.17	96.83
N° 30	0.5900	10.00	1.67	4.83	95.17
N° 40	0.4250	13.00	2.17	7.00	93.00
N° 50	0.3000	118.50	19.75	26.75	73.25
N° 80	0.1800	136.50	22.75	49.50	50.50
N° 100	0.1500	10.00	1.67	51.17	48.83
N° 200	0.0750	14.00	2.33	53.50	46.50
Plata		229.00	38.17	100.0	0.00
Σ		600.00	91.67		

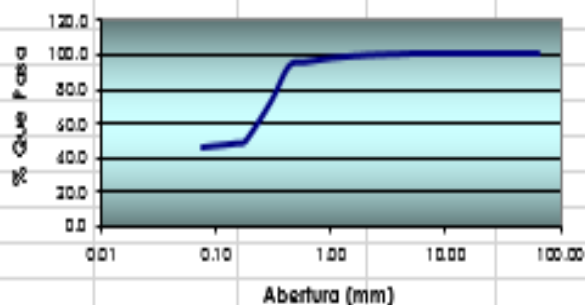
Datos de la Muestra:

$P_{\text{obtenida}} = 600.00 \text{ gr}$
 $P_{\text{tamizada}} = 321.00 \text{ gr}$

Clasificación SUCS:

SC : Arena Arcillosa.

Curva Granulométrica



$D_{10} =$	-	$C_u =$	-
$D_{30} =$	-	$C_w =$	-
$D_{60} =$	-		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 339.128)

Proyecto: "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL ÓVALO GRAU-TRUJILLO-LA LIBERTAD".

Ubicación: ÓVALO GRAU - TRUJILLO - LA LIBERTAD.

Tesista: Br. GOMEZ VALLEJOS SUSAN JACKELIN

Muestra: CALICATA - 04

Profundidad: - 150 m

Tamiz N°	Abert (mm)	Porc Retenid %	% Porc Ret	% Porc Ret Ac	% Que Para
2 1/2"	62.7000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.0000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.5000	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.0000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.0000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.7000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.5000	4.00	0.67	0.67	99.33
N°4	4.7500	2.50	0.42	1.08	98.92
N°8	2.3800	5.50	0.92	2.00	98.00
N°10	2.0000	2.00	0.33	2.33	97.67
N°16	1.1900	8.00	1.33	3.67	96.33
N°20	0.8400	8.00	1.33	5.00	95.00
N°30	0.5900	11.00	1.83	6.83	93.17
N°40	0.4250	13.50	2.25	9.08	90.92
N°50	0.3000	46.50	7.75	16.83	83.17
N°80	0.1800	104.00	17.33	34.17	65.83
N°100	0.1500	23.50	3.92	38.08	61.92
N°200	0.0750	37.00	6.17	44.25	55.75
Plata		334.50	55.75	100.0	0.00
Σ		600.00	100.00		

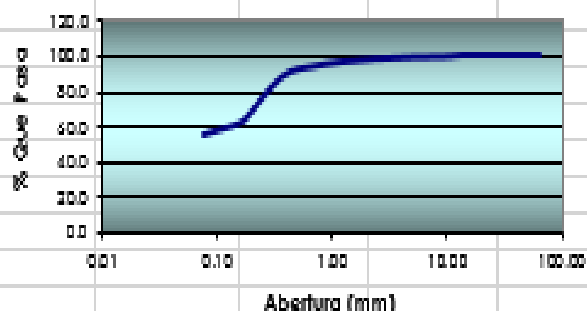
Datos de la Muestra:

P_{absorvida}: 600.00 gr
P_{tenida}: 265.50 gr

Clasificación SUCS:

CL : Arcilla de mediana plasticidad.

Curva Granulométrica



D ₁₀ =	-	C _u =	-
D ₃₀ =	-	C _u =	-
D ₆₀ =	-		

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS (NTP 339.131)

Proyecto: "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL ANILLO VIAL DEL ÓVALO GRAU- TRUJILLO- LA LIBERTAD".

Ubicación: ÓVALO GRAU- TRUJILLO - LA LIBERTAD.

Tesista: Br. GÓMEZ VALLEJOS SUSAN JACKELIN.

Muestra: CALICATA - 01

Profundidad: -1.50 m

Muestra	M-01	
Peso Inicial Muestra (gr.) =	130.0	130.0
Peso Frasco volumetrico =	172.0	136.0
Peso Frasco + Agua =	669.0	633.0
Peso Frasco + Muestra =	302.0	266.0
Peso Frasco + Muestra + Agua =	750.3	714.4
Gs =	2.669	2.675
Gs promedio=	2.67	

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS (NTP 339.131)

Proyecto: "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL ANILLO VIAL DEL ÓVALO GRAU- TRUJILLO- LA LIBERTAD".

Ubicación: ÓVALO GRAU- TRUJILLO - LA LIBERTAD.

Tesista: Br. GÓMEZ VALLEJOS SUSAN JACKELIN.

Muestra: CALICATA - 02

Profundidad: -1.50 m

Muestra	M-01	
Peso Inicial Muestra (gr.) =	170.0	175.0
Peso Frasco volumetrico =	148.0	138.0
Peso Frasco + Agua =	657.0	632.0
Peso Frasco + Muestra =	318.0	313.0
Peso Frasco + Muestra + Agua =	763.8	742.0
Gs =	2.690	2.692
Gs promedio=	2.69	

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS (NTP 339.131)

Proyecto: "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL ANILLO VIAL DEL ÓVALO GRAU- TRUJILLO- LA LIBERTAD".

Ubicación: ÓVALO GRAU- TRUJILLO - LA LIBERTAD.

Tesista: Br. GÓMEZ VALLEJOS SUSAN JACKELIN.

Muestra: CALICATA - 03

Profundidad: -1.50 m

Muestra	M-01	
Peso Inicial Muestra (gr.) =	180.0	180.0
Peso Frasco volumetrico =	153.0	168.0
Peso Frasco + Agua =	644.0	652.5
Peso Frasco + Muestra =	333.0	348.0
Peso Frasco + Muestra + Agua =	757.0	765.4
Gs =	2.687	2.683
Gs promedio=	2.68	

GRAVEDAD ESPECÍFICA DE SÓLIDOS (NTP 339.131)

Proyecto: "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL ANILLO VIAL DEL ÓVALO GRAU- TRUJILLO- LA LIBERTAD".

Ubicación: ÓVALO GRAU- TRUJILLO - LA LIBERTAD.

Tesista: Br. GÓMEZ VALLEJOS SUSAN JACKELIN.

Muestra: CALICATA - 04

Profundidad: -1.50 m

Muestra	M-01	
Peso Inicial Muestra (gr.) =	150.0	160.0
Peso Frasco volumetrico =	162.0	148.5
Peso Frasco + Agua =	639.0	645.0
Peso Frasco + Muestra =	312.0	308.0
Peso Frasco + Muestra + Agua =	733.4	745.3
Gs =	2.698	2.703
Gs promedio=	2.70	

DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL SUELO (NTP 339.129)

Proyecto: "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL ANILLO VIAL DEL ÓVALO GRAU- TRUJILLO - LA LIBERTAD".

Ubicación: ÓVALO GRAU- TRUJILLO- LA LIBERTAD.

Tesista: Br. GÓMEZ VALLEJOS SUSAN JACKELIN

Muestra: CALICATA N° 4

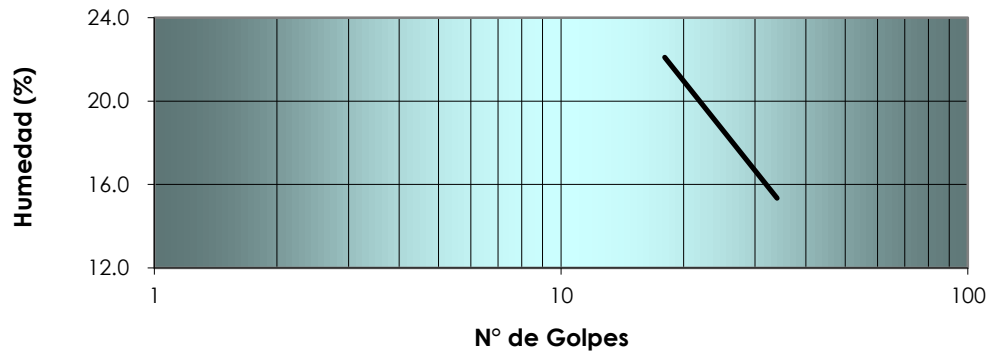
Profundidad: - 1.50 m .

LIMITE LÍQUIDO				
RECIPIENTE N°				
N° DE GOLPES	18	24	28	34
Peso Tara + Peso Muestra Humeda =	49.40	54.30	56.70	49.80
Peso Tara + Peso Muestra Seca =	47.10	51.70	53.80	48.40
PESO AGUA	2.30	2.60	2.90	1.40
PESO Tara	36.70	38.60	37.10	39.40
Peso Muestra Seca	10.40	13.10	16.70	9.00
% DE HUMEDAD	22.12	19.85	17.37	15.56

LIMITE PLÁSTICO		
	1	2
Peso Tara + Peso Muestra Humeda =	21.60	22.40
Peso Tara + Peso Muestra seca =	21.00	21.60
PESO AGUA	0.60	0.80
PESO Tara	15.40	13.80
Peso Muestra Seca	5.60	7.80
% DE HUMEDAD	10.71	10.26

Resumen	
L.L. =	18.72
L.P.=	10.49
I.P.=	8.24

Curva de Fluidez



DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL SUELO (NTP 339.129)

Proyecto: "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL ANILLO VIAL DEL ÓVALO GRAU-TRUJILLO - LA LIBERTAD".

Ubicación: ÓVALO GRAU- TRUJILLO- LA LIBERTAD.

Tesista: Br. GÓMEZ VALLEJOS SUSAN JACKELIN

Profundidad: - 1.5
m .

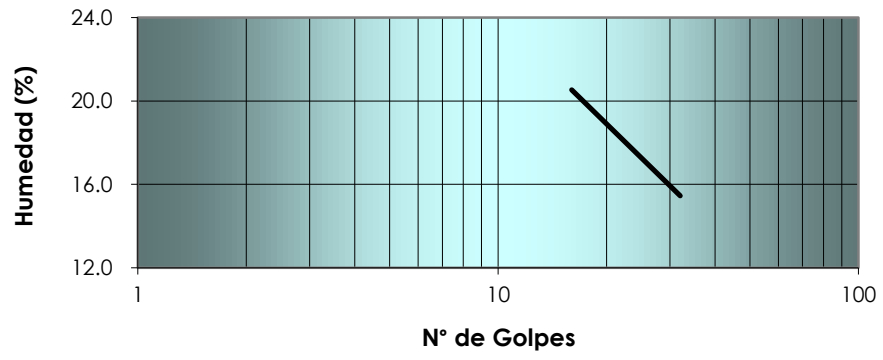
Muestra: CALICATA N° 3

LIMITE LÍQUIDO				
RECIPIENTE N°				
N° DE GOLPES	16	23	27	32
Peso Tara + Peso Muestra Humeda =	57.80	59.70	53.40	47.20
Peso Tara + Peso Muestra Seca =	54.50	56.20	50.90	45.90
PESO AGUA	3.30	3.50	2.50	1.30
PESO Tara	38.30	37.60	35.90	37.50
Peso Muestra Seca	16.20	18.60	15.00	8.40
% DE HUMEDAD	20.37	18.82	16.67	15.48

LIMITE PLÁSTICO		
	1	2
Peso Tara + Peso Muestra Humeda =	20.50	15.30
Peso Tara + Peso Muestra seca =	19.80	14.70
PESO AGUA	0.70	0.60
PESO Tara	13.60	8.90
Peso Muestra Seca	6.20	5.80
% DE HUMEDAD	11.29	10.34

Resumen	
L.L. =	17.83
L.P.=	10.82
I.P.=	7.02

Curva de Fluidez



DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DEL SUELO (NTP 339.129)

Proyecto: "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL ANILLO VIAL DEL ÓVALO GRAU- TRUJILLO - LA LIBERTAD".

Ubicación: ÓVALO GRAU- TRUJILLO- LA LIBERTAD.

Tesista: Br. GÓMEZ VALLEJOS SUSAN JACKELIN

Profundidad:

- 1.50 m.

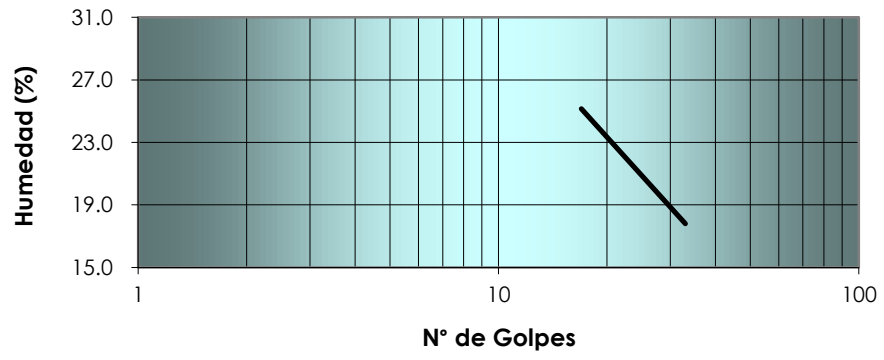
Muestra: CALICATA N° 2

LIMITE LÍQUIDO				
RECIPIENTE N°				
N° DE GOLPES	17	24	30	33
Peso Tara + Peso Muestra Humeda =	51.80	49.00	52.90	53.80
Peso Tara + Peso Muestra Seca =	49.10	47.10	50.50	51.60
PESO AGUA	2.70	1.90	2.40	2.20
PESO Tara	38.50	38.10	38.40	39.10
Peso Muestra Seca	10.60	9.00	12.10	12.50
% DE HUMEDAD	25.47	21.11	19.83	17.60

LIMITE PLÁSTICO		
	1	2
Peso Tara + Peso Muestra Humeda =	23.40	25.70
Peso Tara + Peso Muestra seca =	22.70	24.80
PESO AGUA	0.70	0.90
PESO Tara	17.00	17.00
Peso Muestra Seca	5.70	7.80
% DE HUMEDAD	12.28	11.54

Resumen	
L.L. =	21.00
L.P.=	11.91
I.P.=	9.09

Curva de Fluidez



DETERMINACIÓN DEL LIMITE LÍQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL SUELO (NTP 339.129)

Proyecto: "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL ANILLO VIAL DEL ÓVALO GRAU- TRUJILLO - LA LIBERTAD"

Ubicación: ÓVALO GRAU- TRUJILLO- LA LIBERTAD.

Tesista: Br. GÓMEZ VALLEJOS SUSAN JACKELIN

Profundidad: - 1.50
m .

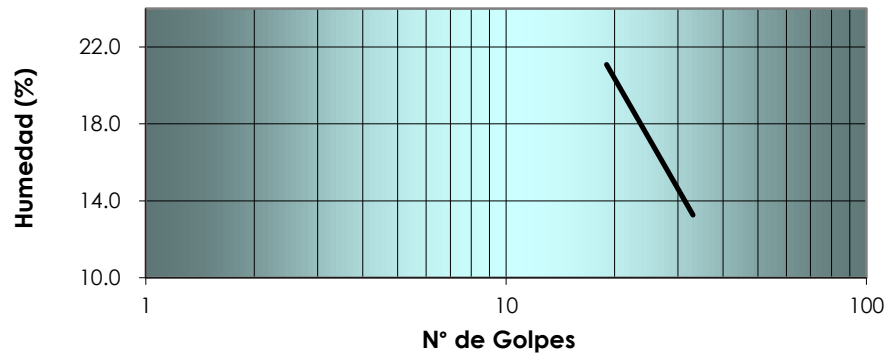
Muestra: CALICATA N° 1

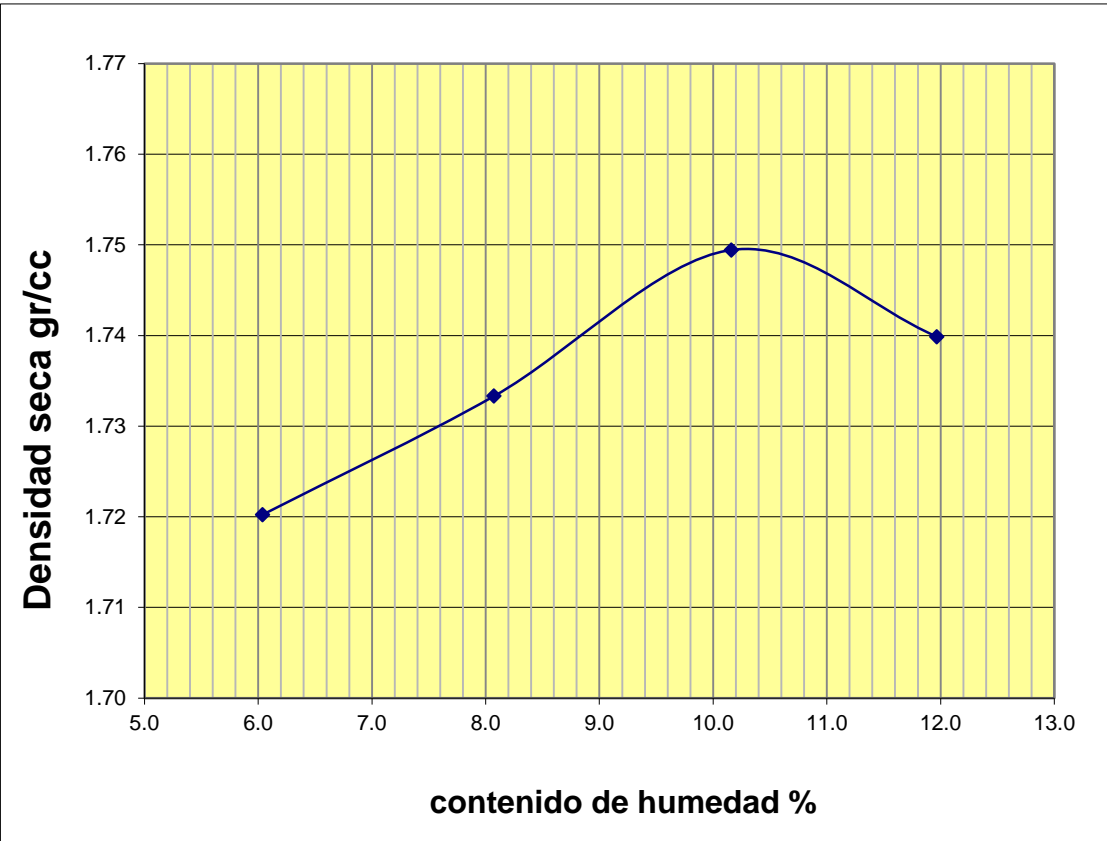
LIMITE LÍQUIDO				
RECIPIENTE N°				
N° DE GOLPES	19	23	27	33
Peso Tara + Peso Muestra Humeda =	54.40	54.10	49.30	51.30
Peso Tara + Peso Muestra Seca =	51.40	51.60	47.50	49.60
PESO AGUA	3.00	2.50	1.80	1.70
PESO Tara	37.20	38.40	36.50	36.90
Peso Muestra Seca	14.20	13.20	11.00	12.70
% DE HUMEDAD	21.13	18.94	16.36	13.39

LIMITE PLÁSTICO		
	1	2
Peso Tara + Peso Muestra Humeda =	22.80	20.90
Peso Tara + Peso Muestra seca =	22.20	20.40
PESO AGUA	0.60	0.50
PESO Tara	16.30	15.20
Peso Muestra Seca	5.90	5.20
% DE HUMEDAD	10.17	9.62

Resumen	
L.L. =	17.45
L.P.=	9.89
I.P.=	7.56

Curva de Fluidez

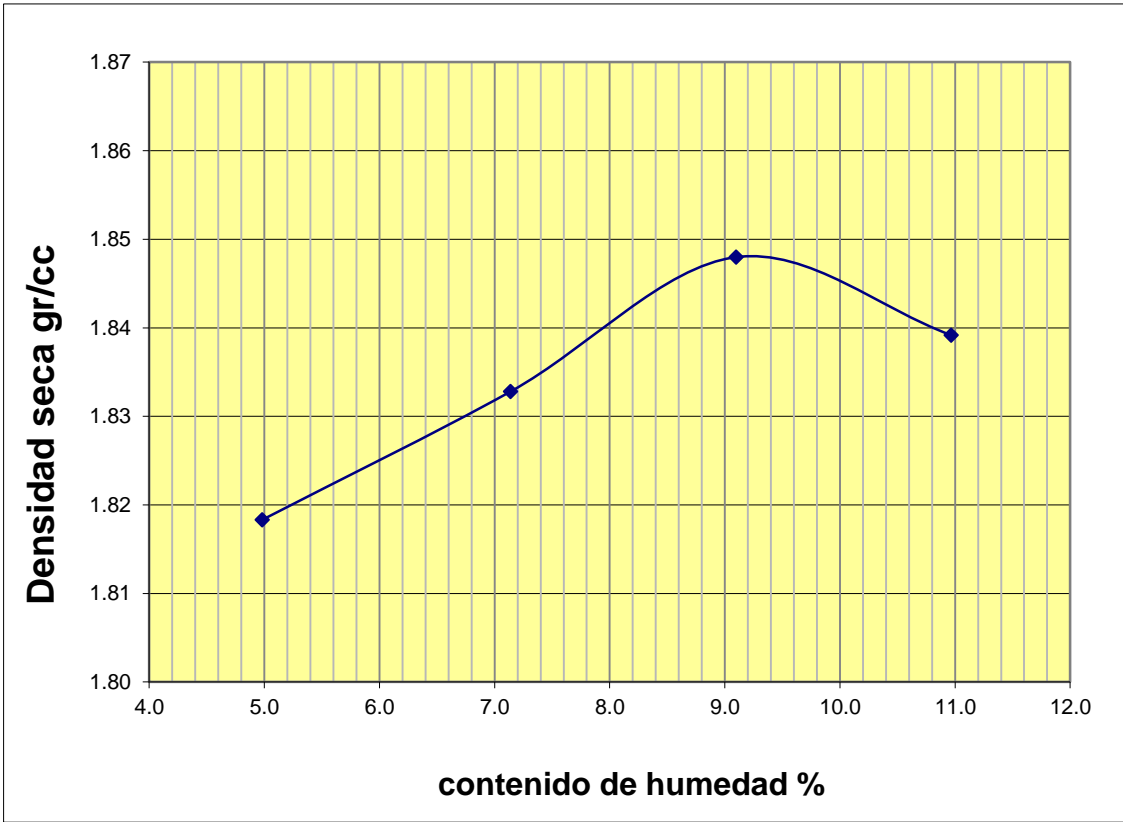




ENSAYO DE COMPACTACIÓN								
N.T.P. 339.141								
Proyecto: "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL ANILLO VIAL DEL ÓVALO GRAU-TRUJILLO- LA LIBERTAD".								
Ubicación: Óvalo Grau - Trujillo - La Libertad								
Tesista: Br. GÓMEZ VALLEJOS SUSAN JACKELIN.								
Muestra: CALICATA - 03 Profundidad: 1.50 m								
Nº DE ENSAYO	1		2		3		4	
Peso molde+Suelo Húmedo (gr)	6858.50		6974.80		7086.20		7138.80	
Peso del Molde (gr)	2804.00		2804.00		2804.00		2804.00	
Peso Suelo Húmedo (gr)	4054.50		4170.80		4282.20		4334.80	
Volúmen del molde (cc)	2124.00		2124.00		2124.00		2124.00	
Densidad Suelo humedo (gr/cc)	1.909		1.964		2.016		2.041	
Número de Tarro	1	2	3	4	5	6	7	8
Cantidad de H₂O agregada	5%		7%		9%		11%	
Peso Tarro +Suelo humedo (gr)	171.20	162.80	148.20	152.60	136.70	152.00	162.20	154.00
Peso Tarro + Suelo Seco (gr)	165.00	156.70	140.80	144.90	128.50	142.60	149.60	143.00
Peso Tarro (gr)	38.60	36.10	36.80	37.40	39.20	38.30	35.60	41.90
Peso del agua	6.20	6.10	7.40	7.70	8.20	9.40	12.60	11.00
Peso de suelo seco	126.40	120.60	104.00	107.50	89.30	104.30	114.00	101.10
Humedad (%)	4.9	5.1	7.1	7.2	9.2	9.0	11.1	10.9
Humedad promedio (%)	4.982		7.139		9.097		10.966	
Densidad Seca (gr/cc)	1.818		1.833		1.848		1.839	

METODO	C
NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES	56
DSM (gr./cm³)	1.85
OCH (%)	9.10

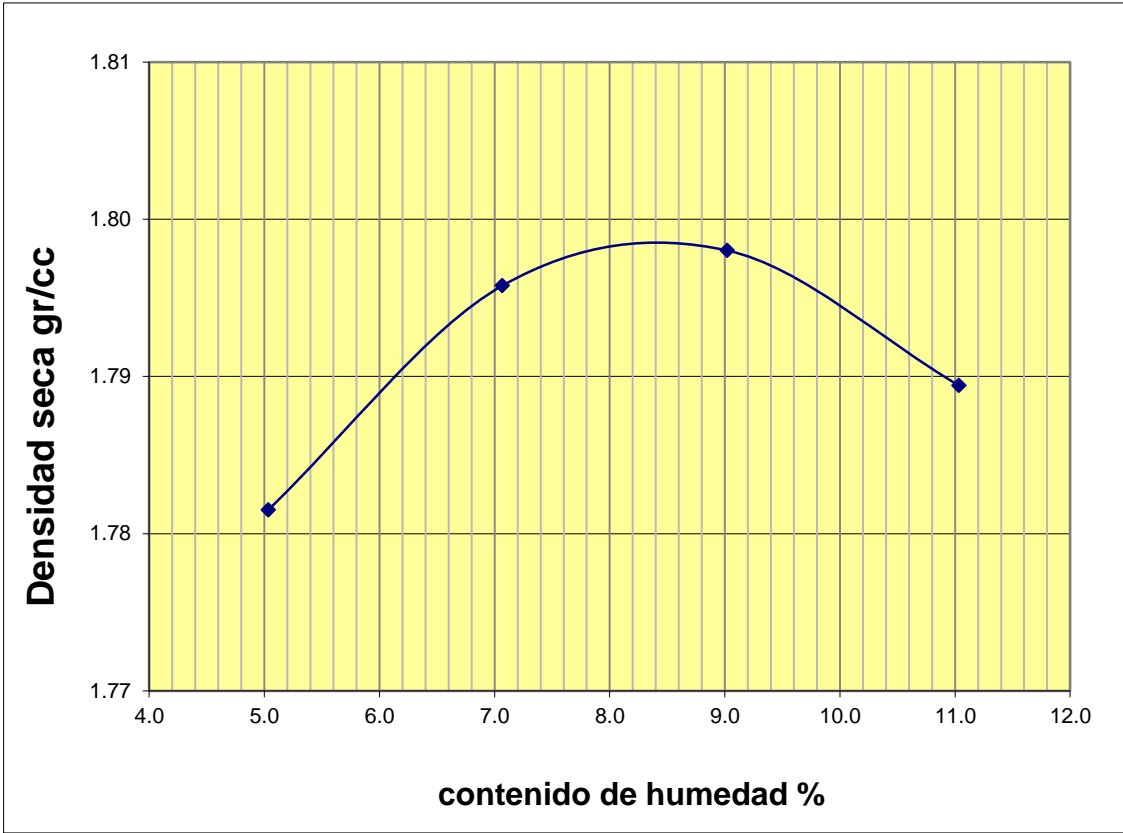
DATOS DEL MOLDE	
Nº:	1
PESO(gr):	2804
VOLUMEN(cm3):	2124.0



ENSAYO DE COMPACTACIÓN								
N.T.P. 339.141								
Proyecto: "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL ANILLO VIAL DEL ÓVALO GRAU- TRUJILLO- LA LIBERTAD".								
Ubicación: Óvalo Grau - Trujillo - La Libertad								
Tesista: Br. GÓMEZ VALLEJOS SUSAN JACKELIN.								
Muestra: CALICATA - 02		Profundidad: 1.50 m						
N° DE ENSAYO	1	2	3	4				
Peso molde+Suelo Húmedo (gr)	6778.40	6887.80	6967.50	7024.10				
Peso del Molde (gr)	2804.00	2804.00	2804.00	2804.00				
Peso Suelo Húmedo (gr)	3974.40	4083.80	4163.50	4220.10				
Volúmen del molde (cc)	2124.00	2124.00	2124.00	2124.00				
Densidad Suelo humedo (gr/cc)	1.871	1.923	1.960	1.987				
Número de Tarro	1	2	3	4	5	6	7	8
Cantidad de H₂O agregada	5%		7%		9%		11%	
Peso Tarro +Suelo humedo (gr)	147.50	148.40	152.40	156.60	144.40	139.80	143.80	159.00
Peso Tarro + Suelo Seco (gr)	142.30	143.10	144.80	148.70	135.80	131.30	133.20	147.20
Peso Tarro (gr)	38.30	38.50	36.80	37.40	39.20	38.30	35.60	41.90
Peso del agua	5.20	5.30	7.60	7.90	8.60	8.50	10.60	11.80
Peso de suelo seco	104.00	104.60	108.00	111.30	96.60	93.00	97.60	105.30
Humedad (%)	5.0	5.1	7.0	7.1	8.9	9.1	10.9	11.2
Humedad promedio (%)	5.033		7.067		9.021		11.033	
Densidad Seca (gr/cc)	1.782		1.796		1.798		1.789	

METODO	C
NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES	56
DSM (gr./cm ³)	1.80
OCH (%)	9.02

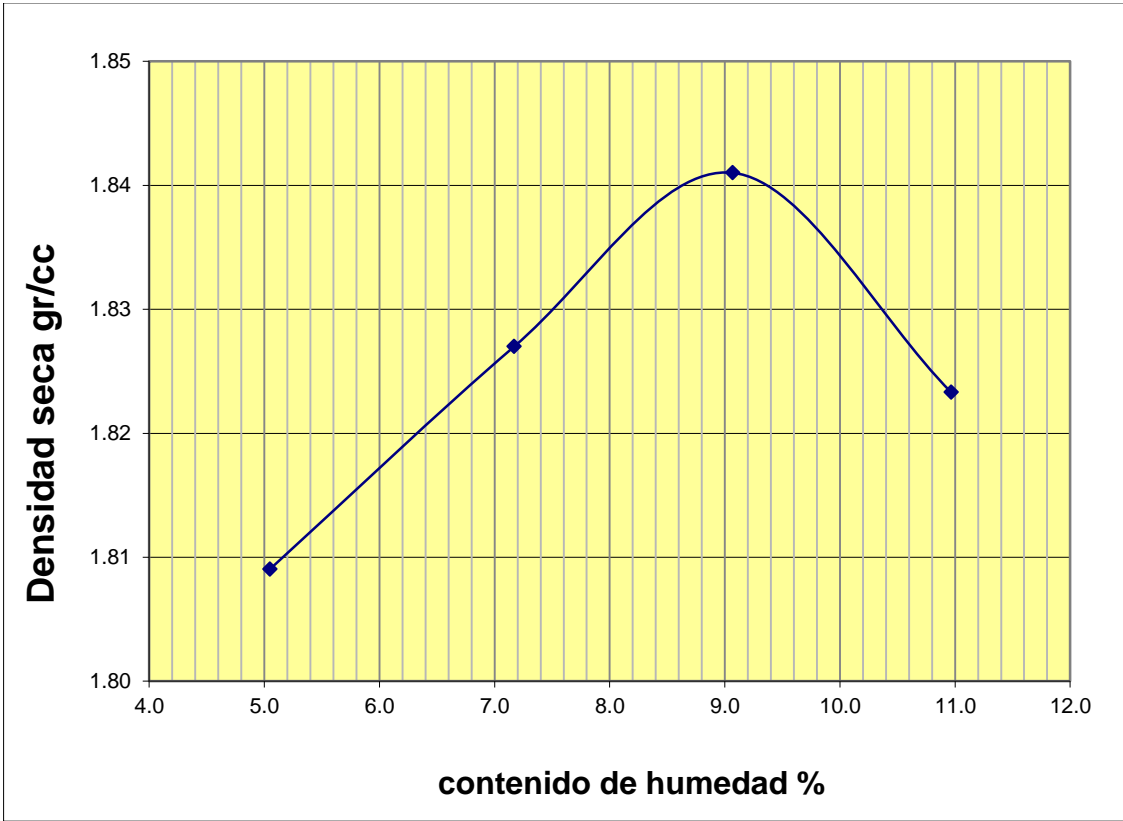
DATOS DEL MOLDE	
N°:	1
PESO(gr):	2804
VOLUMEN(cm3):	2124.0



ENSAYO DE COMPACTACIÓN									
N.T.P. 339.141									
Proyecto: "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL ANILLO VIAL DEL ÓVALO GRAU-TRUJILLO-LA LIBERTAD".									
Ubicación: Óvalo Grau - Trujillo - La Libertad									
Tesista: Br. GÓMEZ VALLEJOS SUSAN JACKELIN.									
Muestra: CALICATA - 01					Profundidad: 1.50 m				
Nº DE ENSAYO	1		2		3		4		
Peso molde+Suelo Húmedo (gr)	6840.30		6962.70		7068.90		7101.40		
Peso del Molde (gr)	2804.00		2804.00		2804.00		2804.00		
Peso Suelo Húmedo (gr)	4036.30		4158.70		4264.90		4297.40		
Volúmen del molde (cc)	2124.00		2124.00		2124.00		2124.00		
Densidad Suelo húmedo (gr/cc)	1.900		1.958		2.008		2.023		
Número de Tarro	1	2	3	4	5	6	7	8	
Cantidad de H₂O agregada	5%		7%		9%		11%		
Peso Tarro +Suelo húmedo (gr)	156.80	152.40	145.70	151.20	138.80	142.10	146.40	159.00	
Peso Tarro + Suelo Seco (gr)	151.10	146.90	138.40	143.70	130.30	133.40	135.60	147.10	
Peso Tarro (gr)	39.40	36.70	37.50	38.10	37.20	36.80	38.00	37.60	
Peso del agua	5.70	5.50	7.30	7.50	8.50	8.70	10.80	11.90	
Peso de suelo seco	111.70	110.20	100.90	105.60	93.10	96.60	97.60	109.50	
Humedad (%)	5.1	5.0	7.2	7.1	9.1	9.0	11.1	10.9	
Humedad promedio (%)	5.047		7.169		9.068		10.967		
Densidad Seca (gr/cc)	1.809		1.827		1.841		1.823		

METODO	C
NUMERO DE CAPAS	5
NUMERO DE GOLPES	56
DSM (gr./cm³)	1.84
OCH (%)	9.07

DATOS DEL MOLDE	
Nº:	1
PESO(gr):	2804
VOLUMEN(cm3):	2124.0



RAZON SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NTP 339.145)

Proyecto: "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL ANILLO VIAL DEL ÓVALO GRAU- TRUJILLO- LA LIBERTAD".

Ubicación: ÓVALO GRAU- TRUJILLO - LA LIBERTAD.

Tesista: Br. GÓMEZ VALLEJOS SUSAN JACKELIN.

Muestra: CALICATA - 01 **Profundidad:** 1.50 m

METODO DE COMPACTACIÓN	MOLDES		
Molde N°	1	2	3
Número de Capas	5	5	5
Número de golpes por capas	57	25	12
Sobrecarga (gr)	4530	4530	4530
Muestra húmeda + Molde (gr.)	8468.30	8290.80	8161.60
Peso del Molde (gr.)	4130.00	4131.10	4134.00
Peso de la Muestra húmeda (gr.)	4388.30	4159.70	4027.60
Volúmen de la Muestra (cm ³)	2116.88	2117.40	2118.62

Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.05	1.96	1.90			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Tara N°	1	2	3	4	5	6
Muestra húmeda + Tara (gr.)	204.60	202.80	200.30	202.70	208.10	204.20
Muestra seca + Tara (gr.)	189.40	187.80	185.90	187.70	192.90	188.90
Peso del Agua (gr.)	15.20	15.00	14.40	15.00	15.20	15.30
Peso de la Tara (gr.)	38.00	37.90	39.40	39.80	39.90	36.90
Muestra Seca (gr.)	151.40	149.90	146.50	147.90	153.00	152.00
Contenido de Humedad (%)	10.04%	10.01%	9.83%	10.14%	9.93%	10.07%
Contenido de Humedad Promedio(%)	10.02	9.99	10.00			
DENSIDAD SECA (gr./cm³)	1.86	1.79	1.73			

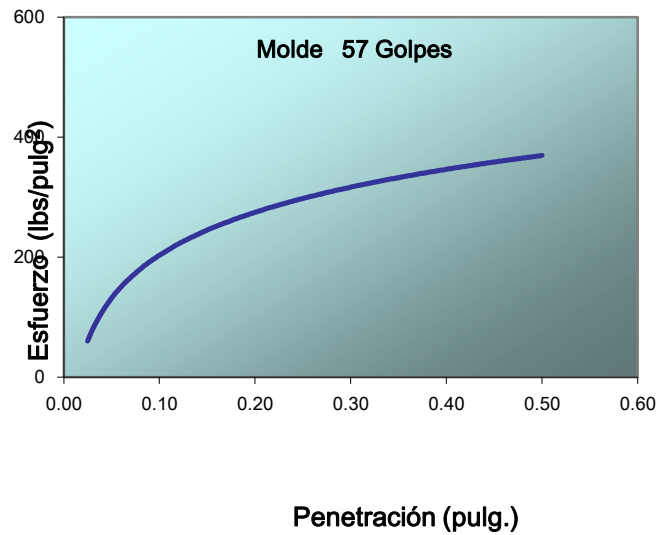
DATOS DE EXPANSION

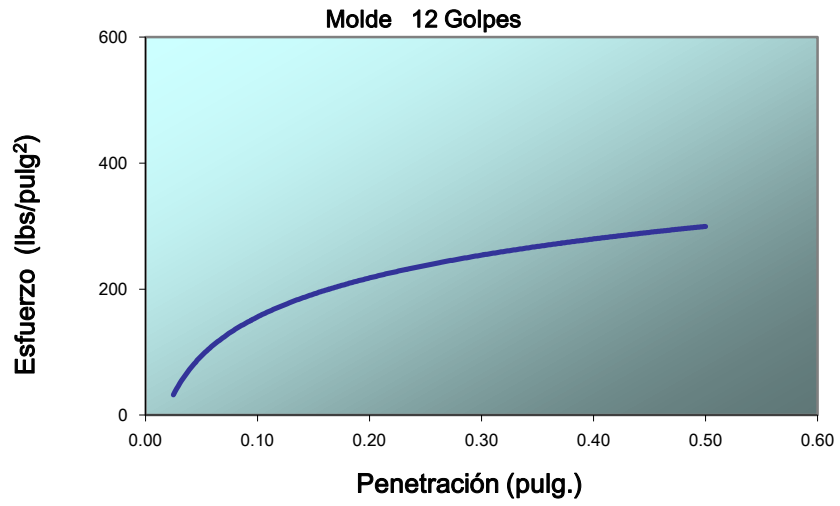
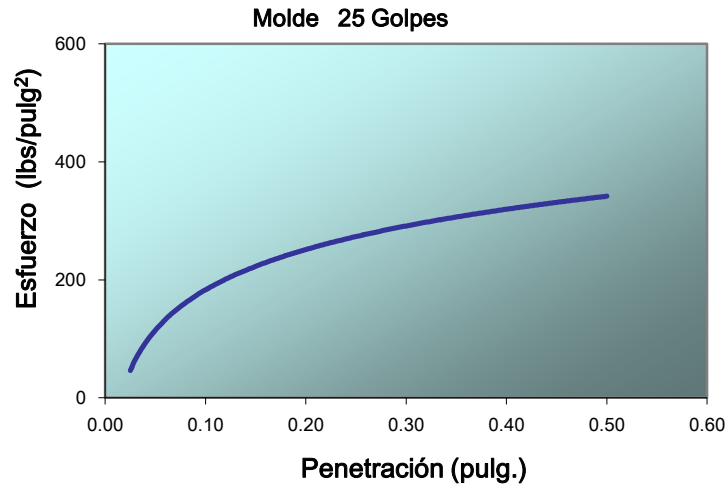
Molde N°			1		2		3	
Sobrecarga (gr)			4530		4530		4530	
Fecha	Hora	Tiempo (horas)	Lectura dial	Hincham. mm	Lectura dial	Hincham. mm	Lectura dial	Hincham. mm
01-jul	09.50 am	0	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000
02-jul	09.50 am	24	5.00	0.5000	6.00	0.6000	9.00	0.9000
03-jul	09.50 am	48	8.00	0.8000	10.00	1.0000	14.00	1.4000
04-jul	09.50 am	72	12.00	1.2000	15.00	1.5000	17.00	1.7000

ENSAYO CARGA - PENETRACION

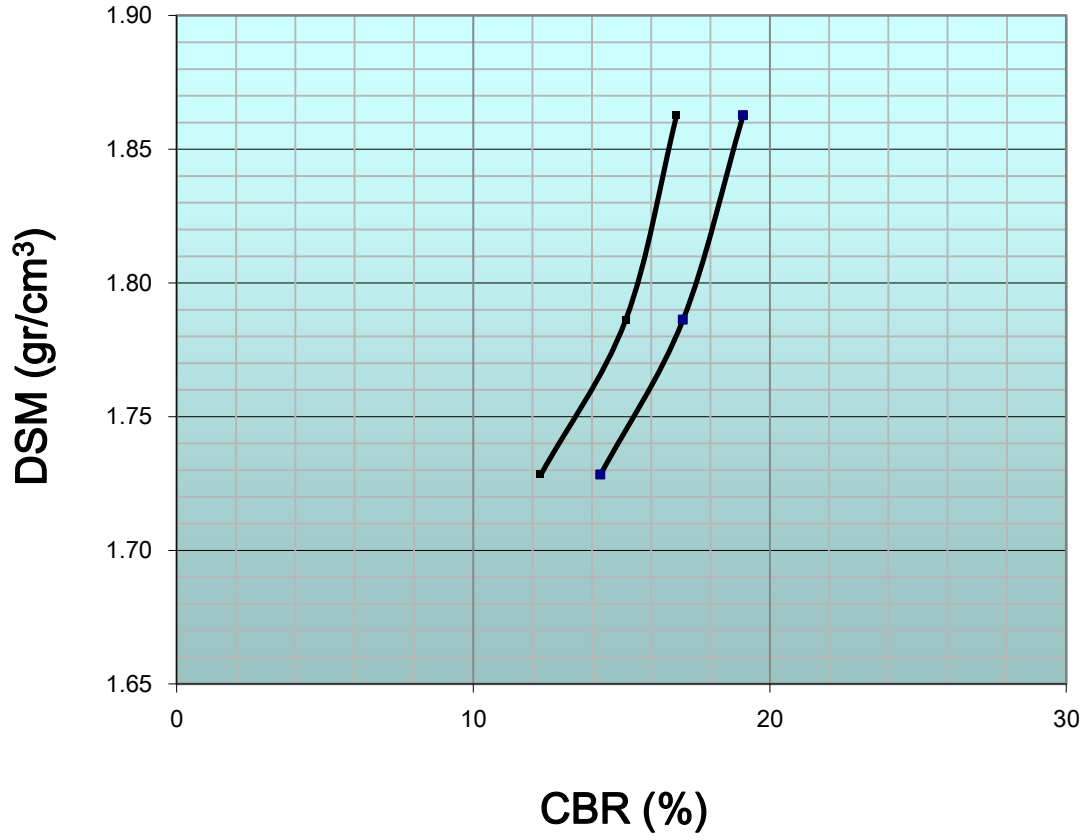
Penetración (pulg)	Molde N° 01			Molde N° 02			Molde N° 03		
	Lectura	Ensayo Carga		Lectura	Ensayo Carga		Lectura	Ensayo Carga	
	dial	lbs.	lb./pulg ²	dial	lbs.	lb./pulg ²	dial	lbs.	lb./pulg ²
0.025	21	289.4	96.5	16	237.8	79.28	11	186.28	62.09
0.050	29	366.8	122.3	24	321.4	107.13	19	270.85	90.28
0.075	37	449.3	149.8	32	404.9	134.97	26	340.98	113.66
0.102	49	573.0	191.0	43	512.2	170.72	35	428.64	142.88
0.200	67	758.7	252.9	59	681.3	227.10	47	552.39	184.13
0.300	84	934.0	311.3	78	872.1	290.70	68	777.22	259.07
0.400	97	1068.0	356.0	86	963.9	321.29	76	851.47	283.82
0.500	109	1191.8	397.3	101	1118.6	372.86	88	984.51	328.17

GOLPES		56	25	12
C.B.R.	0.1	19.10%	17.07%	14.29%
	0.2	16.86%	15.14%	12.28%





Curva CBR - Densidad



VALORES PROCTOR MODIFICADO:

DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm³): 1.84

HUMEDAD ÓPTIMA (%): 9.07

95% DENSIDAD SECA MAXIMA

(gr/cm³): 1.75

C.B.R. (%): 15.00 %

RAZON SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (NTP 339.145)

Proyecto: "DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL ANILLO VIAL DEL ÓVALO GRAU- TRUJILLO- LA LIBERTAD".

Ubicación: ÓVALO GRAU- TRUJILLO - LA LIBERTAD.

Tesista: Br. GÓMEZ VALLEJOS SUSAN JACKELIN.

Muestra: CALICATA - 03

Profundidad: 1.50 m

METODO DE COMPACTACIÓN	MOLDES		
Molde N°	1	2	3
Número de Capas	5	5	5
Número de golpes por capas	57	25	12
Sobrecarga (gr)	4530	4530	4530
Muestra húmeda + Molde (gr.)	8326.60	8140.80	7971.10
Peso del Molde (gr.)	4180.00	4131.10	4134.00
Peso de la Muestra húmeda (gr.)	4196.60	4009.70	3837.10
Volúmen de la Muestra (cm ³)	2116.88	2117.40	2118.62
Densidad húmeda (gr/cm³)	1.98	1.89	1.81

Densidad húmeda (gr/cm³)	1.98		1.89		1.81	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Tara N°	1	2	3	4	5	6
Muestra húmeda + Tara (gr.)	204.80	202.80	199.30	203.70	207.40	202.20
Muestra seca + Tara (gr.)	189.30	187.80	185.10	188.60	191.90	186.80
Peso del Agua (gr.)	15.50	15.00	14.20	15.10	15.50	15.40
Peso de la Tara (gr.)	38.00	37.90	39.40	39.80	39.90	36.90
Muestra Seca (gr.)	151.30	149.90	145.70	148.80	152.00	149.90
Contenido de Humedad (%)	10.24%	10.01%	9.75%	10.15%	10.20%	10.27%
Contenido de Humedad Promedio(%)	10.13		9.95		10.24	
DENSIDAD SECA (gr./cm³)	1.80		1.72		1.64	

DATOS DE EXPANSION

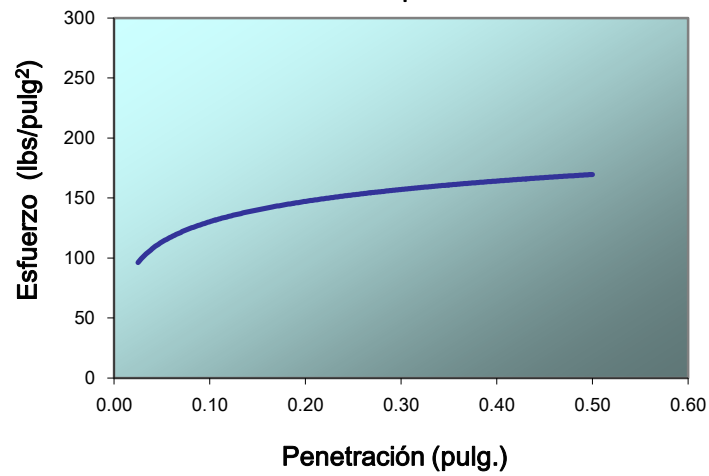
Molde N°			1		2		3	
Sobrecarga (gr)			4530		4530		4530	
Fecha	Hora	Tiempo (horas)	Lectura	Hincham.	Lectura	Hincham.	Lectura	Hincham.
			dial	mm	dial	mm	dial	mm
05-ago	11.45 am	0	0.00	0.0000	0.00	0.0000	0.00	0.0000
06-ago	11.45 am	24	20.00	2.0000	25.00	2.5000	27.00	2.7000
07-ago	11.45 am	48	22.00	2.2000	27.00	2.7000	28.00	2.8000
08-ago	11.45 am	72	25.00	2.5000	29.00	2.9000	28.50	2.8500

ENSAYO CARGA - PENETRACION

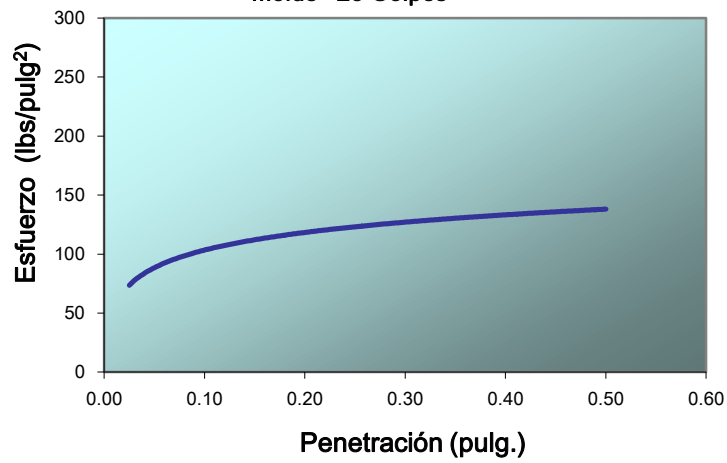
Penetración (pulg)	Molde N° 01			Molde N° 02			Molde N° 03		
	Lectura dial	Ensayo Carga		Lectura dial	Ensayo Carga		Lectura dial	Ensayo Carga	
		lbs.	lb./pulg ²		lbs.	lb./pulg ²		lbs.	lb./pulg ²
0.025	21	284.3	102.5	14	217.2	78.34	8	155.35	56.02
0.050	23	310.0	111.8	17	248.2	89.49	9	165.66	59.74
0.075	25	330.7	119.2	18	258.5	93.21	12	196.60	70.90
0.102	27	351.3	126.7	20	279.1	100.65	14	217.22	78.34
0.200	32	402.9	145.3	24	320.4	115.53	17	248.16	89.49
0.300	35	433.8	156.4	26	341.0	122.96	19	268.79	96.93
0.400	37	454.4	163.9	29	371.9	134.12	22	299.73	108.09
0.500	40	485.4	175.0	32	402.9	145.28	26	340.98	122.96

GOLPES		56	25	12
C.B.R.	0.1	12.67%	10.06%	7.83%
	0.2	9.69%	7.70%	5.97%

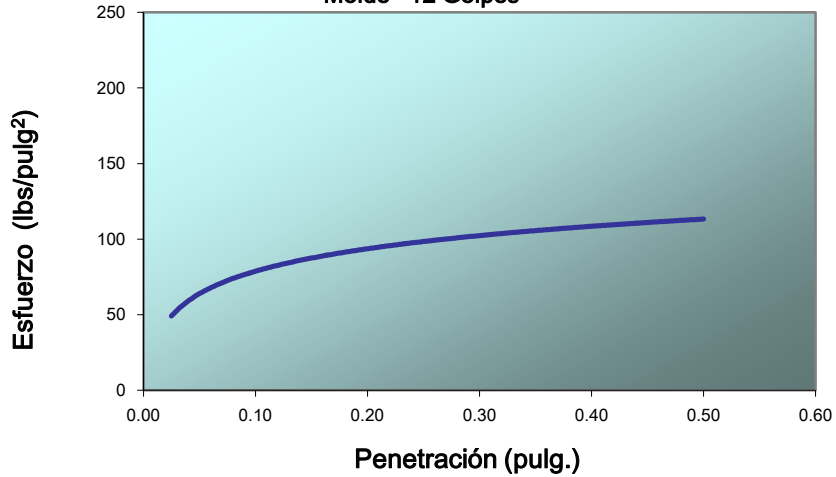
Molde 57 Golpes



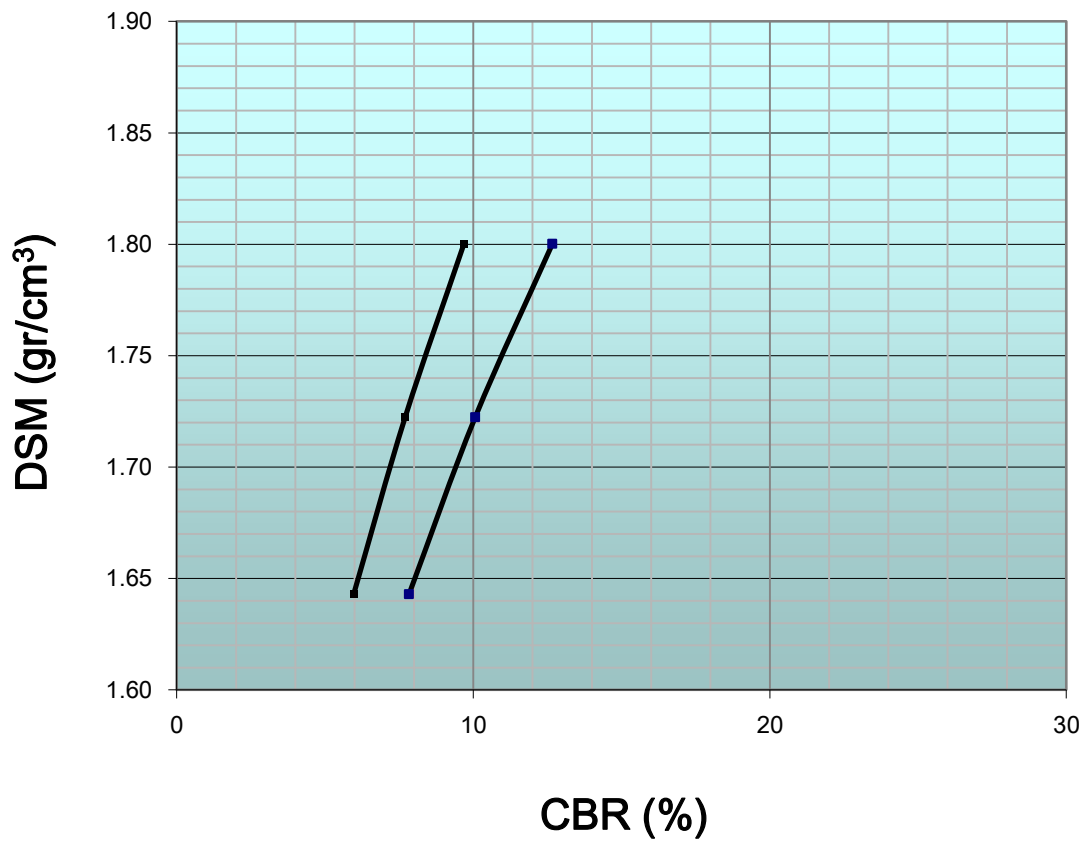
Molde 25 Golpes



Molde 12 Golpes



Curva CBR - Densidad



VALORES PROCTOR MODIFICADO:

DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm³): **1.75**
 HUMEDAD ÓPTIMA (%): **10.10**

95% DENSIDAD SECA MAXIMA

(gr/cm³): **1.66**
 C.B.R. (%): **8.20** %

Extracción de muestras



Ensayos de Mecánica de Suelos





