



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA CIVIL**

“Aplicación de los criterios de falla por fatiga y deformación en la evaluación del pavimento en la carretera Trujillo – Laredo”

**TESIS PARA OBTENER TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniera civil

**AUTORAS:**

Br. Álvarez Altamirano, Ángela María del Fátima (ORCID: 0000-0003-1499-6753)

Br. Quispe Zavaleta, Claudia Sofía (ORCID: 0000-0003-2687-6281)

**ASESOR:**

Mg. Horna Araujo. Luis Alberto (ORCID: 0000-0002-3674-9617)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**TRUJILLO-PERÚ**

**2019**

## **Dedicatoria**

A Dios por darme entendimiento y la seguridad de continuar hasta este punto en la vida en que cumpliré una de mis metas y ser una gran profesional.

A mi mama Roció por brindarme una educación de calidad y por su preocupación para que yo sea mejor en la vida y poder cumplir mis metas, por siempre estar ahí cuando la necesito y enseñarme a afrontar la vida con fortaleza y no rendirme.

A mis Abuelos por ser un pilar fundamental en mi vida, por apoyarme siempre y motivarme a seguir creciendo para cumplir mis sueños y metas.

A mis tíos y tías que han estado siempre presentes, cada uno de ustedes ha aportado grandes cosas a mi vida y me han ayudado a enfrentar la gran tarea de encarar a la sociedad.

Álvarez Altamirano, Ángela María de Fátima

## **Dedicatoria**

A Dios por ser la fortaleza de mi vida por llenarme de bendiciones, sobre todo, por brindarme la paciencia y sabiduría para afrontar cada momento de mi vida.

A mi mamá, por apoyarme en cada momento, guiándome para que yo cumpla mis sueños y sea una persona de bien, por nunca dejarme caer y siempre levantarme en mis momentos malos. Gracias por darme la vida mamita, te mereces esto y mucho más.

A mi abuelito Telmo, por ser el pilar en mi familia, por ser uno de mis motivos de esta gran meta, por el apoyo incondicional para verme crecer tanto como persona y profesional.

A mi abuelita Griselda, mi ángel de la guarda, por velar de mí desde pequeña, por llenarme de mucho amor y alegría, sé que estás donde estás más que orgullosa de mí.

Quispe Zavaleta, Claudia Sofía.

## **Agradecimiento**

A Dios por su incondicional amor y misericordia, por ser guía y fortaleza en todo momento, sobre todo en los más difíciles.

A nuestros padres, por ser nuestro motivo principal de crecimiento, por cada sacrificio que hicieron por nosotras para ser mejor cada día.

De una manera muy significativa al Ing. Luis Horna Araujo, por su total dedicación hacia nuestro aprendizaje, por apoyarnos de una manera incondicional para así, poder cumplir nuestra ansiada meta.

Álvarez Altamirano Ángela y Quispe Zavaleta Claudia

# Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iv
Índice .....	vii
Índice De Cuadros.....	1
Índice De Figuras .....	2
RESUMEN.....	3
ABSTRACT .....	4
I. INTRODUCCIÓN.....	5
II. MÉTODO.....	13
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	13
2.2. Operacionalización de Variables: .....	15
2.3. Población, muestra y muestreo .....	16
2.3.1. Población.....	16
2.3.2. Muestra .....	16
2.3.3. Muestreo.....	16
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	16
2.4.1. Técnicas .....	16
2.4.2. Instrumentos .....	16
2.5. Procedimiento .....	16
2.6. Método de análisis de datos .....	18
2.7. Aspectos éticos .....	18
III. RESULTADOS.....	19
3.1. ESTUDIO DE SUELOS.....	19
3.1.1. Generalidades .....	19
3.1.2. Objetivos .....	19
3.1.3. Descripción del proyecto.....	19
3.1.4. Metodología.....	19
3.1.5. Determinación del número de calicatas y ubicación .....	20
3.1.6. Perfil estratigráfico .....	20
3.1.7. Estructura del pavimento existente .....	22
3.1.8. Resultados de los ensayos de suelos .....	22
3.2. ESTUDIO DE TRÁFICO .....	25
3.2.1. GENERALIDADES .....	25

3.2.2.	CONTEO Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR .....	25
3.2.3.	METODOLOGÍA .....	25
3.2.4.	PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	25
3.2.5.	DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE MEDIO DIARIO (IMD) .....	25
3.2.6.	DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CORRECCIÓN .....	26
3.2.7.	RESULTADOS DEL CONTEO VEHICULAR .....	27
3.2.8.	IMDa POR ESTACIÓN .....	29
3.2.9.	DETERMINACIÓN DEL TRAFICO DE DISEÑO .....	32
3.2.10.	CLASIFICACIÓN DE NÚMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES EN EL PERIODO.....	37
3.3.	VERIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO .....	38
3.3.1.	Caracterización De Los Materiales Del Pavimento Existente .....	38
3.3.2.	Configuración de ejes.....	42
3.3.3.	Aplicación del Kenpave a la estructura del pavimento existente.....	43
3.3.4.	Propuesta de mejoramiento.....	46
3.3.5.	Evaluación de la estructura propuesta .....	47
IV.	DISCUSIÓN.....	51
V.	CONCLUSIONES.....	53
VI.	RECOMENDACIONES.....	56
	REFERENCIAS .....	57
	ANEXOS .....	59

## Índice De Cuadros

<b>Cuadro 1:</b> Operacionalización de variables .....	15
<b>Cuadro 2:</b> Ubicación de calicatas en la carretera Trujillo – Laredo.....	20
<b>Cuadro 3:</b> Resultados de ensayos de suelos de la base granular.....	23
<b>Cuadro 4:</b> Resultados de ensayos de suelos de Subrasante .....	24
<b>Cuadro 5:</b> Fechas de Conteo Vehicular de la Carretera Trujillo – Laredo. ....	25
<b>Cuadro 6:</b> Factor de corrección estacional promedio del peaje de Virú. ....	26
<b>Cuadro 7:</b> Conteo de vehículos estación E01 sentido Laredo – Trujillo. ....	27
<b>Cuadro 8:</b> Conteo de vehículos estación E01 sentido Trujillo - Laredo. ....	28
<b>Cuadro 9:</b> Índice medio diario anual (IMDa) de la carretera Trujillo -Laredo. ....	29
<b>Cuadro 10:</b> Resumen de IMDA expresado en vehículos. ....	31
<b>Cuadro 11:</b> Tasa de crecimiento de la población por departamento. ....	32
<b>Cuadro 12:</b> Tasa anual departamental PBI 2017 .....	33
<b>Cuadro 13:</b> Relación de cargas por ejes para determinar ejes equivalentes (EE) para Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos. ....	35
<b>Cuadro 14:</b> Factor Camión.....	35
<b>Cuadro 15:</b> Trafico de diseño .....	36
<b>Cuadro 16:</b> Número De Repeticiones Acumuladas De Ejes Equivalentes 8.2 TN, En El Carril De Diseño Para Pavimentos Flexibles. ....	37
<b>Cuadro 17:</b> Modulo de Poisson empleados para las diferentes capas de .....	40
<b>Cuadro 18:</b> Resumen de Estudio de Suelos y Coeficiente de Poisson.....	41
<b>Cuadro 19:</b> Caracterización de los materiales del pavimento. ....	43
<b>Cuadro 20:</b> Parámetros de diseño según AASHTO – 93.....	46
<b>Cuadro 21:</b> Caracterización de los materiales.....	47
<b>Cuadro 22:</b> Propuesta de mejoramiento del pavimento .....	54
<b>Cuadro 23:</b> Criterio de fatiga Eje Simple.....	54
<b>Cuadro 24:</b> Criterio de deformación Eje simple .....	54
<b>Cuadro 25:</b> Criterio de fatiga Eje Tándem.....	55
<b>Cuadro 26:</b> Criterio de deformación Eje Tándem.....	55

## Índice De Figuras

<b>Figura 1.</b> Esquema de diseño de investigación .....	14
<b>Figura 2:</b> Estructura Del Pavimento Existente.....	22
<b>Figura 3:</b> Variación Horaria – Estación Ovalo Laredo .....	30
<b>Figura 4:</b> Variación Horaria – Estación Ovalo Laredo .....	31
<b>Figura 5:</b> Carta para calcular el coeficiente estructural de Concreto asfáltico de gradación densa en base al módulo resiliente. ....	39
<b>Figura 6:</b> Configuración de Eje Simple Para Análisis Multicapa .....	42
<b>Figura 7:</b> Configuración de Eje Tándem Para Análisis Multicapa .....	42
<b>Figura 8:</b> Estructura de Pavimento Propuesta para la Carretera Trujillo – Laredo.....	55



## RESUMEN

El objetivo del presente proyecto de tesis es la evaluación del paquete estructural del pavimento en estudio en el tramo de la carretera Trujillo – Laredo, teniendo en cuenta el mal estado de transitabilidad en que se encuentra, por medio del cálculo de esfuerzos y deformaciones que producen las cargas de tráfico, se hace uso del software KENPAVE expuesto por Huang, Y.H. de la Universidad de Kentucky para identificar el número de carga permisible que puede soportar el pavimento antes de que falle, así como desarrollar una prepuesta de mejora del pavimento en estudio siguiendo los mismos criterios de evaluación.

Con la evaluación del pavimento existente, utilizando el software mencionado, se detectó que no cumple con los requisitos de los criterios de falla del Instituto de Asfalto ya que la relación del número de repeticiones de carga determinado y el de la aplicación de carga permisible para un periodo de 20 años, resulta mayor a la condición propuesta en el criterio de falla por deformación ( $N_p/N_d = 1.29$ ).

Al no cumplir nuestro pavimento en estudio, se realizó una nueva propuesta de diseño haciendo uso del procedimiento AASHTO – 93, teniendo en cuenta los parámetros de diseño plasmados en el Manual de Carreteras sección Suelos y Pavimentos (MTC), esta misma fue evaluada por los criterios anteriormente mencionados, resultando para ambos criterios una relación del número de repeticiones de carga determinado y el de la aplicación de carga permisible para un periodo de 20 años, menores a la unidad ( $N_p/N_f = 0.07$  y  $N_p/N_d = 0.47$  para la carga de Eje simple de ruedas simples y también:  $N_p/N_f = 0.06$  y  $N_p/N_d = 0.46$  para la carga de Eje Tándem) cumpliendo así con la condición propuesta para estos casos.

Palabras clave: Pavimento asfáltico, criterios de falla, método empírico mecanístico

## ABSTRACT

The objective of this thesis project is the evaluation of the structural pavement package under study on the section of the Trujillo - Laredo road, taking into account the poor state of road that is found, through the calculation of stresses and deformations produced by loads of traffic, use is made of the KENPAVE software exposed by Huang. Y.H. from the University of Kentucky to identify the number of permissible load that the pavement can withstand before it fails, as well as develop a pavement improvement proposal under study following the same evaluation criteria.

With the evaluation of the existing pavement, using the aforementioned software, it was detected that it does not meet the requirements of the criteria of failure of the Asphalt Institute since the ratio of the number of repetitions of determined load and that of the application of permissible load for a 20-year period is greater than the condition proposed in the deformation failure criterion ( $N_p / N_d = 1.29$ ).

By not complying with our pavement under study, a new design proposal was made using the AASHTO - 93 procedure, taking into account the design parameters set out in the Road Manual Soil and Pavement Section (MTC), it was evaluated by the criteria mentioned above, resulting in both criteria a relation of the number of repetitions of determined load and that of the application of permissible load for a period of 20 years, less than the unit ( $N_p / N_f = 0.07$  and  $N_p / N_d = 0.47$  for the Single axle load of simple wheels and also:  $N_p / N_f = 0.06$  and  $N_p / N_d = 0.46$  for Tandem axle load) thus fulfilling the condition proposed for these cases.

Keywords: Asphalt pavement, failure criteria, empirical mechanistic method

## I. INTRODUCCIÓN

El pavimento es considerado una solución para la creación e innovación de caminos, y a su vez, diseñado para acrecentar la transitabilidad vehicular a lo largo de su vida útil; también se encarga de diferir y distribuir cargas vehiculares durante un periodo determinado, dado que los esfuerzos inducidos por estas, declinan según su profundidad. Los materiales conforman lo primordial al momento de ejecutar una obra vial, poseyendo mayor capacidad portante en las capas superiores para la protección del suelo natural.

Debido al incremento acelerado de la población mundial y la gran concentración de tránsito en las carreteras, la aparición de fallas es pan de cada día. Al no llevar un adecuado mantenimiento, no es evaluado el comportamiento del pavimento a lo largo del tiempo y sólo se inspecciona cuando su deterioro es grave. Por otro lado, lo correcto es identificar y evaluar los daños con una suficiente anticipación, para que así la restauración sea simple y no requiera una reconstrucción. De esta manera se ahorra dinero, pues el costo para rehacerlo es más elevado que el de su conservación.

En el Perú, el mantenimiento de las pistas pavimentadas viene siendo un problema inevitable por la ausencia de un sistema de gestión vial. Ante el problema, existe la necesidad de ingresar nuevas tecnologías que mejoren su vida útil para el que fueron diseñados, al conocer las innumerables fallas se tiene como referencia el mal diseño que fue realizado al momento de ejecutar la obra donde no se tuvo en cuenta el tipo de suelo ni los estudios necesarios.

La carretera Trujillo - Laredo fue seleccionada para ejecutar este proyecto de investigación donde se observó deformaciones y tipos de fallas que básicamente se deben a factores diversos, como es el caso del diseño de pavimento pues su estructura fue elaborada para condiciones que a la fecha fueron sobrepasadas (variación de tráfico), a su vez, el problema con los materiales, dado que el control de calidad de esa época era diferente ahora contamos con nuevas normas que mejoran este aspecto, tanto del material utilizado como el proceso constructivo. El producto de estos problemas es la aparición de múltiples fallas que deterioran el pavimento hasta el colapso, las nuevas tecnologías se orientan a verificar que cada capa del pavimento soporte los esfuerzos al cual están sometidas bajo el efecto del tránsito y para eso, se requiere realizar una evaluación para determinar la capacidad de resistencia. Entonces, vista la situación presente en la zona, amerita realizar la evaluación del

pavimento en la carretera seleccionada bajo los criterios de falla por fatiga y deformación, estimando si la estructura existente tiene la capacidad adecuada.

En nuestro país el conocimiento y utilización del método empírico mecanístico es muy escaso por lo cual, se hicieron una serie de estudio e investigaciones a nivel local, regional, nacional e internacional, obteniendo como resultado la aplicación de este estudio para la evaluación de pavimentos.

A nivel internacional, se averiguó sobre algunos trabajos previos como el de Vásquez (2016), en su tesis “Factores de equivalencia de daño en pavimentos flexibles: análisis para condiciones típicas de Argentina”, el cual tiene como objetivo determinar factores equivalentes de daño para pavimentos flexibles en base a teorías racionales referidas a condiciones de Argentina, donde la metodología para el desarrollo del modelo LEF consistió en realizar estudios y análisis de las condiciones de tráfico, presiones neumáticas, cargas, paquetes estructurales, módulos, espesores, subrasantes y clima de Argentina, para procesar estos datos en el software Kenlayer donde se simuló el paso de diferentes tipos de ejes con diferentes tipos de peso sobre diferentes tipos de pavimento. Se concluyó que los modelos LEF (P50/P75) se pueden utilizar para dimensionar espesores de pavimentos de bajo volumen, ya que los valores de tráfico son bajos.

García, Gutiérrez y Hernández (2014), tuvieron como objetivo elaborar un análisis comparativo para diseño de pavimentos flexibles mediante las alternativas IMT-PAVE, CR-ME y el método AASHTO 93; para su desarrollo utilizó el método AASHTO 93, IMT PAVE y CR ME para evaluar los parámetros de diseño de cada uno de ellos y las variables generadas durante el proceso de diseño teniendo como resultado que en el caso de IMP PAVE se obtiene una caracterización real de tránsito, por lo que se logra un enfoque más real en termino de espectro carga proponiendo los siguientes espesores de capa carpeta asfáltica de 12 cm, base 20 cm y subbase de 40 cm, en cuanto al CR-ME las deformaciones requeridas en puntos críticos de la estructura del pavimento, así como los efectos del clima hace que sea más confiable comparado con la metodología AASTHO 93 proponiendo los espesores de capas siguientes carpeta asfáltica de 12 cm, base de 20 cm y subbase de 40 cm, concluyendo que las metodologías basadas en conceptos mecanicistas tienen diseños mucho más exactos.

A nivel nacional, tenemos a Olivas (2016), tubo como objetivo evaluar las probables fallas en pavimento flexible diseñado con AASHTO 93, aplicando el método empírico mecanicista en la habilitación urbana los Anitos – Barranca, 2016. Para su evaluación aplicó el programa Kenlayer para determinar los esfuerzos, deformaciones y deflexiones. Los espesores de las capas de subbase, base y carpeta asfáltica deberán cumplir los requerimientos de la norma técnica CE.010 del Reglamento Nacional De Edificaciones, teniendo como resultado dos posible fallas en el pavimento: el agrietamiento por fatiga debajo de la carpeta asfáltica y el ahuellamiento por deformación permanente en la subrasante donde la probable falla para estos diseños sería el agrietamiento por fatiga, proponiendo los siguientes espesores de capas: subbase de 5”, base 6” y carpeta asfáltica 5”.

Arias y Sarmiento (2015), en su tesis tienen por objetivo realizar un análisis y diseño de pavimentos de la avenida Mártir Olaya utilizando la metodología AASTHO 93 y MEPDG (Método mecanístico empírico) donde se efectuó el ingreso de los siguientes datos generales; del estudio de tráfico se ingresó el promedio de camiones por día, número de carriles, porcentaje total de vehículos pesados y la velocidad de diseño; clima y características estructurales del suelo al software Superpave proponiendo los siguientes espesores de capas subbase de 6”, base 5” y carpeta asfáltica 3”, concluyendo que el MEPDG es una herramienta de análisis y diseño más completa puesto que permite analizar los daños de diversos vehículos de forma individual tal como la deformación y agrietamiento por fatiga.

En el ámbito local tenemos a Horna y Vásquez (2019), con su tesis cuyo objetivo es determinar la resistencia del pavimento, criterios de falla y propuesta de mejoramiento utilizando el software Kenpave. Para su desarrollo utilizó el método AASHTO 93, considerando los criterios del manual de carreteras sección suelos y pavimentos para lo cual realizó los estudios de suelos para la evaluación del pavimento y el estudio de tráfico con la finalidad de determinar el índice medio diario IMD procesando los datos por medio del software Kenpave, obteniendo como resultado que la estructura del pavimento existente no cumple los criterios de falla por deformación y presenta gran cantidad de fallas como piel de cocodrilo, ahuellamiento, etc. puesto que no cumple con espesores y capas mínimas de acuerdo a la norma, proponiendo una nueva estructura de pavimento aplicando los criterios

de la guía AASTHO y siendo evaluada por el software Kenpave donde el espesor de la carpeta asfáltica es de 10.16 cm, base de 20.32 cm y sub base de 15.24 cm.

Yovera (2018), en su tesis cuyo objetivo es realizar el análisis mecánico empírico y criterios de falla de las estructuras de pavimento flexible recomendadas por el Manual de Carreteras MTC-2014, con soporte de software 3D MOVE y KENPAVE, aplicada a la urbanización Virgen de la Puerta utilizó la metodología mecanicista empírico, donde se tuvo en cuenta el tráfico, subrasante, clima (temperatura) y la caracterización de materiales para revisar los criterios de falla del pavimento flexible teniendo como resultado que las deformaciones unitarias de tracción en la fibra inferior de la carpeta asfáltica, muestran ciertas diferencias para bajos volúmenes de tráfico, donde el modelamiento estructural realizado por el software KENPAVE es un poco más conservador al presentar deformaciones unitarias mayores; mientras que, debido a que el modelamiento estructural realizado en 3D MOVE da como resultados de deformaciones unitarias a valores más exactos, notándose que a medida que se aumenta el número de repeticiones de ejes equivalentes estándar se hace más corta la brecha entre estos, por lo cual se puede afirmar que a medida que se aumenta las repeticiones de eje equivalente la deformación unitaria en la fibra inferior del concreto asfáltico en las estructuras propuestas en el Manual de Carreteras MTC - 2014 presentarán un mejor desempeño, correspondiente a problemas por piel de cocodrilo en la superficie de la carpeta asfáltica.

Es importante tener conocimiento acerca de las definiciones relacionadas al tema de investigación; el pavimento que según la Norma AASHTO, tiene dos criterios para definirlo, desde el punto de vista de la Ingeniería, el pavimento es considerado como un elemento estructural con una estructura propia, cuenta con un diseño de capas de espesores distintos que en conjunto se denominan paquete estructural, de manera que está apoyado en toda su extensión sobre el terreno de fundación, designado como subrasante. En lo que se refiere al usuario, éste lo considera como una superficie que debe ofrecer comodidad y sobre todo seguridad cuando se transite sobre ella, dando un servicio de calidad de manera que sea positivo para el crecimiento de la ciudad (Zevallos, 2017, p. 20).

Según su clasificación se puede identificar 3 tipos de pavimentos, como el pavimento flexible, semirrígidos y rígidos. Siendo su mayor diferencia el diseño estructural que

poseen (Zevallos, 2017, p. 21). El tipo de pavimento que será utilizado depende mucho de la función que tendrá y de los esfuerzos que lo afectaran en su vida útil y su periodo de serviciabilidad para el cual se diseña. (Leguía, 2016, p. 21).

El pavimento flexible está conformado por una o más capas, en las que se identifican: la carpeta asfáltica, que se apoya en las capas inferiores que son la base y sub base. Su estructura total se flexiona según las cargas que transitan sobre él. Utilizado en vías de abundante tráfico. Comprende de un periodo de vida de 10 a 15 años, aunque presenta como desventaja el arduo mantenimiento que se le tiene que hacer para que así cumpla con su serviciabilidad. (Pacheco, 2016, p. 23)

Este presenta una estructura conformada por carpeta asfáltica, base, sub base y subrasante. Tenemos, las carpetas asfálticas siendo diseñadas para sobrellevar su envejecimiento y las fallas causadas por las cargas vehiculares y el cambio climático. Actúa como impermeable evitando el ingreso de agua en toda la estructura. Es la capa más expuesta a los efectos del tránsito por lo que necesita mantenimientos periódicos que garanticen una adecuada vida útil. La base recibe los esfuerzos de la capa de rodadura y los transmite de forma adecuada a las capas siguientes. Compuesta por agregados, con o sin tratamiento. Debe tener la suficiente resistencia para la recepción y transmisión de cargas para las capas inferiores del paquete estructural. También, la Sub base que es la capa con los materiales más económicos, trabaja como una capa de drenaje donde controla la ascensión capilar del agua. También controla los cambios de volumen y elasticidad del material perteneciente al terreno de fundación, lo cual es dañino para el pavimento. Como última, la subrasante que se encarga del soporte de todo el paquete estructural extendiéndose hasta la profundidad en la cual no llegan las cargas de tránsito. Puede estar formada en corte o relleno dependiendo del tipo de suelo en estudio. (Zevallos, 2017, p. 23)

A su vez, hacemos uso del ensayo de CBR (California Bearing Ratio) que evalúa la calidad de un material del suelo en base a su resistencia que es medida a través de un ensayo de placa a escala. Fue desarrollado en 1925, pero apareció en el ASTM desde 1964, a pesar de sus limitaciones es una de los ensayos más aceptado en el mundo debido al relativo bajo costo de ejecución, asociado a métodos semi – empíricos para el diseño de pavimento. (Sánchez – Leal ,2012)

El CBR es un ensayo de carga que usa un pistón metálico (3 pulgadas cuadradas de sección) que penetra desde la superficie de un suelo compacto a una velocidad

constante. Es también, la relación entre la carga unitaria en el pistón requerido en un suelo ensayado y la misma cantidad en una piedra picada bien gradada estándar, expresando su relación en porcentaje. (ASTM D 1883 – 07).

La resistencia del terreno se puede expresar en términos del Módulo de Resiliencia (MR), el cual mide la rigidez del suelo de la sub rasante, y se determina mediante el ensayo de resiliencia de acuerdo a las recomendaciones del AASHTO. (MTC, 2014, pág. 39).

Un estudio necesario para nuestro tema de investigación es el estudio de tráfico, la información que se requiere para la aplicación de la Guía, está relacionada con las cargas por eje, configuración de ejes y número de eje.

La experiencia vial AASHTO ha demostrado que el efecto dañino (o reducción de serviciabilidad) del paso de un eje de cualquier masa (llamado comúnmente carga) puede ser representado, por un número de cargas por eje simple equivalente de 18 kips o ESAL (Equivalent Single Axle Load) (MTC, 2014, pág. 73)

Nuestro estudio se basa en el método empírico – mecanicista, sistema que emplea los principios teóricos de la mecánica racional para predecir el comportamiento (esfuerzos y deformaciones) de cada capa de la estructura del pavimento, en respuestas internas de las cargas de tráfico y del clima. (MTC, 2014, pág. 8). Se establece en un análisis para escoger una combinación de espesores y materiales con el fin de que esté de acuerdo con el tránsito esperado. Su modelo mecánico se basa en la teoría multicapa elástica donde se determina las reacciones del pavimento según las cargas de las ruedas en términos de esfuerzos, deformaciones unitarias y deflexiones. Su parte empírica, utiliza la observación como medio para ver las reacciones del pavimento a través del tiempo. (Olivas, 2016, p. 46)

Un punto importante, es el uso del software KENPAVE siendo un programa con modelo de respuesta y deterioro. Utiliza módulos elásticos a una velocidad y temperatura constante, con una carga estática aplicada sobre el pavimento. Así mismo, la capa de rodadura tendrá un comportamiento elástico lineal de igual forma las capas inferiores. (Yovera, 2018, p. 18).

En el diseño de un pavimento se tiene en cuenta que durante su vida útil se pueden producir fallas, las cuales se dividen en dos. La falla funcional se basa en cuanto a la comodidad del usuario que hace uso de la vía ya que esta no produce un paso seguro



y es acompañada de la pérdida de adhesión de algunas capas de la estructura, de esa manera no cumplen con el soporte de cargas a la que son o será sometido. Por otro lado, tenemos a la falla estructural que se centra en el deterioro de la estructura del pavimento, que es producida por las repeticiones de carga de tránsito, sufriendo así, un agrietamiento o deformación. (Leguía, 2016, p. 30)

Esta investigación será evaluada por criterios importantes tales como el agrietamiento por fatiga, se originan cuando los materiales que conforman la estructura son sometidos a varias repeticiones de cargas de tránsito, sufren un agrietamiento relacionado con la deformación o tracción en la base de cada capa.

El fenómeno o falla por fatiga es el cambio de las condiciones estructurales de un material que fue sometido a tensiones repetitivas y a consecuencia, aparecen deformaciones inducidas que culminan con la ruptura total. (Pinzón y Díaz, 2013, p. 15). Los primeros estudios en laboratorio se realizaron en los metales por Wöhler en 1852. La metodología utilizada se encuentra caracterizada en función a sus materiales que son módulo elástico (E), relación de Poisson ( $\mu$ ) y espesor de la capa (h).

El criterio por fatiga es la deformación por tensión de la capa de rodadura, usada para determinar el número de repeticiones de carga que soportara el pavimento antes de que falle. (Pinzón y Díaz, 2013, p. 15).

Y con respecto al criterio de falla por deformación, la cual se manifiesta como una deformación permanente de la estructura del pavimento y de falla, sus principales manifestaciones son a causa del exceso de carga es decir por insuficiencia estructural, aumento de compacidad (defecto constructivo, rotura de granos), consolidación y expansión. Las causas principales de falla por deformación de acuerdo al tránsito son por magnitud de carga, número de repeticiones, área de influencia de carga y velocidad; mientras que por el pavimento puede ser a causa del espesor, resistencia, comprensibilidad, susceptibilidad a cambios de volumen, deformación plástica y deformación elástica y para la cimentación (apoyo) es a causa de susceptibilidad a cambios de volumen, deformación plástica y elástica. (Flores, 2012, p. 16).

La evaluación del pavimento se refiere a la redacción de un informe donde se señala el estado del pavimento en estudio, para en un futuro adoptar las medidas adecuadas para la reparación y mantenimiento, en donde se pretende prolongar la vida útil del pavimento. También permitirá conocer el tiempo de los deterioros presentes para

realizar las correcciones, optimizando los costos de reparación, a su vez, ofreciendo al usuario una correcta serviciabilidad. (Zevallos, 2017, p. 27).

Para esta investigación se hizo la siguiente formulación de problema: ¿Cuál es el resultado de la aplicación de los criterios de falla por fatiga y deformación en el pavimento en la carretera Trujillo - Laredo?

La justificación teórica de este proyecto de investigación se elabora con la finalidad de contribuir al conocimiento empleando el método empírico mecanicista, como una nueva alternativa para el diseño de pavimentos cuyos resultados demuestran diseños más exactos debido a que se analiza el comportamiento del pavimento y los factores que causan su degradación demostrando que su uso mejora la vida útil del pavimento. La presente tesis en el aspecto técnico se caracteriza por utilizar la metodología empírica mecanicista, que se ve pocas veces y también el uso de software KENPAVE dando mayor información en pavimentos flexibles para el diseño estructural del pavimento

El aporte social de este proyecto es porque se verificará si el pavimento cumple con espesores y capas mínimas de acuerdo a la norma con la finalidad de brindar un aporte a las poblaciones futuras de cómo mejorar la vida útil de un pavimento puesto que si siguen las recomendaciones pueden realizar propuestas de mejora viéndose beneficiados los pobladores de distrito de Laredo.

Esta investigación tiene como objetivo general determinar la capacidad del pavimento mediante la aplicación de los criterios de falla por fatiga y deformación, así como cuenta con objetivos específicos indispensable para el desarrollo del tema los cuales son:

Determinar la caracterización del suelo y los materiales que conforman las capas de sub base, base y capa de rodadura asfáltica.

Realizar un estudio de tráfico, identificando el tipo de carga que se debe aplicar en los criterios de falla.

Determinar el análisis de esfuerzo y deformaciones mediante el software KENPAVE.

Aplicar los criterios de falla por fatiga y deformación según el Instituto de Asfalto.

Elaborar propuesta de mejoramiento de la carretera Trujillo – Laredo.

## II. MÉTODO

### 2.1. Tipo y diseño de investigación

Según su enfoque (naturaleza), nuestra investigación es CUANTITATIVA; puesto que representa un conjunto de procesos, posee características para medir fenómenos y utiliza pruebas estadísticas mediante la cual se realizó la recolección de datos como base de medición numérica aplicando el método empírico – mecanicista, KENPAVE programa matemático y teoría para la realización de los análisis respectivos. (Hernández, Fernández y Baptista, 2010, p.4).

Según nivel (carácter), es DESCRIPTIVA; porque se encarga de describir fenómenos, contextos y eventos, donde se precisa cómo son y cómo se manifiestan. Donde se especifican las propiedades y características de la estructura del pavimento flexible. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.92).

Según finalidad, la investigación es APLICADA; porque se encarga de conocer, construir y modificar una realidad problemática, es por eso que se emplea conocimientos del diseño de pavimentos para dar una solución a la problemática existente en la carretera Trujillo – Laredo. (Borja, 2012 p.10)

Según temporalidad (orientación), la investigación es TRANSECCIONAL O TRANSVERSAL ya que se encarga de la recolección de datos en un tiempo determinado cuyo objetivo es especificar variables y analizar la incidencia y como estas se relacionan en un determinado momento. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.06).

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014, p.152) El diseño de nuestra investigación es de carácter no experimental, descriptivo simple puesto que el estudio se desarrolla en el estado actual y no se manipula la variable independiente para poder realizar la investigación, más bien aplicamos los criterios ya establecidos para determinar las propiedades y características del pavimento flexible.

## ESQUEMA NO EXPERIMENTAL – DESCRIPTIVO-SIMPLE

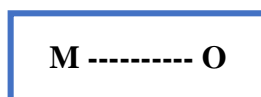


Figura 1. Esquema de diseño de investigación

Fuente: Elaboración propia

**Dónde:**

M: Carretera Trujillo – Laredo

O: Evaluación del pavimento

## 2.2.Operacionalización de Variables:

A continuación, se presenta la matriz de Operacionalización de variables:

Cuadro 1: Operacionalización de variables

<b>Variable</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala de Medición</b>
Evaluación del pavimento	Se encarga de la medición de las características físicas y funcionales del pavimento, proporcionando la información necesaria para el estudio de las posibles causas para el diagnóstico de las fallas observadas con la finalidad de ejecutar la rehabilitación y/o mantenimiento según su deficiencia. (Morales, 2004)	Determinar las características de la estructura existente, mediante calicatas y toma de muestra se obtiene valores representativos de la estructura del pavimento y terreno de fundación para luego con ayuda del KENPAVE, determinar esfuerzos y deformación lo que permitirá evaluar los criterios de falla por fatiga y deformación.	Caracterización de los materiales	CBR (%)	Razón
				Módulo Resiliente	Razón
				Coefficiente de Poisson	Intervalo
			Tráfico de Diseño	IMD	Intervalo
				ESAL	Razón
			Análisis Multicapa	Análisis de esfuerzos y deformaciones	Intervalo
Tipo de carga	Intervalo				

Fuente: Elaboración propia

## **2.3. Población, muestra y muestreo**

### **2.3.1. Población**

En nuestro proyecto de investigación, se determinó que la población corresponde a los pavimentos del tramo de carretera Trujillo – Laredo.

### **2.3.2. Muestra**

Debido al tipo de estudio se va a trabajar en su totalidad con la población referida.

### **2.3.3. Muestreo**

Para determinar el muestreo de la población utilizaremos la técnica no probabilística de la cual utilizaremos el muestreo por conveniencia, puesto que por exactitud de resultados evaluaremos todo el pavimento flexible de la carretera Trujillo – Laredo.

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

### **2.4.1. Técnicas**

Se utilizó la observación como técnica de recolección de datos.

### **2.4.2. Instrumentos**

#### **- Guía de observación**

Aquella que permite la recolección de los datos obtenidos a través del uso de instrumentos y equipos de topografía, mecánica de suelos, etc.

Además, se utilizó el software KENPAVE y equipos computarizados para procesar y evaluar los datos recolectados.

#### **- Formatos de estudio de tráfico y estudio de suelos.**

## **2.5. Procedimiento**

- Ubicación y ejecución de las calicatas.
- Extracción de las muestras.
- Se determinó los espesores de cada capa del pavimento en estudio.
- Envío de las muestras al laboratorio que nos permite establecer la caracterización del material.
- Se realizó los ensayos usando los métodos estándar de la Norma Técnica Peruana (NTP)
- Realización del estudio de tráfico
- Conteo de los tipos de vehículos, características y peso máximo por eje de acuerdo al reglamento de tránsito (MTC, 2003)

- Con los resultados obtenidos en el laboratorio y el estudio de tráfico, se procedió a evaluar mediante el software KENPAVE.
- Como paso siguiente, los resultados que arroja el software son procesados mediante los criterios de falla por fatiga y deformación del instituto de asfalto.
- Finalmente se hizo uso de la siguiente condición

$$\frac{N_f}{N_p} < 1$$

$$\frac{N_d}{N_p} < 1$$

Dónde  $N_p$  se refiere al número de repeticiones de ejes acumuladas en el periodo de diseño.

Así mismo, el criterio de falla por fatiga,

$$N_f = K_1 * \varepsilon_t^{K_2} * M_r^{K_3}$$

Dónde:

$N_f$  = número de repeticiones admisibles

$\varepsilon_t$  = deformación por tracción en la fibra interior de la carpeta asfáltica

$M_r$  = módulo resiliente

$K_1, K_2, K_3$  = constantes determinadas en pruebas experimentales

Al criterio de falla para deformaciones permanentes esta expresado como:

$$N_d = K_4 * (\varepsilon_c^{-K_5})$$

Dónde:

$N_d$  = número permitido de repeticiones de carga para limitar la deformación permanente

$\varepsilon_c$  = deformación por compresión en la parte superior de la subrasante

$K_4, K_5$  = constantes determinadas en pruebas experimentales

## **2.6. Método de análisis de datos**

Los datos obtenidos son presentados en tablas, gráficos estadísticos que muestren los parámetros estructurales que fueron obtenidos del modelamiento estructural del pavimento flexible; siendo procesado mediante software especializado como:

- KENPAVE
- Microsoft Office
- AutoCAD

## **2.7. Aspectos éticos**

En el desarrollo de este proyecto de investigación, los investigadores se comprometieron a trabajar de manera responsable con compromiso y honestidad. Respetando la autenticidad de los datos obtenidos en campo como lo es para el estudio de tráfico vehicular y el estudio de mecánica de suelos los cuales no fueron alterados y se trabajó siguiendo los pasos que la norma indica.

En el desarrollo y análisis de información se utilizaron las normas peruanas como el “Manual de Carreteras” suelos, geología, geotecnia y pavimentos, (2014) y el manual de carretas diseño geométrico DG-2018.



### **III. RESULTADOS**

#### **3.1. ESTUDIO DE SUELOS**

##### **3.1.1. Generalidades**

El presente estudio de mecánica de suelos se llevó a cabo en el “Laboratorio de mecánica de suelos de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO – CIT MOCHE” con el fin de determinar las características físicas y mecánicas del suelo existente a través de calicatas del proyecto: “Aplicación de los criterios de falla por fatiga y deformación en la evaluación del pavimento de la carretera Trujillo – Laredo”, que de manera rápida fue llevado al laboratorio, para realizar el estudio correspondiente a cada estrato.

##### **3.1.2. Objetivos**

El estudio de mecánica de suelos tiene como finalidad determinar las características físicas y mecánicas de los suelos que conforman tanto el terreno de fundación, así como las capas del pavimento existente para la evaluación del pavimento de la carretera Trujillo – Laredo.

##### **3.1.3. Descripción del proyecto**

Para realizar la evaluación del pavimento flexible de la carretera Trujillo-Laredo se programó actividades de reconocimiento del terreno y área de estudio (visita de campo), donde por medio de calicatas se extrajo muestras de suelo que sirvieron para realizar el perfil estratigráfico, estudios a la capa base y terreno de fundación, de las cuales se realizó un análisis del estudio granulométrico, Próctor modificado y CBR determinado los espesores de capa que el pavimento presenta.

###### **3.1.3.1. Ubicación**

Departamento : La Libertad  
Provincia : Trujillo  
Distrito : Laredo  
Tramo : Trujillo – Laredo

##### **3.1.4. Metodología**

Para realizar la extracción de muestra del suelo por medio de una calicata, se coordinó un permiso con la Municipalidad Distrital de Laredo, donde se concertó que se ejecutarían las excavaciones para la evaluación de cada capa

del pavimento existente. Se fijó una fecha para realizar el trabajo correspondiente con las herramientas adecuadas.

Se realizaron 04 calicatas, desde C-01 a C-04, donde se procedió a ejecutar el procedimiento de excavaciones a cielo abierto (calicatas), de dimensiones 1.0 m x 1.0 m y de 1.50 m de profundidad donde se pudo observar las diferentes capas del pavimento en estudio.

### 3.1.5. Determinación del número de calicatas y ubicación

#### - Ubicación de calicatas

Después de realizar las calicatas se obtuvo muestras por cada capa, estas fueron extraídas en porciones necesarias para poder realizar los distintos ensayos de laboratorio, para así obtener los resultados de las características físico-mecánicas.

Sus ubicaciones se muestran en el siguiente cuadro

Cuadro 2: Ubicación de calicatas en la carretera Trujillo – Laredo

CALICATA N°	DESCRIPCION	PROFUNDIDAD ESTRATO (pulg)	PROGRESIVA
C - 1	SUBRASANTE	0.45-1.50	0 + 540 km
	BASE	0.45	
C - 2	SUBRASANTE	0.45-1.50	1 + 080 km
	BASE	0.45	
C - 3	SUBRASANTE	0.45-1.50	1 + 620 km
	BASE	0.45	
C - 4	SUBRASANTE	0.45-1.50	2 + 160 km
	BASE	0.45	

Fuente: Elaboración Propia

### 3.1.6. Perfil estratigráfico

Indica la dimensión de cada estrato perteneciente a la calicata en estudio, donde se puede identificar sus características físicas y mecánicas, tales como:

#### 3.1.6.1. Calicata C- 1

0.00 – 0.05 m. Carpeta asfáltica de 2” de espesor.

0.05 – 0.45 m. Base, estrato compuesto por una mezcla de arena con limo, contiene un 19.89% de material fino (que pasa por la malla N°4),

perteneciente a un suelo SM según su clasificación en el sistema SUCS. Presenta un contenido de humedad de 4.52 %.

0.45 – 1.50 m. Terreno Natural, estrato compuesto por una mezcla de arena con limo, contiene un 26.69% de material fino (que pasa por la malla N°4), perteneciente a un suelo SM según su clasificación en el sistema SUCS. Presenta un contenido de humedad de 4.52 %.

#### **3.1.6.2.Calicata C-2**

0.00 – 0.05 m. Carpeta asfáltica de 2” de espesor.

0.05 – 0.45 m. Base, estrato compuesto por una mezcla de arena con limo, contiene un 14.56% de material fino (que pasa por la malla N°4), perteneciente a un suelo SM según su clasificación en el sistema SUCS. Presenta un contenido de humedad de 2.82%.

0.45 – 1.50 m. Terreno Natural, estrato compuesto por una mezcla de arena con limo, contiene un 23.75% de material fino (que pasa por la malla N°4), perteneciente a un suelo SM según su clasificación en el sistema SUCS. Presenta un contenido de humedad de 4.53%.

#### **3.1.6.3.Calicata C-3**

0.00 – 0.05 m. Carpeta asfáltica de 2” de espesor.

0.05 – 0.45 m. Base, estrato compuesto por una mezcla de arena con limo, contiene un 19.70% de material fino (que pasa por la malla N°4), perteneciente a un suelo SM según su clasificación en el sistema SUCS. Presenta un contenido de humedad de 4.12%.

0.45 – 1.50 m. Terreno Natural, estrato compuesto por una mezcla de arena con limo, contiene un 24.03% de material fino (que pasa por la malla N°4), perteneciente a un suelo SM según su clasificación en el sistema SUCS. Presenta un contenido de humedad de 4.68%.

#### **3.1.6.4.Calicata C- 4**

0.00 – 0.05 m. Carpeta asfáltica de 2” de espesor.

0.05 – 0.45 m. Base, estrato compuesto por una mezcla de arena con limo, contiene un 12.93% de material fino (que pasa por la malla N°4), perteneciente a un suelo SM según su clasificación en el sistema SUCS. Presenta un contenido de humedad de 2.86%.

0.45 – 1.50 m. Terreno Natural, estrato compuesto por una mezcla de arena con limo, contiene un 29.86% de material fino (que pasa por la malla N°4),

perteneciente a un suelo SM según su clasificación en el sistema SUCS. Presenta un contenido de humedad de 4.36%.

### 3.1.7. Estructura del pavimento existente

Según el estudio realizado, se ha encontrado que el pavimento tiene 2 capas estructurales sobre el terreno de fundación como se muestra en la siguiente figura.

- Capa de rodadura de mezcla asfáltica de 2" de espesor
- Capa de material afirmado de 0.45 m de espesor clasificada según SUCS, Arena con Limos SM.

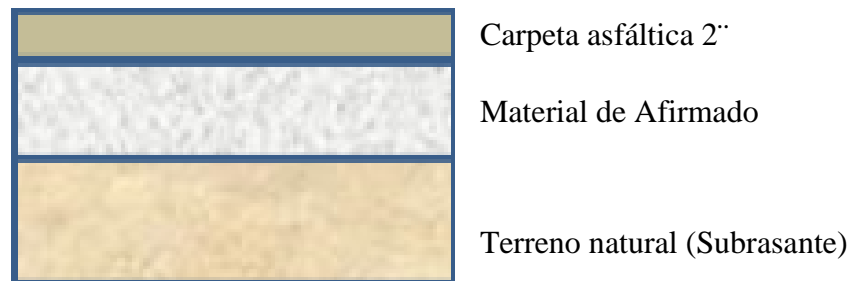


Figura 2: Estructura Del Pavimento Existente.

Fuente: Elaboración Propia

### 3.1.8. Resultados de los ensayos de suelos

A continuación, se muestra los resultados de las características físicas y mecánicas de los suelos encontrados en cada estrato en las calicatas C-1, C-2, C-3 Y C-4, respectivamente.

Cuadro 3: Resultados de ensayos de suelos de la base granular.

DESCRIPCIÓN	BASE			
	C-1	C-2	C-3	C-4
Espesor de capa (m)	0.45	0.45	0.45	0.45
<b>Granulometria</b>				
% pasa 2"	100	100	100	100
% pasa N <sup>o</sup> 4	82.52	82.27	81.46	81.76
% pasa N <sup>o</sup> 200	19.89	14.56	19.7	12.93
Limite liquido (%)	28	24	27	25
Limite plastico (%)	26	22	25	22
Indice de Plasticidad (%)	2	2	2	3
Clasificacion SUCS	SM	SM	SM	SM
Clasificacion AASHTO	A-2-4 (0)	A-1-b (0)	A-2-4 (0)	A-1-b (0)
Contenido de Humedad (%)	4.52	2.82	4.12	2.86
<b>Proctor Modificado</b>				
Densidad seca maxima (gr/cm <sup>3</sup> )	1.948	1.958	-	-
Optimo contenido de humedad (%)	8.05	8.18	-	-
CBR al 100% DSM (%)	36.83	38.02	-	-

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 4: Resultados de ensayos de suelos de Subrasante

DESCRIPCION	TERRENO NATURAL			
	C-1	C-2	C-3	C-4
Espesor de capa (m)	>0.45 - 1.50	>0.45 - 1.50	>0.45 - 1.50	>0.45 - 1.50
<b>Granulometria</b>				
% pasa 2"	100	100	100	100
% pasa N <sup>o</sup> 4	96.01	97.75	96.1	97.49
% pasa N <sup>o</sup> 200	26.69	30.56	24.03	29.86
Limite liquido (%)	19	20	18	23
Limite plastico (%)	18	18	16	22
Indice de Plasticidad (%)	1	2	2	1
Clasificacion SUCS	SM	SM	SM	SM
Clasificacion AASHTO	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)
Contenido de Humedad (%)	4.52	4.53	4.68	4.36
<b>Proctor Modificado</b>				
Densidad seca maxima (gr/cm <sup>3</sup> )	1.794	1.819	-	-
Optimo contenido de humedad (%)	9.22	9.12	-	-
CBR al 95% DSM (%)	14.79	14.77	-	-

Fuente: Elaboración Propia

## **3.2. ESTUDIO DE TRAFICO**

### **3.2.1. GENERALIDADES**

El presente estudio tiene como finalidad clasificar y determinar el volumen de los vehículos que transitan en la carretera Trujillo – Laredo.

### **3.2.2. CONTEO Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR**

El conteo de tránsito vehicular se realizó los 07 días de la semana, del 04 de noviembre hasta el 10 de noviembre del 2019.

Cuadro 5: Fechas de Conteo Vehicular de la Carretera Trujillo – Laredo.

<b>ESTACIÓN</b>	<b>TRAMO</b>	<b>DIAS DE CONTEO</b>	<b>FECHA DE ESTUDIO</b>
E -01	LAREDO - TRUJILLO	7	04/11/2019 - 10/11/2019
	TRUJILLO - LAREDO	7	04/11/2019 - 10/11/2019

Fuente: Elaboración Propia

### **3.2.3. METODOLOGÍA**

La metodología empleada en el estudio de tráfico, se basó en la investigación y recolección de datos a través de las fichas técnicas de tráfico. Donde se realizó el método observacional para la clasificación de vehículo que transitan en la carretera Trujillo – Laredo para los diferentes sentidos. Aplicando los pasos indicados en el “Manual para el estudio de tráfico” del MTC, realizando en los trabajos de campo el conteo de vehículos livianos y pesados que circulan en nuestra zona de influencia.

### **3.2.4. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN**

De los resultados del conteo vehicular se obtuvo la información de todos los vehículos que transitan en la carretera Trujillo – Laredo por hora, por día y por sentido, teniendo en cuenta los tipos vehículos antes mencionado, estos fueron procesados mediante formatos de Excel.

### **3.2.5. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE MEDIO DIARIO (IMD)**

De acuerdo al Manual de carreteras: Diseño Geométrico 2018, “Representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía”

Para la evaluación del pavimento de la carretera Trujillo – Laredo, es necesario determinar el volumen de tránsito que circula en la zona, es por eso que se realizó la demanda diaria promedio a servir en la zona a través del conteo vehicular.

El cálculo del índice medio anual (IMDa) según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones se realiza a través de la siguiente fórmula:

$$IMDa = \frac{(V_{lun} + V_{mar} + V_{jue} + V_{vie} + V_{sab} + V_{dom})}{7} fc$$

Donde:

*V (lun, mar, mie, jue, vie, sab, dom)* : Volumen clasificado día laborable.

*V sab* : Volumen clasificado de sábado

*V dom* : Volumen clasificado de domingo

*fc* : Factor de corrección estacional.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

### 3.2.6. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CORRECCIÓN

Los volúmenes de tráfico varían cada mes dependiendo de las épocas de cosecha, precipitaciones, estaciones de años, celebraciones, vacaciones, etc. siendo necesario para obtener el Índice Medio Diario Anual, hacer uso del factor de corrección. Este factor se consiguió de Provías Nacional, para el flujo de vehículos registrados en la estación del peaje de Virú, del distrito de Virú en la provincia de Virú, correspondiente al mes de estudio. Esta se toma en cuenta puesto que es la más próxima a la carretera de estudio. El factor de corrección obtenido en el periodo 2010 – 2016 para vehículos ligeros es 0.98878 y para vehículos pesados es 0.8925, estos se utilizaron para el ajuste correspondiente a las estaciones.

Cuadro 6: Factor de corrección estacional promedio del peaje de Virú.

ESTACION DE PEAJE VIRÚ			
FACTOR DE CORRECCION ESTACIONAL PROMEDIO	AÑO	VEH. LIGEROS	VEH. PESADOS
		2010-2016	0.98878

Fuente: Provías Nacional – Gerencia de operaciones zonales



### 3.2.7. RESULTADOS DEL CONTEO VEHICULAR

- **Estación E- 01:** La estación E – 01 comprende el tramo Laredo – Trujillo está ubicado en el ovalo de Laredo donde se realizó el conteo de vehículos siete días (lunes- Domingo) de manera directa.

Cuadro 7: Conteo de vehículos estación E01 sentido Laredo – Trujillo.

Tramo		LAREDO - TRUJILLO																		
Cod Estacion		E 01																Ubicación		
Estacion		OVALO LAREDO																LAREDO 13101 - TRUJILLO		
		LAREDO - TRUJILLO																		
Hora	Auto movil	Cami onet	Cmta Rural	Micro	Omnibus		Camion			Semitraylers				Traylers				TOTAL	PORC %.	
					2E	3E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3			
00-01	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.15
01-02	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.12
02-03	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.19
03-04	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.25
04-05	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0.51
05-06	3	0	4	0	1	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	1.37
06-07	5	1	63	0	2	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	75	7.80
07-08	6	1	61	0	1	0	2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76	7.87
08-09	4	1	61	0	3	1	1	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	75	7.84
09-10	5	0	60	0	0	1	0	3	1	0	0	2	0	0	0	1	0	0	73	7.65
10-11	9	2	59	0	3	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	77	8.03
11-12	6	1	59	0	1	2	3	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	75	7.83
12-13	3	1	59	0	2	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	70	7.29
13-14	3	2	58	0	1	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	71	7.39
14-15	1	1	56	0	2	0	2	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	64	6.65
15-16	3	2	54	0	1	2	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68	7.13
16-17	2	0	50	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	56	5.88
17-18	2	1	44	0	1	1	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	52	5.46
18-19	2	1	36	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42	4.34
19-20	3	1	24	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	3.05
20-21	4	0	15	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	2.10
21-22	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0.52
22-23	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.36
23-24	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.24
TOTAL	79	15	762	0	19	12	20	18	16	0	0	13	0	2	3	2	0	0	960	100.00
%	8.2%	1.5%	79.4%	0.0%	2.0%	1.3%	2.1%	2%	1.6%	0%	0.0%	1.4%	0.0%	0.2%	0.3%	0.2%	0.0%	0	100.0%	

Fuente: Elaboración Propia

- **Estación E- 02:** La estación E – 01 comprende el tramo Trujillo- Laredo está ubicado en el ovalo de Laredo donde se realizó el conteo de vehículos siete días (lunes – domingo) de manera directa.

Cuadro 8: Conteo de vehículos estación E01 sentido Trujillo - Laredo.

Tramo		LAREDO - TRUJILLO												Ubicación		LAREDO 13101 - TRUJILLO				
Cod Estacion		E 01												Sentido		TRUJILLO - LAREDO				
Estacion		OVALO LAREDO																		
Hora	Auto movil	Cami onet	Cmta Rural	Micro	Omnibus		Camion			Semitraylers				Traylers				TOTAL	PORC %.	
					2E	3E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3			
00-01	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.15
01-02	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.26
02-03	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.09
03-04	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.17
04-05	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0.46
05-06	2	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0.74
06-07	3	1	64	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	74	7.98
07-08	4	1	62	0	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73	7.90
08-09	2	1	61	0	2	1	1	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	73	7.88
09-10	4	1	62	0	0	1	0	3	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	74	8.02
10-11	6	1	61	0	2	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	74	7.99
11-12	7	0	60	0	1	2	2	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	76	8.18
12-13	6	0	59	0	2	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	72	7.73
13-14	3	1	58	0	1	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	69	7.48
14-15	1	1	56	0	2	0	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	65	7.01
15-16	2	0	54	0	1	2	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	6.90
16-17	3	0	51	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	58	6.28
17-18	3	0	43	0	1	1	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	52	5.56
18-19	2	0	32	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	4.10
19-20	3	0	22	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	2.89
20-21	1	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	1.54
21-22	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.34
22-23	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.20
23-24	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.14
<b>TOTAL</b>	<b>65</b>	<b>10</b>	<b>758</b>	<b>0</b>	<b>18</b>	<b>14</b>	<b>18</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>928</b>	<b>100.00</b>	
<b>%</b>	<b>7.0%</b>	<b>1.1%</b>	<b>81.7%</b>	<b>0.0%</b>	<b>2.0%</b>	<b>1.5%</b>	<b>1.9%</b>	<b>1.6%</b>	<b>1.4%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>1.3%</b>	<b>0.0%</b>	<b>0.2%</b>	<b>0.2%</b>	<b>0.2%</b>	<b>0.0%</b>	<b>100.0%</b>		

Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.8. IMDa POR ESTACIÓN

La carretera Trujillo – Laredo cuenta con un tráfico vehicular con mayor influencia en vehículos livianos siendo el tipo de vehículos más común la camioneta rural, mientras para vehículos pesados el más frecuente son los ómnibus de 2E.

#### - IMDa E-01

Cuadro 9: Índice medio diario anual (IMDa) de la carretera Trujillo -Laredo.

TRAMO	ESTACION	SENTIDO	IMD	TIPO DE VEHICULO												
				AUTOMOVIL	CAMIONETA	CAMIONETA RURAL	MICROBUS	OMNIBUS 2E	OMNIBUS 3E	CAMION 2E	CAMION 3E	CAMION 4E	SEMI TRAYLERS 3S2	TRAYLER 2T2	TRAYLER 2T3	TRAYLER 3T2
TRUJILLO LAREDO	E 01	E	935	77	16	753	0	17	11	17	14	14	12	1	1	2
		S	901	64	7	748	0	17	12	15	12	12	11	2	0	1
		E+S	1836	141	23	1501	0	34	23	32	26	26	23	3	1	3
		%	100%	7.68%	1.25%	81.75%	0.00%	1.85%	1.25%	1.74%	1.42%	1.42%	1.25%	0.16%	0.05%	0.16%

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior como se puede ver el índice medio diario, calculado como promedio diario anual posee 1836 vehículos, de los cuales 935 circulan en el sentido de Laredo – Trujillo representando el 50.93% del total de vehículos mientras que en el sentido Trujillo – Laredo circulan 901 vehículos que representan el 49.07 % del total.

Por otro lado, de la figura 3, se puede apreciar que los máximos volúmenes horarios (horas punta) se presentan desde las 10 hasta 12 horas de la mañana contabilizándose 296 (16.12 %) vehículos y, por las tardes, entre las 16 y 17 horas, registrando 110 (5.99 %) vehículos. De igual forma, las horas de menor tráfico (horas valle) se dan entre las 12 a 01 horas de la madrugada con un promedio de 2 vehículos (0.11 %) y entre las 11 a 12 horas de la noche registrando 3 vehículos (0.16 %).

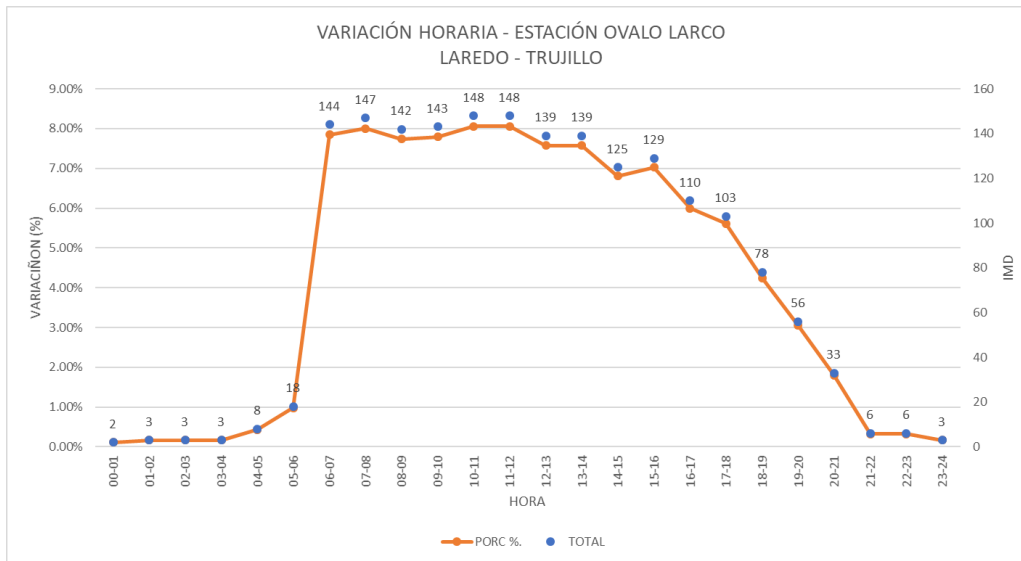


Figura 3: Variación Horaria – Estación Ovalo Laredo

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a los tipos de vehículos que circulan por la carretera Trujillo - Laredo, se aprecia en la figura 4, que se presenta a continuación, se puede apreciar que los vehículos livianos representan los mayores volúmenes, tal es así que, las camionetas rurales presentan una cantidad de 1501 unidades que es el 81.75 % le siguen los automóviles, con 141 unidades que son el 7.68 % y las camionetas 23 unidades que es el 1.25 %. Dentro de los vehículos pesados, lo que predominan son los Ómnibus de dos ejes, acumulando un promedio diario de 32 unidades que es el 1.62 % entre otros.

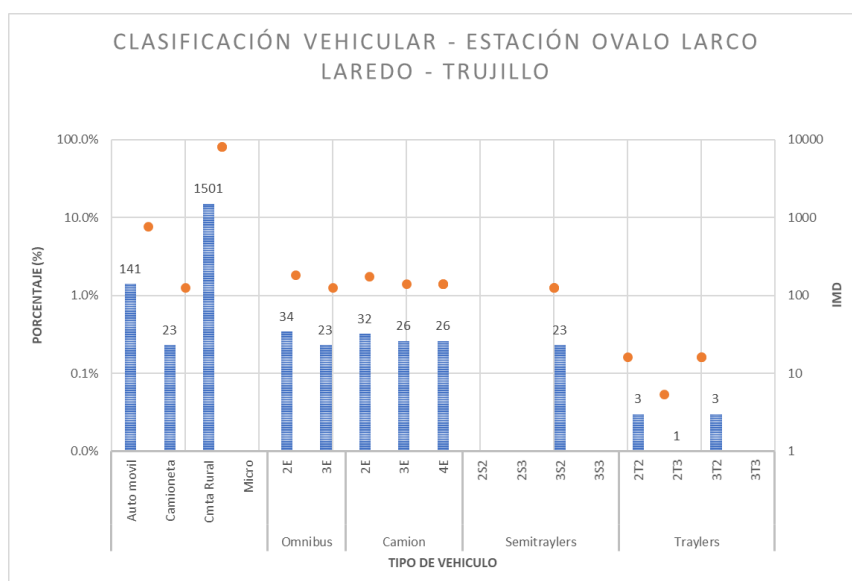


Figura 4: Variación Horaria – Estación Ovalo Laredo

Fuente: Elaboración propia.

El resumen del índice medio diario anual, expresado en vehículos por día, así como el porcentaje correspondiente que representa cada tipo de vehículo, se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 10: Resumen de IMDA expresado en vehículos.

TIPO DE VEHICULO	VEH/DIA	%
AUTOMOVIL	141	7.68%
CAMIONETA	23	1.25%
CAMIONETA RURAL	1501	81.75%
MICROBUS	0	0.00%
OMNIBUS 2E	34	1.85%
OMNIBUS 3E	23	1.25%
CAMION 2E	32	1.74%
CAMION 3E	26	1.42%
CAMION 4E	26	1.42%
SEMI TRAYLERS 3S2	23	1.25%
TRAYLER 2T2	3	0.16%
TRAYLER 2T3	1	0.05%
TRAYLER 3T2	3	0.16%
<b>TOTAL</b>	<b>1836</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Estudio de Trafico

### 3.2.9. DETERMINACIÓN DEL TRÁFICO DE DISEÑO

El tráfico de diseño se determinó siguiendo el método AASTHO de acuerdo al IMDA que se obtuvo del estudio de conteo y clasificación vehicular.

Se consideró un periodo de diseño de 20 años, para poder realizar la proyección de tráfico se consideraron la tasa de crecimiento promedio anual en concordancia con el sistema de inversión pública del Perú, para el tránsito de vehículos de pasajeros según el crecimiento poblacional y para los vehículos de carga el crecimiento del producto bruto interno (PBI) para el departamento de la Libertad, dichos valores fueron tomados del Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI, las que se indican a continuación:

Cuadro 11: Tasa de crecimiento de la población por departamento.

DEPARTAMENTO	TC
Amazonas	0.62%
Ancash	0.59%
Apurímac	0.59%
Arequipa.	1.07%
Ayacucho	1.18%
Cajamarca.	0.57%
Callao	1.56%
Cusco.	0.75%
Huancavelica.	0.83%
Huánuco.	0.91%
Ica.	1.15%
Junín.	0.77%
<b>La Libertad</b>	<b>1.26%</b>
Lambayeque.	0.97%
Lima Provincia	1.45%
Lima.	1.45%
Loreto.	1.30%
Madre de Dios	2.58%
Moquegua	1.08%
Pasco.	0.84%
Piura.	0.87%
Puno.	0.92%
San Martín.	1.49%
Tacna.	1.50%
Tumbes.	1.58%
Ucayali	1.51%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – INE

Cuadro 12: Tasa anual departamental PBI 2017

<b>DEPARTAMENTO</b>	<b>PBI</b>
Amazonas	3.42%
Ancash	1.05%
Apurímac	6.65%
Arequipa.	3.37%
Ayacucho	3.60%
Cajamarca.	1.29%
Cusco.	4.43%
Huancavelica.	2.33%
Huánuco.	3.85%
Ica.	3.54%
Junín.	3.90%
<b>La Libertad</b>	<b>2.83%</b>
Lambayeque.	3.45%
Callao	3.41%
Lima Provincia	3.07%
Lima.	3.69%
Loreto.	1.29%
Madre de Dios	1.98%
Moquegua	0.27%
Pasco.	0.36%
Piura.	3.23%
Puno.	3.21%
San Martín.	3.84%
Tacna.	2.88%
Tumbes.	2.60%
Ucayali	2.77%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática – INE

Vehículos de pasajeros : 1.26 % (tasa de crecimiento de la población)

Vehículos de carga : 2.83% (tasa de crecimiento del PBI – La Libertad)

El cálculo del factor de crecimiento se realizó, utilizando la siguiente expresión utilizada por AASTHO al igual que el instituto de asfalto.

$$Factor\ Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Dónde:

Fca = Factor de crecimiento vehicular.

r = Tasa de crecimiento promedio anual.

n = Período de diseño 20 años.

Al aplicar la expresión anterior para los parámetros indicados anteriormente, se determinó los factores de crecimiento del tráfico que se muestran a continuación.

F ca = 22.59 Factor de crecimiento vehicular – vehículos ligeros.

F ca = 26.41 Factor de crecimiento vehicular – vehículos pesados.

Con el fin de aplicar los procedimientos modernos de verificación y diseño de estructuras de pavimentos, se necesita que el tráfico vehicular esté expresado en términos de ejes equivalentes al eje simple de ruedas dobles que transmite una carga de 80 KN (8.2 toneladas), o también denominado ESAL o, EAL, ya sea según el método AASHTO o del Instituto del asfalto. En tal sentido, se debe transformar el tráfico vehicular encontrado en el estudio de conteo y clasificación vehicular (IMDa) a ejes simples de 80 KN, lo cual se consigue mediante la aplicación de los Factores de Equivalencia de Carga, que relacionan cualquier tipo de carga, con la carga por eje simple de 80 KN en rueda doble.

En el presente estudio se utilizó la tabla 6.3 del Manual de Carreteras, sección Suelos y Pavimentos de la cual se utilizó las expresiones adoptadas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC).



Cuadro 13: Relación de cargas por ejes para determinar ejes equivalentes (EE) para Afirrigidos, Pavimentos Flexibles y Semirrigidos.

TIPO DE EJE	EJE EQUIVALENTE
Eje Simple de Ruedas Simples	$= ( \quad )^4$
Eje Simple de Ruedas Dobles	$= ( \quad )^4$
Eje tandem (1 Eje Ruedas Dobles + 1 Eje Ruedas Simples)	$= ( /14 )^4$
Eje Tandem (2 Ejes de Ruedas Dobles)	$= ( /15.1 )^4$
Eje Tridem (2 Ejes Ruedas Dobles + 1 Eje Ruedas Simples)	$= ( \quad .7 )$
Eje Tridem (3 Ejes Ruedas Dobles)	$= ( \quad 21. )$

Fuente: Manual de Carreteras, Sección Suelos y Pavimentos – MTC

Los cálculos de los factores camión que le corresponde a cada tipo de vehículo se presentan en el anexo correspondiente, de donde se ha extraído el resumen que se muestra en el siguiente cuadro resumen:

Cuadro 14: Factor Camión

TIPO DE VEHICULO	FACTOR CAMION
Automovil	0.0006
Camioneta	0.0026
Camioneta Rural	0.0055
Omnibus 2E	4.5037
Omnibus 3E	2.6313
Camion 2E	4.5037
Camion 3E	3.2846
Camion 4E	2.7736
Semitraylers 3S2	4.5499
Traylers 2T2	7.7419
Traylers 2T3	6.5229
Traylers 3T2	10.9802

Fuente: Elaboración propia

Realizando el procedimiento de la guía AASTHO para el Diseño de Estructuras de Pavimentos, se procedido a realizar el cálculo de tráfico proyectado final del periodo de diseño, para carril de diseño (W18)

Cuadro 15: Trafico de diseño

TIPO DE VEHICULO	IMDa	Fca	TRAFICO DE DISEÑO	FACTOR VEHICULO	EE	FACTOR DIRECCION	FACTOR CARRIL	Nrep de EE 8.2 tn
Automovil	141	22.59	1162341	0.0006	691.962	0.5	1	346
Camioneta	23	22.59	189602	0.0026	495.508	0.5	1	248
Camioneta Rural	1501	22.59	12373576	0.0055	68246.729	0.5	1	34123
Omnibus 2E	34	26.41	327755	4.5037	1476095.021	0.5	1	738048
Omnibus 3E	23	26.41	221716	2.6313	583403.815	0.5	1	291702
Camion 2E	32	26.41	308475	4.5037	1389264.578	0.5	1	694632
Camion 3E	26	26.41	250636	3.2846	823234.044	0.5	1	411617
Camion 4E	26	26.41	250636	2.7736	695151.565	0.5	1	347576
Semitraylers 3S2	23	26.41	221716	4.5499	1008796.038	0.5	1	504398
Traylers 2T2	3	26.41	28920	7.7419	223896.924	0.5	1	111948
Traylers 2T3	1	26.41	9640	6.5229	62880.439	0.5	1	31440
Traylers 3T2	3	26.41	28920	10.9802	317548.183	0.5	1	158774
<b>TOTAL</b>								<b>3324852</b>

Fuente: Elaboración propia

**Resultado:**

El tráfico proyectado final es de tres millones treientos veinticuatro mil ochocientos cincuenta y dos.

### 3.2.10. CLASIFICACIÓN DE NUMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES EN EL PERIODO

Cuadro 16: Número De Repeticiones Acumuladas De Ejes Equivalentes 8.2 TN, En El Carril De Diseño Para Pavimentos Flexibles.

<b>Tipos Trafico Pesado Expresado en EE.</b>	<b>Rangos de Trafico Pesado Expresado en EE.</b>
T <sub>p5</sub>	> 1 000 000 EE ≤ 1 500 000 EE
T <sub>p6</sub>	> 1 500 000 EE ≤ 3 000 000 EE
T <sub>p7</sub>	> 3 000 000 EE ≤ 5 000 000 EE
T <sub>p8</sub>	> 5 000 000 EE ≤ 7 500 000 EE
T <sub>p9</sub>	> 7 500 000 EE ≤ 10 000 000 EE
T <sub>p10</sub>	> 10 000 000 EE ≤ 12 500 000 EE
T <sub>p11</sub>	> 12 500 000 EE ≤ 15 000 000 EE
T <sub>p12</sub>	> 15 000 000 EE ≤ 20 000 000 EE
T <sub>p13</sub>	> 20 000 000 EE ≤ 25 000 000 EE
T <sub>p14</sub>	> 25 000 000 EE ≤ 30 000 000 EE

Fuente: Manual De Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

#### **Resultado:**

La carretera proyectada se encuentra en el tipo Tp7

### **3.3. VERIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO**

La verificación de la capacidad estructural del pavimento existente, se realizó mediante la aplicación de los criterios de falla por fatiga y deformación según lo demanda el Instituto de Asfalto.

La primera consistió en la caracterización de los materiales de cada uno de las capas existentes (carpeta asfáltica, base, terreno natural), como siguiente paso, se realizó el estudio de tráfico para establecer el tipo de carga predominante en la zona de Laredo para después calcular los esfuerzos y deformaciones mediante el software KENPAVE.

Como último paso, usando las ecuaciones del Instituto de Asfalto, que permiten hallar el número permisible de repeticiones de carga que puede soportar, aplicando los criterios de falla por fatiga y deformación.

#### **3.3.1. Caracterización De Los Materiales Del Pavimento Existente**

Para la caracterización se tomarán en cuenta los resultados del estudio de mecánica de suelos realizado en la zona de estudio.

Según los resultados de este, el pavimento existente en la ciudad de Laredo, cuenta con las siguientes características:

Capa 1: mezcla asfáltica en frío de 2" de espesor.

Capa 2: material afirmado de 0.45 m de espesor clasificado como SM.

Capa 3: terreno natural (subrasante) compuesto por arena limosa.

Con el propósito de modelar la capa de superficie asfáltica para la aplicación del software Kenpave y definir los esfuerzos que producen la aplicación de las cargas de tráfico, los materiales que forman cada capa en estudio deben ser distinguida por dos propiedades básicas: el módulo de elasticidad (módulo dinámico) y el coeficiente de Poisson.

Según lo encontrado en el estudio de suelos, la capa de rodadura está compuesta por mezcla asfáltica en frío,

Los valores del módulo de elasticidad tal como del coeficiente de Poisson se han consignado en función a valores determinados para mezclas asfálticas en frío mencionadas en los libros referentes al tema. En la sección de Suelos y Pavimentos del Manual de Carreteras del MTC, en el cuadro 12.13 Coeficiente Estructural de las Capas del Pavimento  $a_1$ , considera para carpeta asfáltica en frío un 0.125/cm (0.32 /plg) como el coeficiente de capa.

Por otro lado, para una mezcla asfáltica en frío, en el cuadro 16.21 Coeficiente de Capa usados por varios Estados, de la sección 16 perteneciente al libro de Ingeniería de Caminos del Ingeniero (Merrit Frederick), señala que el coeficiente de capa para mezclas en frío varía desde 0.17 a 0.38 /plg.

Para el presente estudio, seleccionamos un coeficiente promedio de 0.30 /plg, usando la figura N° 5, donde determinamos el módulo elástico de 200000 psi. Lo referente al módulo de Poisson, se tomó como valor  $\nu=0.35$ , de la tabla N°12 de Módulos de Poisson empleados para las Diferentes Capas de Pavimentos.

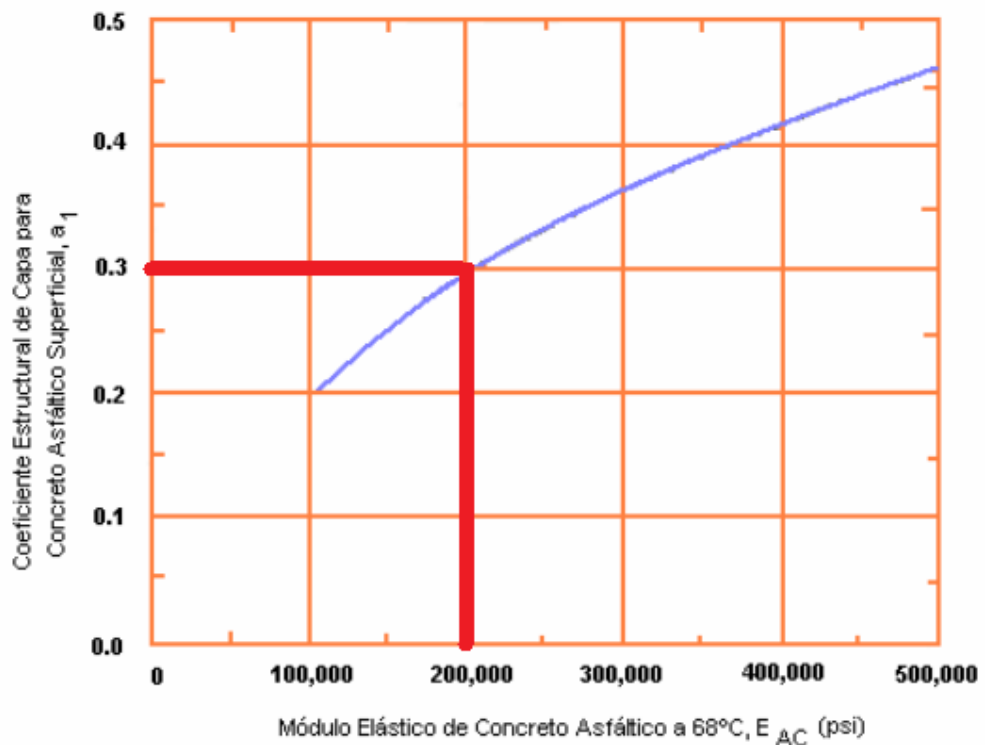


Figura 5: Carta para calcular el coeficiente estructural de Concreto asfáltico de gradación densa en base al módulo resiliente.

Fuente: Guía Aashto para diseño de estructuras de pavimentos.

Respecto al coeficiente de Poisson, utilizaremos los valores mencionados en el XIII Congreso nacional de Ingeniería Civil.

Cuadro 17: Modulo de Poisson empleados para las diferentes capas de pavimentos

<b>MATERIAL</b>	<b>RANGO</b>	<b>UTILIZADO</b>
Material Asfaltico	0.30-0.40	0.35
Materiales Granulares	0.30-0.40	0.35
Materiales Finos	0.30-0.50	0.45

Fuente: Carrillo A., Carrillo E., Vera I. y Donayre O. Evaluación de un modelo avanzado de diseño de pavimentos flexibles y su comparación con los métodos tradicionales. Ponencia presentada al XIII Congreso nacional de Ingeniería Civil.

Con respecto al módulo resiliente, existen varias expresiones que permiten determinarlo a partir del valor de CBR, en este caso, tomaremos la ecuación del Transportation and Road Research Laboratory (TRRL) (Lister, 1987) ya que ha sido aceptada por el MTC, y se muestra a continuación:

$$M_r = CBR^{0.64}$$

Ahora reemplazamos los datos obtenidos como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 18: Resumen de Estudio de Suelos y Coeficiente de Poisson.

CALICATA		CBR		MODULO RESILIENTE		COEFICIENTE DE POISSON
N°	ESTRATO	100%	95%	Mr=2555*	<sup>0.64</sup>	
C-1	SUBRASANTE	20.65	14.79	17739.43	14327.50	0.45
	BASE	36.83	31.03	25689.76	23021.37	0.35
C-2	SUBRASANTE	21.3	14.77	18094.80	14315.10	0.45
	BASE	38.02	30.31	26217.95	22678.06	0.35

Fuente: elaborado en base al Estudio de suelos y, Carrillo A., Carrillo E., Vera I. y Donayre O. Evaluación de un modelo avanzando de diseño de pavimentos flexibles y su comparación con los métodos tradicionales. Ponencia presentada al XIII Congreso nacional de Ingeniería Civil.

Utilizamos para la subrasante el CBR al 95%, para base el CBR al 100%.

Considerando el valor más crítico, el módulo resiliente es:

TERRENO NATURAL C-2 = 14315.10 psi.

BASE C-1 = 25689.75 psi.

De la misma manera, se consideró al coeficiente de Poisson para material granular  $\nu = 0.35$ , para el terreno natural  $\nu = 0.45$

### 3.3.2. Configuración de ejes

Del estudio de Tráfico, se determinó que los tipos de vehículos más predominantes, que representan el mayor número de ejes equivalentes son: Ómnibus 2E que cuyo eje posterior corresponde un eje simple de ruedas dobles, otro vehículo con mayor número es el SemiTrayler 3S2 cuyo eje posterior es eje Tándem de ruedas dobles cuya configuración se muestra en las figuras siguientes:

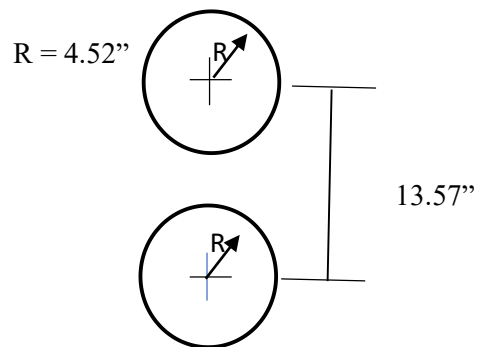


Figura 6: Configuración de Eje Simple Para Análisis Multicapa

Fuente: Archivo Kenpave

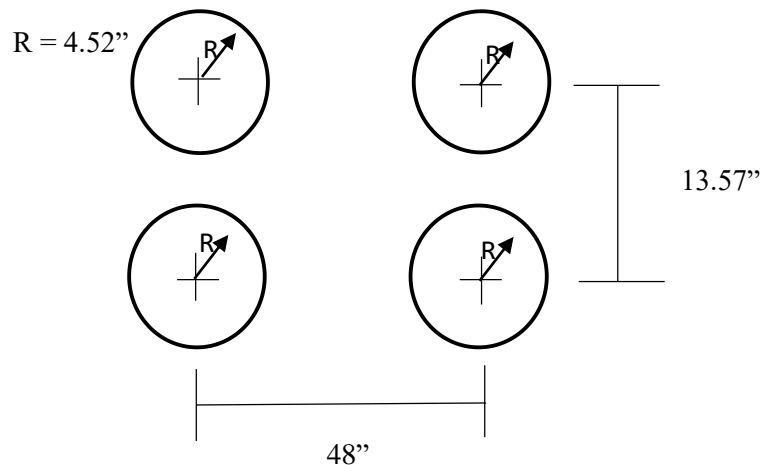


Figura 7: Configuración de Eje Tándem Para Análisis Multicapa

Fuente: Archivo Kenpave



### 3.3.3. Aplicación del Kenpave a la estructura del pavimento existente

Se hizo uso del software Kenpave bajo los siguientes fundamentos:

Análisis lineal de un sistema de tres capas: carpeta asfáltica en frío, base granular y subrasante.

Se analizarán bajo dos tipos de carga que corresponden: eje simple de ruedas simples y eje tándem.

Cuadro 19: Caracterización de los materiales del pavimento.

CAPA	ESPESOR (plg)	E (psi)	V
Carpeta asfáltica	2"	200000	0.35
Base	18"	25690	0.35
Subrasante	-	14315	0.45

Fuente: Elaboración propia

Según la recopilación de datos, nuestra carga de tránsito predominante es el eje simple de ruedas simples (Ómnibus 2 E), los datos son ingresados al software Kenpave para la aplicación de los criterios de falla por fatiga y deformación.

Del resultado de la aplicación del software Kenpave, aplicado a los criterios que se indican a continuación:

- Análisis lineal.
- Eje simple de rueda doble y eje tándem (ejes ruedas dobles y un eje rueda simple)
- Con los valores de las características de pavimento existente.

Se obtienen los siguientes resultados para la verificación del pavimento

- Et (tensión vertical)
- Ez (tensión horizontal)

#### - Aplicación del Criterio de falla por fatiga del Instituto de Asfalto para eje simple de ruedas dobles.

$$N_f = 0.0796 * \epsilon_t^{-3.291} * M_r^{-0.854}$$

Con los resultados anteriores, aplicamos las expresiones del instituto de asfalto para el criterio de fallas por fatiga.

$$\epsilon_t = 0.000395$$

$$M_r = 14320 \text{ kg/cm}^2$$

Reemplazando valores en la fórmula

$$N_f = 3567275.809 \text{ ejes equivalentes}$$

Como dato del estudio de tráfico

$$N_p = ESAL = 3324852.403 \text{ E. E.}$$

Finalmente

$$\frac{N_p}{N_f} < 1 = 0.93 < 1 \Rightarrow \text{CUMPLE}$$

- Aplicación del Criterio de falla por deformación del Instituto de Asfalto para eje simple de ruedas dobles

$$N_d = 1.365 * (\varepsilon_z^{-4.477})$$

Con los resultados anteriores, aplicamos las expresiones del instituto de asfalto para el criterio de fallas por fatiga.

Donde:

$$\varepsilon_z = 0.000387$$

Reemplazando valores en la fórmula

$$N_d = 2581967 \text{ ejes equivalentes}$$

Como dato del estudio de tráfico

$$N_p = ESAL = 3324852.403 \text{ E. E.}$$

Finalmente

$$\frac{N_p}{N_d} < 1 = 1.29 > 1 \Rightarrow \text{NO CUMPLE}$$

- Aplicación del Criterio de falla por fatiga del Instituto de Asfalto para eje tándem.

$$N_f = 0.0796 * \varepsilon_t^{-3.291} * M_r^{-0.854}$$

Con los resultados anteriores, aplicamos las expresiones del instituto de asfalto para el criterio de fallas por fatiga.

$$\varepsilon_t = 0.000399$$

$$M_r = 14320 \frac{kg}{cm^2}$$

Reemplazando valores en la fórmula

$$N_f = 3450928.26 \text{ ejes equivalentes}$$

Como dato del estudio de tráfico

$$N_p = ESAL = 3324852.403 \text{ E. E.}$$

Finalmente

$$\frac{N_p}{N_f} < 1 = 0.96 < 1 \Rightarrow \text{CUMPLE}$$

- Aplicación del Criterio de falla por deformación del Instituto de Asfalto para eje tándem.

$$N_d = 1.365 * (\varepsilon_z^{-4.477})$$

Con los resultados anteriores, aplicamos las expresiones del instituto de asfalto para el criterio de fallas por fatiga.

Donde:

$$\varepsilon_z = 0.000382$$

Reemplazando valores en la fórmula

$$N_d = 2736749 \text{ ejes equivalentes}$$

Como dato del estudio de tráfico

$$N_p = ESAL = 3324852.403 \text{ E. E.}$$

Finalmente

$$\frac{N_p}{N_d} < 1 = 1.22 > 1 \Rightarrow \text{NO CUMPLE}$$

De acuerdo a los resultados finales, se puede deducir que el paquete estructural del pavimento en estudio no es apto para soportar las condiciones de tráfico y requiere mejora.

### 3.3.4. Propuesta de mejoramiento

Como primer punto, se elabora la propuesta de diseño según el método AASHTO – 93, para la carretera con las siguientes características:

Carretera, de dos carriles, una en cada dirección siendo un tipo de tráfico pesado de TP7.

Cuadro 20: Parámetros de diseño según AASHTO – 93

Diseño de Pavimento				MTC, suelos y pavimentos
Parámetros		Datos		
Tráfico de diseño	W18	3324852	E.E	
Resistencia del terreno	Mr	14315	PSI	
Confiabledad	R	85	%	Cuadro 12.6
Desv. Estándar normal	Zr	-1.036		Cuadro 12.8
Desv. Estándar combinada	So	0.45		Pavimento Flexible
Serviciabilidad inicial	Pi	4		Cuadro 12.10
Serviciabilidad final	Pf	2.5		Cuadro 12.11
Pérdida de Serviciosabilidad	$\Delta$	1.5		Cuadro 12.12

Fuente: Elaboración Propia

Para el cálculo del número estructural requerido, se hizo uso del software aplicando la ecuación del método mencionado anteriormente, dando como resultado: (**ver anexo 4 página 127**)

$$SN = 3.24$$

De la misma manera, las características de los materiales a utilizar en las capas del pavimento en estudio, deben ser verificados con los diferentes requisitos:

- Módulo de elasticidad de la capa de rodadura de concreto asfáltico = 450000 PSI
- CBR de base = 100 %
- CBR de la sub base = 50%, según el MTC como mínimo 40% Cuadro 12.13
- CBR del terreno natural = 14.77%

Los cálculos correspondientes se encuentran en el Anexo, donde se concluyó que la estructura mejora del pavimento es la siguiente:

- Capa de rodadura = 4”
- Capa de base granular = 8”
- Capa de sub base granular = 8”
- Número estructural del AASHTO => SN = 3.88 > 3.24 OK

### 3.3.5. Evaluación de la estructura propuesta

Se hizo uso del software Kenpave bajo los siguientes fundamentos:

Análisis lineal de un sistema de cuatro capas: carpeta asfáltica en frío, base granular, sub base granular y subrasante.

Se analizarán bajo dos tipos de carga que corresponde: eje simple de ruedas dobles y eje tándem.

Cuadro 21: Caracterización de los materiales

CAPA	ESPESOR (plg)	E (psi)	V
Carpeta asfáltica	4"	450000	0.35
Base	8"	48685	0.35
Sub base	8”	31241	0.35
Subrasante	-	14315	0.45

Fuente: Elaboración Propia

Los datos son ingresados al software donde nos arroja los siguientes resultados para la aplicación de los criterios.

- **Aplicación de Criterio de falla por fatiga del Instituto de Asfalto para eje simple.**

$$N_f = 0.0796 * \epsilon_t^{-3.291} * M_r^{-0.854}$$

Dónde:

$$\epsilon_t = 0.0001803$$

$$M_r = 14315 \text{ kg/cm}^2$$

Reemplazando valores en la fórmula

$$N_f = 47139537.39 \text{ ejes equivalentes}$$

Como dato del estudio de tráfico

$$N_p = ESAL = 3324852.403 \text{ E. E.}$$

Finalmente

$$\frac{N_p}{N_f} < 1 = 0.071 < 1 \Rightarrow \text{CUMPLE}$$

- **Aplicación de Criterio de falla por deformación del Instituto de Asfalto eje simple.**

$$N_d = 1.365 * (\varepsilon_z^{-4.477})$$

Con los resultados anteriores obtenidos del software Kenpave, aplicamos las expresiones del instituto de asfalto para el criterio de fallas por fatiga.

Dónde:

$$\varepsilon_z = 0.000308$$

Reemplazando valores en la fórmula

$$N_d = 7176143 \text{ ejes equivalentes}$$

Como dato del estudio de tráfico

$$N_p = ESAL = 3324852.403 \text{ E. E.}$$

Finalmente

$$\frac{N_p}{N_d} < 1 = 0.46 < 1 \Rightarrow \text{CUMPLE}$$

- Aplicación de Criterio de falla por fatiga del Instituto de Asfalto para eje tándem.

$$N_f = 0.0796 * \varepsilon_t^{-3.291} * M_r^{-0.854}$$

Con los resultados anteriores obtenidos del software Kenpave, aplicamos las expresiones del instituto de asfalto para el criterio de fallas por fatiga.

Dónde:

$$\varepsilon_t = 0.000178$$

$$M_r = 14315 \text{ kg/cm}^2$$

Reemplazando valores en la fórmula

$$N_f = 49173942.07 \text{ ejes equivalentes}$$

Como dato del estudio de tráfico

$$N_p = ESAL = 3324852.403 \text{ E. E.}$$

Finalmente

$$\frac{N_p}{N_f} < 1 = 0.067 < 1 \Rightarrow \text{CUMPLE}$$

- Aplicación de Criterio de falla por deformación del Instituto de Asfalto eje tándem.

$$N_d = 1.365 * (\varepsilon_z^{-4.477})$$

Con los resultados anteriores obtenidos del software Kenpave, aplicamos las expresiones del instituto de asfalto para el criterio de fallas por fatiga.

Dónde:

$$\varepsilon_z = 0.0003081$$

Reemplazando valores en la fórmula

$$N_d = 7165721 \text{ ejes equivalentes}$$

Como dato del estudio de tráfico

$$N_p = ESAL = 3324852.403 \text{ E. E.}$$

Finalmente

$$\frac{N_p}{N_d} < 1 = 0.46 < 1 \Rightarrow \text{CUMPLE}$$

De acuerdo a los resultados finales, se puede deducir que el paquete estructural del pavimento en el estudio propuesto con 3 capas: capa de rodadura (4”), capa base granular (8”) y capa sub base (8”), cumplen con los criterios de falla del Instituto del asfalto respecto a fatiga y deformación permanente, por lo tanto es considerado una propuesta de mejora valida.



#### IV. DISCUSIÓN

El reciente estudio, se basó en verificar la resistencia del pavimento en el Tramo de la carretera Trujillo - Laredo, haciendo uso del software Kenpave lo que conlleva a realizar un análisis en la estimación de esfuerzos y deformaciones en el terreno de fundación y en las capas del paquete estructural, debido al paso de los vehículos y las características mecánicas de los materiales, cuyos datos son evaluados mediante las ecuaciones referidas a los criterios de falla del Instituto del Asfalto.

Como se puede observar en el Cuadro 19, se encontró la caracterización de los materiales del pavimento que siendo procesados por el Software KENPAVE para eje simple y eje tándem, aplicando las ecuaciones del instituto de asfalto el paquete estructural no cumple con los espesores de capa es decir no es apto para soportar las condiciones de tráfico. Este resultado es igual al encontrado por Horna y Vásquez, los cuales realizaron la evaluación del pavimento flexible por medio del software KENPAVE y que aplicando las fórmulas del instituto de asfalto llegaron a la conclusión que el paquete estructural existente no es apto para soportar las condiciones de tráfico. Asimismo, de acuerdo a los estudios de Arias y Sarmiento se determinó que el método Empírico mecanicista es una herramienta de análisis y diseño más completa puesto que permite analizar los daños de diversos vehículos de forma individual tal como la deformación y agrietamiento por fatiga.

De acuerdo al cuadro 15 de tráfico de diseño se puede apreciar que los ejes predominantes son el eje simple de rueda doble y el eje tándem de ruedas dobles, siendo para el primero un ómnibus de 2E con un total 738 048 repeticiones y para el segundo el SemiTrayler de 3S2 con un total de 504 398; este resultado es igual al de Horna y Vásquez, los cuales realizaron su estudio de tráfico teniendo como ejes predominantes el eje simple de rueda doble y el eje tándem de ruedas dobles. Flores en su investigación determinó que las causas principales de falla por deformación de acuerdo al tránsito son por magnitud de carga, número de repeticiones.

De acuerdo al Cuadro 22 referido a la propuesta de una nueva estructura de mejoramiento para el tramo de la carretera Trujillo - Laredo, teniendo en cuenta las condiciones propuestas en reglamento para la resistencia del terreno y el tráfico, se

estableció un pavimento compuesta por tres capas: capa de rodadura de concreto asfáltico de 4" de espesor, base y sub base granular de 8" de espesor cada una, haciendo un total de 20", la cual también fue analizada con el software Kenpave, determinando que las relaciones anteriormente mencionadas para las expresiones de la falla por fatiga y deformación, tanto para eje simple de rueda doble como para el eje tándem, se concluye que la estructura propuesta tiene la resistencia suficiente para soportar las cargas de tráfico y las condiciones de terreno natural existente este resultado es igual que de Olivas quien aplico el programa Kenlayer para la propuesta de su paquete estructural siendo la carpeta asfáltica de 5", base de 6" y subbase de 5" cumpliendo con los requerimientos de la norma C.E.010. Asimismo, para García, Gutiérrez y Hernández que utilizó el método empírico mecanicista CR ME donde se propuso los siguientes espesores de capa carpeta asfáltica de 12 cm, base de 20 cm y subbase de 40 cm concluyendo que las metodologías basadas en conceptos empírico-mecanicistas tienen diseños más exactos.

## V. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos de la investigación se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. El plano de ubicación de la carretera en estudio, muestra también la ubicación de las 4 calicatas ejecutadas como parte del Estudio de Suelos, en las cuales se ejecutó la extracción de muestras de los estratos del suelo e información de la estructura del pavimento existente, obteniendo como resultados una Carpeta Asfáltica con asfalto en frío de 2” de espesor, capa Granular compuesta por material de afirmado de 45 cm de espesor con un CBR de 36.83% (no se encontró capa de Sub Base Granular) y terreno de Fundación (Subrasante) compuesto de arena de tipo SM según su clasificación SUCS como Arena Limosa con un CBR de 14.77%, como el valor más crítico de este estudio y, referente a su clasificación AASHTO como A- 2 – 4(0).

En relación al nivel freático, no se presentó agua a la profundidad de excavación (1.50 m), a su vez, el área en estudio no muestra riesgo alguno como posibles huaycos, deslizamiento de tierras, inundaciones, etc.

2. Respecto al estudio de tráfico, se determinó un IMDa con una fluidez de 1836 Veh/día siendo los más predominantes los vehículos livianos, dentro de ellos, el más frecuente fue la camioneta rural y el tipo de eje equivalente predominante es el eje simple de ruedas dobles en el Ómnibus de 2E, con un total de 738048 repeticiones y el eje tándem de ruedas dobles del SemiTrayler 3S2 con un total de 504398 repeticiones.
3. Aplicando el software Kenpave en la evaluación de la estructura existente, teniendo en cuenta el comportamiento lineal y la carga obtenida del tráfico considerando el eje más resaltante como el eje simple de ruedas dobles, permitió calcular los esfuerzos y deformaciones que son generados en la carpeta asfáltica como a la capa del terreno de fundación, para luego ser aplicadas en las ecuaciones del Instituto de Asfalto, donde se concluyó que el pavimento en estudio no cumple con el criterio de falla por deformación, a su vez la zona de estudio presenta fallas tales como regularidad y superficie, grietas, ahuellamiento, etc., ya que no cumple con el número de capas ni con el espesor adecuado según la normativa vigente, contando con una capa de rodadura de 2”, una capa granular (tipo afirmado) de 18” y no está compuesta con la capa de sub base.

4. Evaluando la propuesta de mejoramiento del pavimento en estudio del tramo de la carretera Trujillo -Laredo, se realizó haciendo uso del método de diseño AASHTO – 93 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). La estructura fue evaluada bajo los parámetros (comportamiento lineal y carga de tránsito) del software Kenpave, mediante su Eje Simple y Eje Tándem, cumpliendo con la capacidad estructural adecuada y los criterios de fallas planteados por el Instituto de Asfalto.

- **Propuesta de diseño estructural del pavimento**

Cuadro 22: Propuesta de mejoramiento del pavimento

CAPA	ESPESOR (plg)	ESPESOR (cm)	V
Carpeta asfáltica	4"	10.16	0.35
Base	8"	20.32	0.35
Sub base	8"	20.32	0.35
Subrasante	-		0.45

Fuente: Elaboración propia

- **Resultados obtenidos**

Cuadro 23: Criterio de fatiga Eje Simple

Criterio de Fatiga	
Nf = 0.0796 ( $\epsilon_t$ )-3.291 (Mr)-0.854	
Mr =	14315 Kg/cm <sup>2</sup>
$\epsilon_t$ =	0.0001803
Nf =	47139537.39
Np =	3324852.403
Np/Nf =	0.07053214 OK

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 24: Criterio de deformación Eje simple

Criterio de Deformación	
Nd = 1.365 x 10 <sup>-9</sup> ( $\epsilon_z$ )-4.477	
$\epsilon_z$ =	0.000308
Nd =	7176143 EE
Np/Nd =	0.46332024 OK

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 25: Criterio de fatiga Eje Tándem

<b>Criterio de Fatiga</b>		
Nf = 0.0796 ( $\epsilon t$ )-3.291 (Mr)-0.854		
Mr =	14315	Kg/cm <sup>2</sup>
$\epsilon t$ =	0.000178	
Nf =	49173942.07	
Np =	3324852.403	
Np/Nf =	0.06761411	OK

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 26: Criterio de deformación Eje Tándem

<b>Criterio de Deformación</b>		
Nd = 1.365 x 10 <sup>-9</sup> ( $\epsilon z$ )-4.477		
$\epsilon z$ =	0.0003081	
Nd =	7165721	EE
Np/Nd =	0.46399409	OK

Fuente: Elaboración propia

Teniendo como base los resultados ya mencionados, adoptamos el paquete estructural para el tramo de la carretera Trujillo - Laredo:

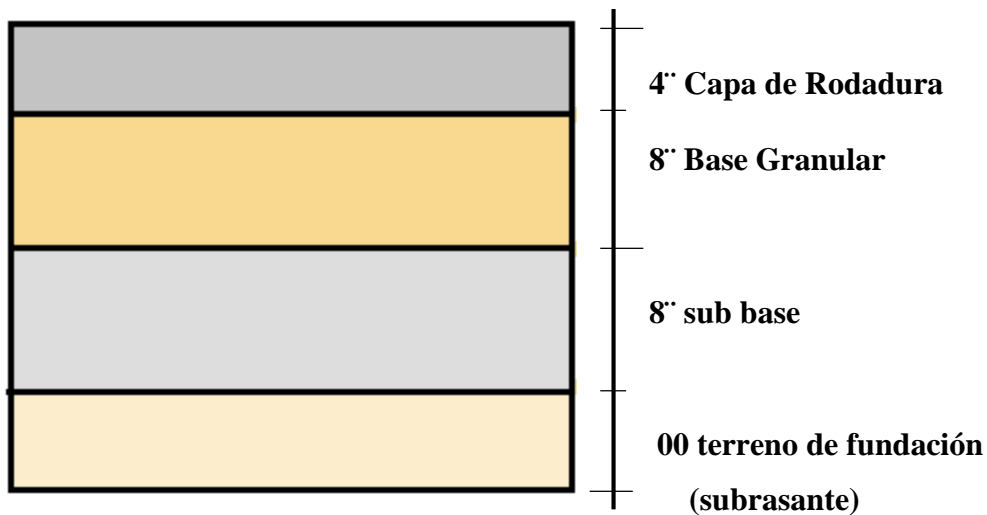


Figura 8: Estructura de Pavimento Propuesta para la Carretera Trujillo – Laredo.

Fuente: Elaboración Propia

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda que, los análisis de esfuerzos y deformaciones de carpetas de asfalto, se efectúen con espesores mayores a 2" de carpeta, ya que en pavimentos sin capa asfáltica o con carpetas asfálticas menores de dos pulgadas de espesor, los datos procesados por el software Kenpave usando los criterios del instituto de asfalto para falla por fatiga y deformación, pueden presentar las tensiones en carpetas asfálticas de mayor espesor.
- Viendo que los resultados para carpetas asfálticas menores a dos pulgadas o inexistentes no siguen la misma tendencia que deberían se recomienda que se estudie esta situación para establecer nuevas fórmulas o nuevos criterios de falla por fatiga y deformación para estas condiciones.
- Se recomienda que en el diseño del pavimento se debe utilizar metodologías empírico mecanístico para garantizar la calidad del pavimento y optimizar el uso de los recursos económicos.

## REFERENCIAS

- AASHTO. (1993) Aashto Guide for Design of Pavements Structures.
- ARIAS, Tony y SARMIENTO, Juan (2015). Análisis y Diseño Vial de La Avenida Mártir Olaya ubicada en el Distrito de Lurín del Departamento de Lima, Tesis. Lima. Perú.
- BORJA, Manuel. Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros [en línea]. Perú-Chiclayo, 2012 [fecha de consulta 3 de junio del 2019].
- CARRILLO, A., CARRILLO, E., VERA, I. y DONAYRE, P. s/f. Evaluación de un modelo avanzado de diseño de Pavimentos Flexibles y su comparación con los Métodos Tradicionales. Ponencia presentada al XIII Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Lima - Perú.
  - o Disponible en: <http://blogramcodes.blogspot.com/2012/08/que-es-el-cbr.html>
- GARCÍA, Ángel, GUTIÉRRES, Alberto y HERNÁNDEZ, Josué (2014). Análisis Comparativo para Diseño de Pavimentos Flexibles Mediante las Alternativas: IMT-PAVE Y CR-ME del Método Mecanicista Empírico, con el Método Aashto 93, tesis. El salvador.
- HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la Investigación. 5ta edición. México D.F: Interamericana Editores S.A. 2010. 607 pp.
- HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la Investigación. 6ta edición. México D.F: Interamericana Editores S.A. 2014. 590 pp.
- HORNA, Carlos y VASQUEZ, Víctor (2019). Determinación de La Resistencia del Pavimento, Criterios de Falla y Propuesta de Mejoramiento, Utilizando el Software Kenpave, en la Av. Teodoro Valcárcel, Trujillo-La Libertad, tesis. Trujillo. Perú
  - o ISBN: 9781456223960
  - o ISBN: 9786071502919
- LEGUIA, Paola, PACHECO, Fernando, (2016). Evaluación superficial del pavimento flexible por el método pavement condition index (PCI) en las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau, tesis. Lima, Perú.

- Manual de Carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos, (2014). Sección suelos y pavimentos. R. D. N° 10 – 2014 – MTC/14
- MORALES, Javier (2004). Técnicas de rehabilitación de pavimentos de concreto utilizando sobrecapas de refuerzo, tesis. Piura, Perú.
- OLIVAS, Ruth, (2016). Aplicación de método empírico mecanicista para la evaluación de probables fallas del pavimento flexible diseñado con AASHTO 93 de la habilitación urbana los Anitos – Barranca, tesis. Huaraz, Perú.
- PINZÓN, Erika, DÍAZ, Lenny, (2013). Efecto del espesor del concreto asfáltico en el agrietamiento por fatiga. Trabajo de Grado. Bogotá, Colombia.
- SÁNCHEZ - LEAL, Freddy J. ¿Qué es el CBR? Artículo de Investigación [en línea], 2012. [fecha de consulta 19 de junio del 2019].
- VASQUEZ, Carlos (2016). Factores de equivalencia de daño en pavimentos flexibles: análisis para condiciones típicas de Argentina, tesis. Argentina
- YOVERA, J.A. (2018) Análisis Mecánicos Empírico Y Criterios De Falla De Las Estructuras De Pavimento Flexible Recomendadas Por Manual De Carreteras Mtc-2014, Sección Suelos Y Pavimentos, Urbanización Virgen De La Puerta, tesis. Trujillo. Perú
- ZEVALLOS, Rafael (2017). Identificación y Evaluación de las fallas superficiales en los pavimentos flexibles de algunas vías de la ciudad de Barranca – 2017. Tesis de posgrado. Perú.



# ANEXOS

# **ANEXO 1**

# **PLANOS**



**ANEXO 2**  
**ESTUDIO DE**  
**SUELOS**



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019

Calicata	Ubicación	Prof. Estrato	PROPIEDADES FÍSICAS							CLASIFICACIÓN		PROPIEDADES MECÁNICAS						
			Nº Estrato	% CH	% Finos	% Arenas	% Gravas	% LL	% LP	% IP	SUCS	AASHTO	MDS (g/cm3)	OCH %	CBR 100%	CBR 95%	Pu (g/cm3)	Qadm. (Kg/cm2)
C-1	E-1	SUBRASANTE	1.50 m	4.52	26.69	69.32	3.99	19	18	1	SM	A-2-4 (0)	1.794	9.22	20.65	14.79	-	-
C-1	E-1	SUBBASE	0.80 m	3.50	21.93	71.27	6.60	21	19	2	SM	A-2-4 (0)	1.792	8.55	23.93	20.12	-	-
C-1	E-1	BASE	0.45 m	4.52	19.89	62.63	17.48	28	26	2	SM	A-2-4 (0)	1.948	8.05	36.83	31.03	-	-
C-2	E-1	SUBRASANTE	1.50 m	4.53	30.57	67.19	2.25	20	18	2	SM	A-2-4 (0)	1.819	9.12	21.30	14.77	-	-
C-2	E-1	SUBBASE	0.80 m	4.35	23.75	65.04	11.22	24	21	3	SM	A-1-b (0)	1.801	8.69	22.62	18.19	-	-
C-2	E-1	BASE	0.45 m	2.82	14.56	67.71	17.74	24	22	2	SM	A-1-b (0)	1.958	8.18	38.02	30.31	-	-
C-3	E-1	SUBRASANTE	1.50 m	4.68	24.03	72.08	3.90	18	16	2	SM	A-2-4 (0)	-	-	-	-	-	-
C-3	E-1	SUBBASE	0.80 m	3.28	16.71	76.53	6.76	22	20	2	SM	A-2-4 (0)	-	-	-	-	-	-
C-3	E-1	BASE	0.45 m	4.12	19.70	61.76	18.54	27	25	2	SM	A-2-4 (0)	-	-	-	-	-	-
C-4	E-1	SUBRASANTE	1.50 m	4.36	29.86	67.64	2.51	23	22	1	SM	A-2-4 (0)	-	-	-	-	-	-
C-4	E-1	SUBBASE	0.80 m	4.55	22.90	65.35	11.76	24	22	2	SM	A-1-b (0)	-	-	-	-	-	-
C-4	E-1	BASE	0.45 m	2.86	12.93	68.82	18.24	25	22	3	SM	A-1-b (0)	-	-	-	-	-	-



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

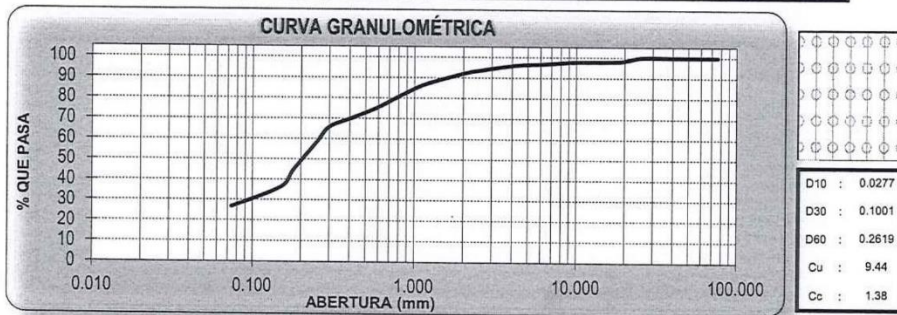
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO  
ASTM D - 422

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO  
**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFIA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA  
**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA  
**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)  
**MUESTRA** : C-1 / E-1 / SUBRASANTE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

**DATOS DEL ENSAYO**

Peso de muestra seca : 2000.00  
 Peso de muestra seca luego de lavado : 1466.24  
 Peso perdido por lavado : 533.76

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	4.52%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	Límites e Índices de Consistencia
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.050	35.57	1.78	1.78	98.22	L. Líquido : 19
1/2"	12.700	6.63	0.33	2.11	97.89	L. Plástico : 18
3/8"	9.525	2.81	0.14	2.25	97.75	Ind. Plasticidad : 1
1/4"	6.350	19.95	1.00	3.25	96.75	Clasificación de la Muestra
No4	4.178	14.87	0.74	3.99	96.01	
No8	2.360	57.02	2.85	6.84	93.16	Clas. AASHTO : A-2-4 (0)
No10	2.000	23.54	1.18	8.02	91.98	Descripción de la Muestra
No16	1.180	103.22	5.16	13.18	86.82	
No20	0.850	102.26	5.11	18.29	81.71	SUCS: Arena limosa
No30	0.600	125.33	6.27	24.56	75.44	
No40	0.420	101.69	5.08	29.64	70.36	AASHTO: Grava y arena limo o arcillosa / Excelente a bueno
No50	0.300	90.65	4.53	34.18	65.82	
No60	0.250	152.77	7.64	41.82	58.18	Tiene un % de finos de = 26.69%
No80	0.180	268.76	13.44	55.25	44.75	
No100	0.150	168.59	8.43	63.68	36.32	Descripción de la Calicata
No200	0.074	192.58	9.63	73.31	26.69	
< No200		533.76	26.69	100.00	0.00	C-1 : E-1
Total		2000.00	100.00			Profundidad : 0.00 m - 1.50 m



**CAMPUS TRUJILLO**  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
 CIP: 211074  
 Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

LÍMITES DE CONSISTENCIA  
ASTM D - 4318

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

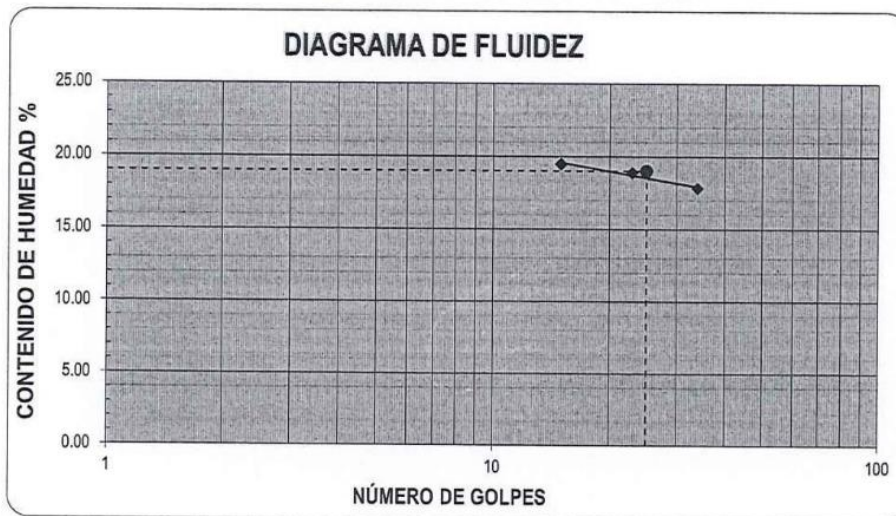
**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-1 / E-1 / SUBRASANTE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Descripción	Limite Líquido			Limite Plástico	
	15	23	34	-	-
N° de golpes					
Peso de tara (g)	8.98	9.30	8.58	10.44	10.06
Peso de tara + suelo húmedo (g)	14.81	14.65	13.01	10.90	11.12
Peso tara + suelo seco (g)	13.86	13.80	12.34	10.83	10.96
Contenido de Humedad %	19.47	18.89	17.82	17.95	17.78
Límites %	19			18	



ECUACIÓN DE LA RECTA

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$$y = -2.004 \ln(x) + 24.983$$



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D - 2216

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-1 / E-1 / SUBRASANTE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	49.29	51.16	50.07
Peso del tarro + suelo humedo (g)	158.51	177.36	140.78
Peso del tarro + suelo seco (g)	154.14	172.00	136.49
Peso del suelo seco (g)	104.85	120.84	86.42
Peso del agua (g)	4.37	5.36	4.29
% de humedad (%)	4.17	4.44	4.96
% de humedad promedio (%)	4.52		

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe





LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO A  
ASTM D - 1557

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

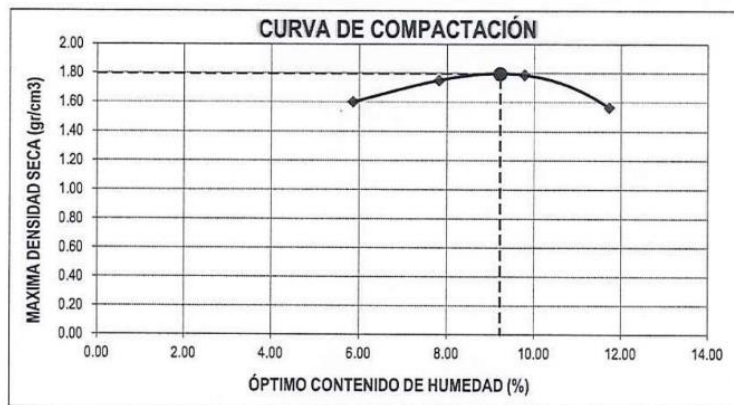
**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-1 / E-1 / SUBRASANTE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	4280
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	933
N° de capas	5
N° de golpes por capa	25

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	5860	6040	6110	5910		
Peso del molde (g)	4280	4280	4280	4280		
Peso del suelo húmedo (g)	1580	1760	1830	1630		
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.69	1.89	1.96	1.75		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	99.32	107.86	94.00	120.61		
Peso del suelo seco + tara (g)	94.37	100.77	86.56	109.03		
Peso del agua (g)	4.96	7.09	7.44	11.59		
Peso de la tara (g)	9.87	10.08	10.41	10.26		
Peso del suelo seco (g)	84.50	90.68	76.15	98.77		
% de humedad (%)	5.87	7.82	9.78	11.73		
Densidad del suelo seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.60	1.75	1.79	1.56		



Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.794
Óptimo contenido de humedad (%)	9.22

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN

ASTM D - 1883

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-1 / E-1 / SUBRASANTE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11295		11520		11707	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	3740		3965		4152	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm <sup>3</sup> )	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.765		1.871		1.959	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	88.24		100.17		93.84	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	81.72		92.25		86.81	
Peso del agua (g)	6.52		7.92		7.03	
Peso de la cápsula (g)	10.04		10.24		10.55	
Peso del suelo seco (g)	71.68		82.01		76.26	
% de humedad (%)	9.10		9.66		9.22	
Densidad de Suelo Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.618		1.706		1.794	

TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
		0 hrs	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
24 hrs	1.649	1.649	1.298	1.603	1.603	1.262	1.741	1.741	1.371
48 hrs	1.764	1.764	1.389	1.718	1.718	1.353	1.993	1.993	1.569
72 hrs	2.015	2.015	1.587	1.970	1.970	1.551	2.153	2.153	1.695
96 hrs	2.015	2.015	1.587	1.970	1.970	1.551	2.153	2.153	1.695

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1	ESFUERZO	LECTURA DIAL	MOLDE 2	ESFUERZO	LECTURA DIAL	MOLDE 3	ESFUERZO
		lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>		lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>		lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	1	86.37	28.80	13	136.69	45.58	21	203.81	67.95
0.050	13	136.69	45.58	25	237.38	79.15	39	354.90	118.33
0.075	21	203.81	67.95	37	338.11	112.73	54	480.89	160.34
0.100	31	287.74	95.94	50	447.29	149.13	70	619.33	206.49
0.125	41	371.70	123.93	62	548.12	182.75	86	749.92	250.03
0.150	52	464.09	154.74	73	640.59	213.58	99	859.30	286.51
0.200	71	623.77	207.98	92	800.40	266.87	122	1052.97	351.08
0.300	98	850.89	283.70	118	1019.27	339.84	151	1297.40	432.57
0.400	114	985.59	328.61	134	1154.08	384.79	168	1440.81	480.39
0.500	119	1027.70	342.65	141	1213.08	404.46	175	1499.89	500.09

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN  
ASTM D-1883

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

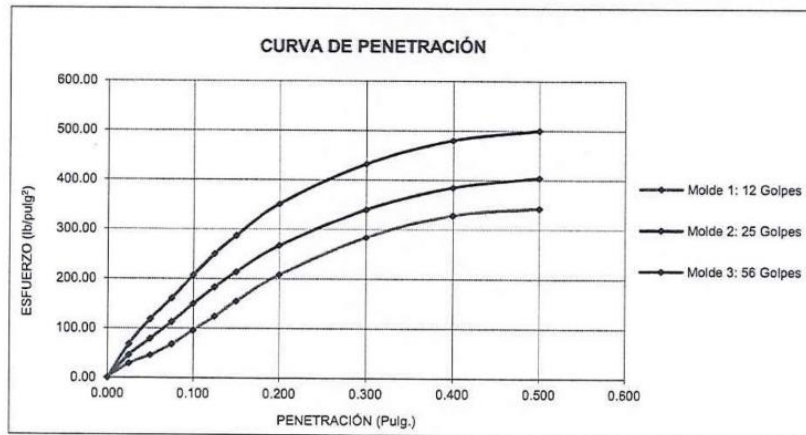
**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-1 / E-1 / SUBRASANTE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



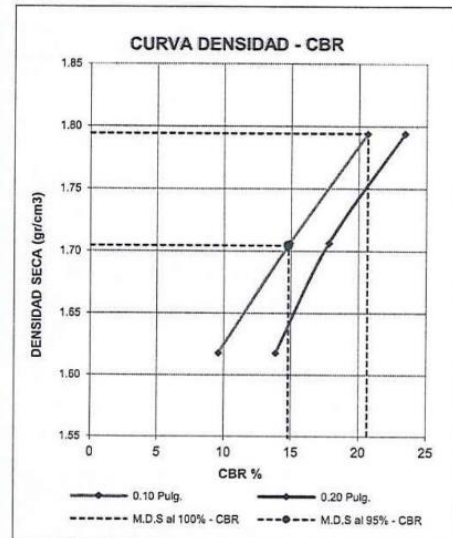
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	95.94	1000	9.59	1.618
2	0.100	149.13	1000	14.91	1.706
3	0.100	206.49	1000	20.65	1.794

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	207.98	1500	13.87	1.618
2	0.200	266.87	1500	17.79	1.706
3	0.200	351.08	1500	23.41	1.794

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.794
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.704
Óptimo contenido de humedad	(%)	9.22
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	20.65
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	14.79



CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ASTM D - 422

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-1 / E-X / SUBBASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

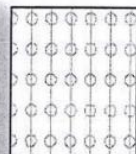
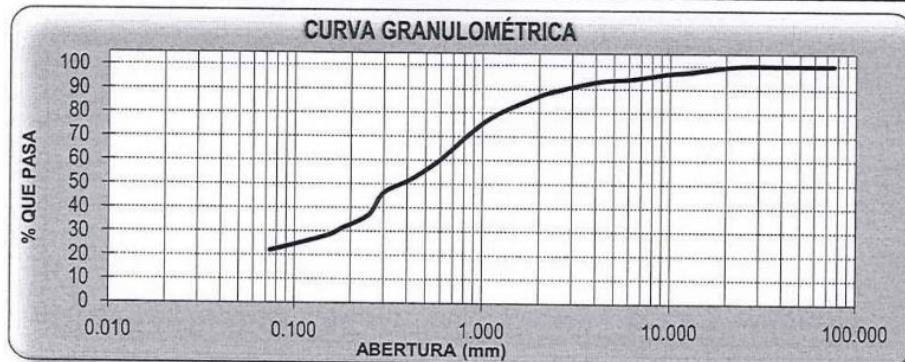
DATOS DEL ENSAYO

Peso de muestra seca : 2000.00

Peso de muestra seca luego de lavado : 1561.32

Peso perdido por lavado : 438.68

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	3.50%	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	Límites e Índices de Consistencia	
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		L. Líquido : 21
3/4"	19.050	15.67	0.78	0.78	99.22		L. Plástico : 19
1/2"	12.700	37.11	1.86	2.64	97.36	Ind. Plasticidad : 2	
3/8"	9.525	17.04	0.85	3.49	96.51	Clasificación de la Muestra	
1/4"	6.350	42.46	2.12	5.61	94.39		Clas. SUCS : SM
No4	4.75	23.63	1.18	6.80	93.20		Clas. AASHTO : A-2-4 (0)
No8	2.360	86.71	4.34	11.13	88.87	Descripción de la Muestra	
No10	2.000	37.32	1.87	13.00	87.00		SUCS: Arena limosa
No16	1.180	160.78	8.04	21.04	78.96		AASHTO: Grava y arena limo o arcillosa / Excelente a bueno
No20	0.850	164.11	8.21	29.24	70.76	Tiene un % de finos de = 21.93%	
No30	0.600	212.36	10.62	39.86	60.14	Descripción de la Calicata	
No40	0.420	164.03	8.20	48.06	51.94		C-1 : E-X
No50	0.300	113.82	5.69	53.75	46.25		Profundidad : 0.00 m - 0.80 m
No60	0.250	184.80	9.24	62.99	37.01		
No80	0.180	112.81	5.64	68.63	31.37		
No100	0.150	61.13	3.06	71.69	28.31		
No200	0.075	127.54	6.38	78.07	21.93		
< No200		438.68	21.93	100.00	0.00		
Total		2000.00	100.00				



D10 : 0.0337  
 D30 : 0.1666  
 D60 : 0.5969  
 Cu : 17.69  
 Cc : 1.38

CAMPUS TRUJILLO  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
 C/P: 211074  
 Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

LÍMITES DE CONSISTENCIA  
ASTM D - 4318

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

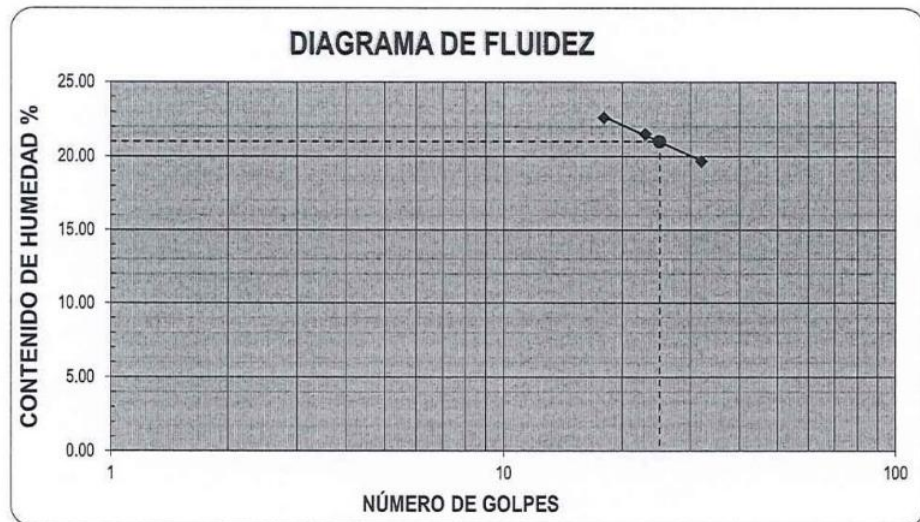
**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-1 / E-X / SUBBASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Descripción	Limite Líquido			Limite Plástico	
	18	23	32	-	-
N° de golpes	18	23	32	-	-
Peso de tara (g)	9.29	9.35	13.84	10.75	10.35
Peso de tara + suelo húmedo (g)	13.68	13.87	18.10	11.71	11.12
Peso tara + suelo seco (g)	12.87	13.07	17.40	11.55	11.00
Contenido de Humedad %	22.63	21.51	19.66	20.00	18.46
Límites %	21			19	



ECUACIÓN DE LA RECTA

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$$y = -5.174 \ln(x) + 37.633$$

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D - 2216

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFIA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-1 / E-X / SUBBASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	51.85	52.37	48.89
Peso del tarro + suelo humedo (g)	142.56	151.41	134.77
Peso del tarro + suelo seco (g)	139.68	148.00	131.73
Peso del suelo seco (g)	87.83	95.63	82.84
Peso del agua (g)	2.88	3.41	3.04
% de humedad (%)	3.28	3.57	3.67
% de humedad promedio (%)	3.50		



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Cofe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO A  
ASTM D - 1557

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

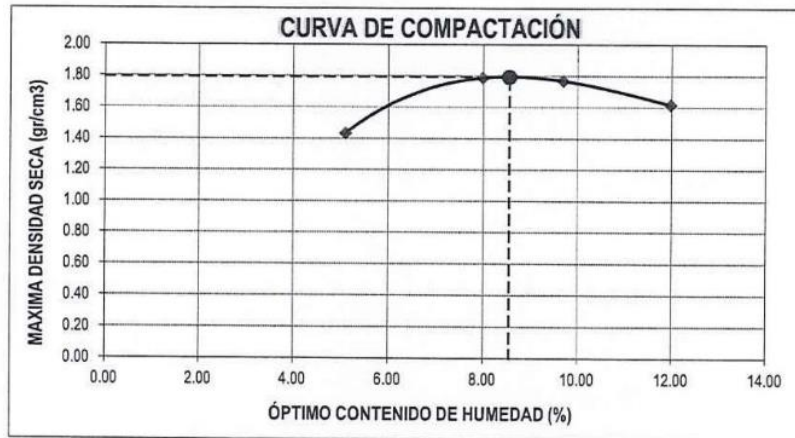
**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-1 / E-X / SUBBASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

<b>Molde N°</b>	S-3
Peso del molde (g)	4280
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	933
N° de capas	5
N° de golpes por capa	25

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	5685	6080	6090	5970		
Peso del molde (g)	4280	4280	4280	4280		
Peso del suelo húmedo (g)	1405	1800	1810	1690		
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.51	1.93	1.94	1.81		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	96.36	108.57	93.69	121.84		
Peso del suelo seco + tara (g)	92.14	101.29	86.33	109.91		
Peso del agua (g)	4.21	7.28	7.36	11.93		
Peso de la tara (g)	9.57	10.15	10.37	10.36		
Peso del suelo seco (g)	82.57	91.14	75.96	99.54		
% de humedad (%)	5.10	7.99	9.69	11.99		
Densidad del suelo seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.43	1.79	1.77	1.62		



Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.792
Óptimo contenido de humedad (%)	8.55

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN  
ASTM D - 1883**

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-1 / E-X / SUBBASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11010		11325		11677	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	3455		3770		4122	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm <sup>3</sup> )	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.630		1.779		1.945	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	86.02		98.48		93.00	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	79.99		91.20		86.51	
Peso del agua (g)	6.03		7.27		6.50	
Peso de la cápsula (g)	9.79		10.07		10.55	
Peso del suelo seco (g)	70.20		81.14		75.96	
% de humedad (%)	8.59		8.97		8.55	
Densidad de Suelo Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.502		1.633		1.792	

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	1.506	1.506	1.186	1.692	1.692	1.332	1.915	1.915	1.508
48 hrs	1.729	1.729	1.362	1.841	1.841	1.450	2.027	2.027	1.596
72 hrs	1.860	1.860	1.464	1.860	1.860	1.464	2.045	2.045	1.611
96 hrs	1.860	1.860	1.464	1.860	1.860	1.464	2.045	2.045	1.611

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg <sup>2</sup>	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg <sup>2</sup>	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg <sup>2</sup>
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	1	103.14	34.39	16	161.86	53.97	27	254.16	84.74
0.050	16	161.86	53.97	30	279.34	93.14	47	422.09	140.73
0.075	25	237.38	79.15	43	388.49	129.53	64	564.93	188.36
0.100	36	329.71	109.93	58	514.50	171.54	82	717.69	239.29
0.125	48	430.49	143.53	71	623.77	207.98	100	867.72	289.31
0.150	59	522.91	174.35	84	733.09	244.43	115	994.01	331.42
0.200	81	707.86	236.01	106	918.23	306.15	141	1213.08	404.46
0.300	112	968.74	323.00	135	1162.50	387.60	173	1483.01	494.46
0.400	130	1120.37	373.55	153	1314.26	438.20	192	1643.43	547.95
0.500	135	1162.50	387.60	161	1381.74	460.70	201	1719.46	573.30

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe





LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN  
ASTM D-1883

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

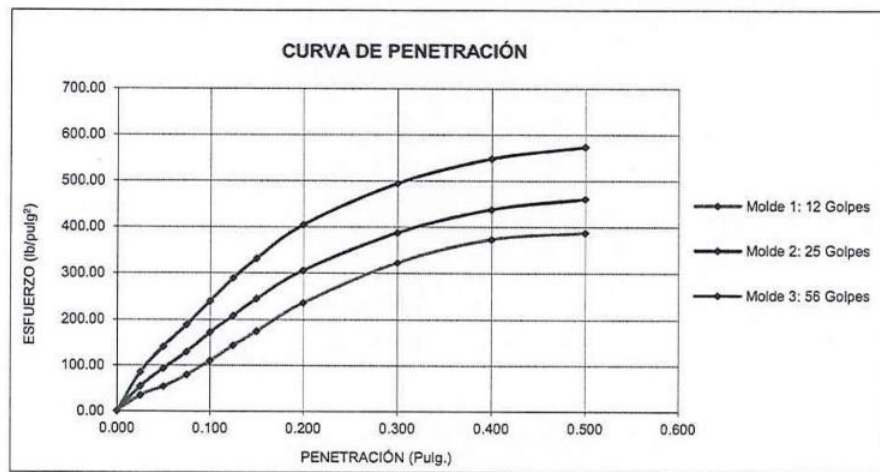
**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-1 / E-X / SUBBASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



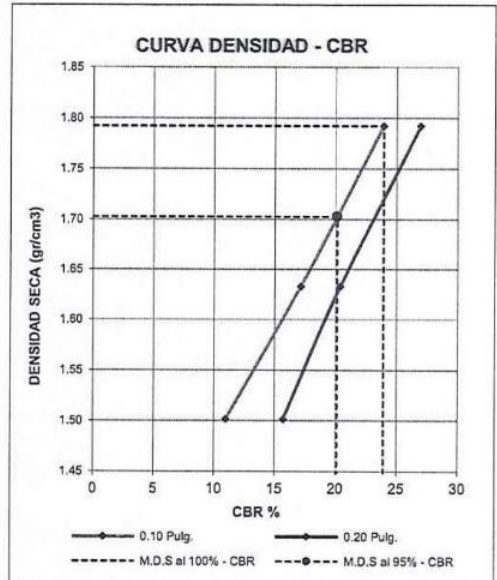
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	109.93	1000	10.99	1.502
2	0.100	171.54	1000	17.15	1.633
3	0.100	239.29	1000	23.93	1.792

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	236.01	1500	15.73	1.502
2	0.200	306.15	1500	20.41	1.633
3	0.200	404.46	1500	26.96	1.792

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.792
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.703
Óptimo contenido de humedad	(%)	8.55
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	23.93
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	20.12



CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ASTM D - 422

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-1 / E-X / BASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

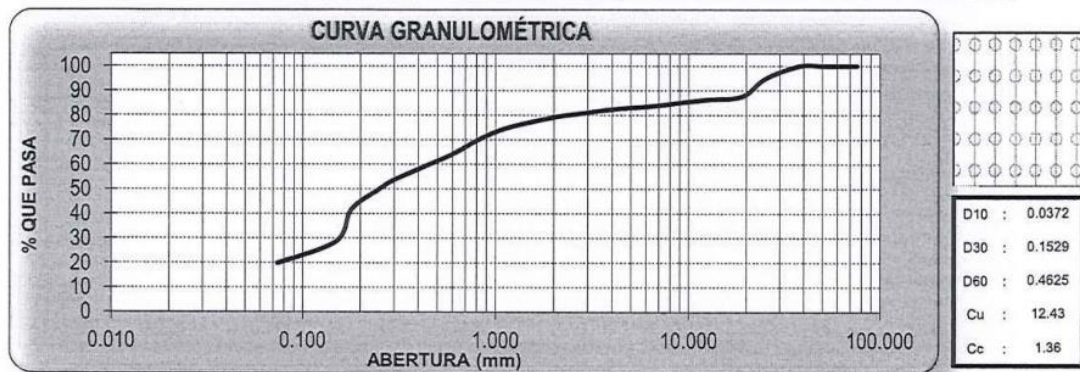
DATOS DEL ENSAYO

Peso de muestra seca : 2000.00

Peso de muestra seca luego de lavado : 1602.20

Peso perdido por lavado : 397.80

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	4.52%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	Límites e Índices de Consistencia
1"	25.400	100.15	5.01	5.01	94.99	
3/4"	19.050	147.54	7.38	12.38	87.62	L. Plástico : 26
1/2"	12.700	25.66	1.28	13.67	86.33	Ind. Plasticidad : 2
3/8"	9.525	20.93	1.05	14.71	85.29	Clasificación de la Muestra
1/4"	6.350	33.24	1.66	16.38	83.62	
No4	4.178	22.06	1.10	17.48	82.52	Clas. AASHTO : A-2-4 (0)
No8	2.360	50.72	2.54	20.02	79.99	Descripción de la Muestra
No10	2.000	17.06	0.85	20.87	79.13	
No16	1.180	81.16	4.06	24.93	75.07	AASHTO: Grava y arena limo o arcillosa / Excelente a bueno
No20	0.850	88.24	4.41	29.34	70.66	
No30	0.600	131.71	6.59	35.92	64.08	Descripción de la Calicata
No40	0.420	106.73	5.34	41.26	58.74	
No50	0.300	101.38	5.07	46.33	53.67	Profundidad : 0.00 m - 0.45 m
No60	0.250	76.91	3.85	50.17	49.83	
No80	0.180	162.57	8.13	58.30	41.70	
No100	0.150	258.61	12.93	71.23	28.77	
No200	0.074	177.53	8.88	80.11	19.89	
< No200		397.80	19.89	100.00	0.00	
Total		2000.00	100.00			



CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**LÍMITES DE CONSISTENCIA  
ASTM D - 4318**

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALETA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

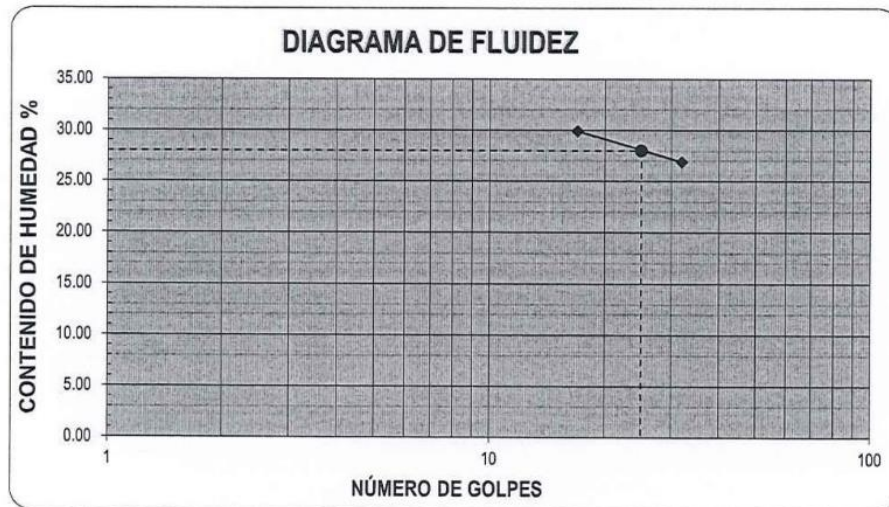
**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-1 / E-X / BASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Límite Líquido			Límite Plástico	
	Nº de golpes	25	32	-	-
Nº de golpes	17	25	32	-	-
Peso de tara (g)	8.16	8.21	9.09	10.16	10.10
Peso de tara + suelo húmedo (g)	14.54	11.59	14.42	11.04	11.00
Peso tara + suelo seco (g)	13.07	10.85	13.29	10.85	10.82
Contenido de Humedad (%)	29.94	28.03	26.90	27.54	25.00
Límites (%)	28			26	



**ECUACIÓN DE LA RECTA**

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$$y = -4.810 \ln(x) + 43.552$$

**CAMPUS TRUJILLO**  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D - 2216

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-1 / E-X / BASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	50.88	51.86	51.62
Peso del tarro + suelo humedo (g)	161.90	147.54	147.49
Peso del tarro + suelo seco (g)	157.04	143.55	143.26
Peso del suelo seco (g)	106.16	91.69	91.64
Peso del agua (g)	4.86	3.99	4.23
% de humedad (%)	4.58	4.35	4.62
% de humedad promedio (%)	4.52		



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROCTOR MODIFICADO: METODO A  
ASTM D - 1557

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

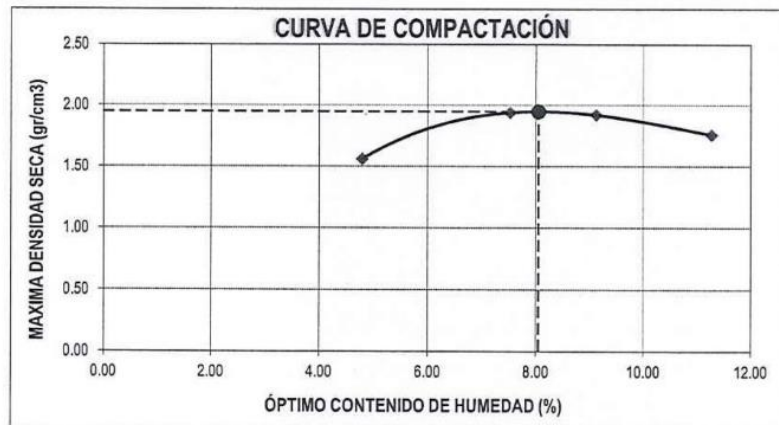
**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-1 / E-X / BASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	4280
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	933
N° de capas	5
N° de golpes por capa	25

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	5805	6225	6235	6105		
Peso del molde (g)	4280	4280	4280	4280		
Peso del suelo húmedo (g)	1525	1945	1955	1825		
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.63	2.08	2.10	1.96		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	98.39	111.16	95.92	124.59		
Peso del suelo seco + tara (g)	94.33	104.11	88.79	113.04		
Peso del agua (g)	4.06	7.05	7.13	11.55		
Peso de la tara (g)	9.77	10.39	10.62	10.60		
Peso del suelo seco (g)	84.56	93.72	78.17	102.44		
% de humedad (%)	4.80	7.52	9.12	11.28		
Densidad del suelo seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.56	1.94	1.92	1.76		



Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.948
Óptimo contenido de humedad (%)	8.05

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN  
ASTM D - 1883

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-1 / E-X / BASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11295		11630		12014	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	3740		4075		4459	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm <sup>3</sup> )	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.765		1.923		2.104	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	88.24		101.13		95.64	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	82.39		94.07		89.30	
Peso del agua (g)	5.85		7.07		6.34	
Peso de la cápsula (g)	10.04		10.34		10.55	
Peso del suelo seco (g)	72.35		83.73		78.75	
% de humedad (%)	8.08		8.44		8.05	
Densidad de Suelo Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.633		1.773		1.948	

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.907	0.907	0.714	1.019	1.019	0.803	1.154	1.154	0.909
48 hrs	1.042	1.042	0.820	1.109	1.109	0.873	1.221	1.221	0.961
72 hrs	1.120	1.120	0.882	1.120	1.120	0.882	1.232	1.232	0.970
96 hrs	1.120	1.120	0.882	1.120	1.120	0.882	1.232	1.232	0.970

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg <sup>2</sup>	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg <sup>2</sup>	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg <sup>2</sup>
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	1	153.47	51.17	25	237.38	79.15	42	380.10	126.73
0.050	25	237.38	79.15	47	422.09	140.73	74	649.00	216.39
0.075	39	354.90	118.33	67	590.14	196.76	100	867.72	289.31
0.100	57	506.10	168.74	91	791.98	264.06	128	1104.73	368.33
0.125	75	657.40	219.19	111	960.32	320.19	156	1339.57	446.63
0.150	93	808.81	269.67	131	1128.79	376.36	180	1542.10	514.16
0.200	127	1095.09	365.12	165	1415.49	471.95	220	1880.06	626.84
0.300	174	1491.45	497.27	211	1803.97	601.47	270	2303.25	767.94
0.400	202	1727.91	576.11	239	2040.78	680.43	300	2557.55	852.73
0.500	210	1795.52	598.66	251	2142.34	714.29	314	2676.32	892.33

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN  
ASTM D-1883

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

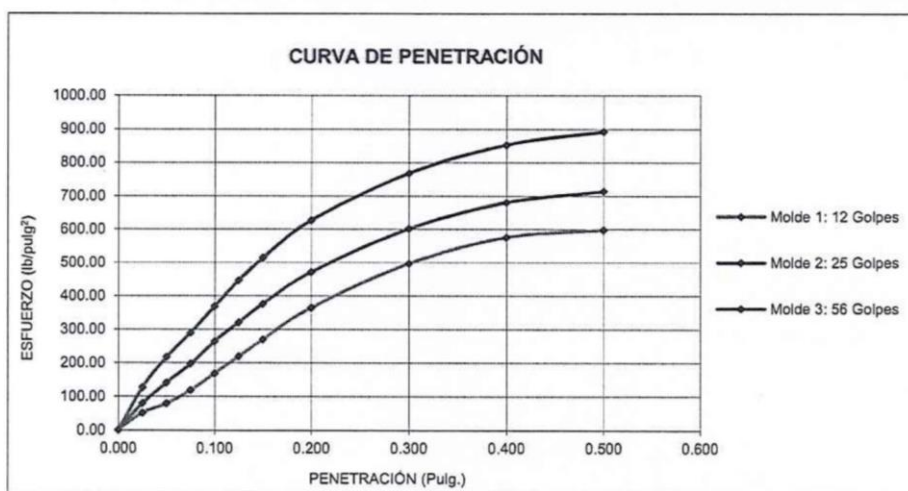
**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-1 / E-X / BASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

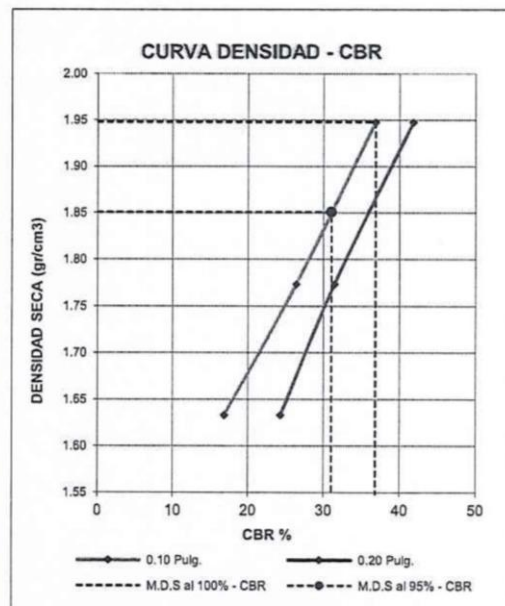


VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	168.74	1000	16.87	1.633
2	0.100	264.06	1000	26.41	1.773
3	0.100	368.33	1000	36.83	1.948

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	365.12	1500	24.34	1.633
2	0.200	471.95	1500	31.46	1.773
3	0.200	626.84	1500	41.79	1.948

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³) 1.948
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³) 1.851
Óptimo contenido de humedad	(%) 8.05
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%) 36.83
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%) 31.03



CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cardenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ASTM D - 422

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

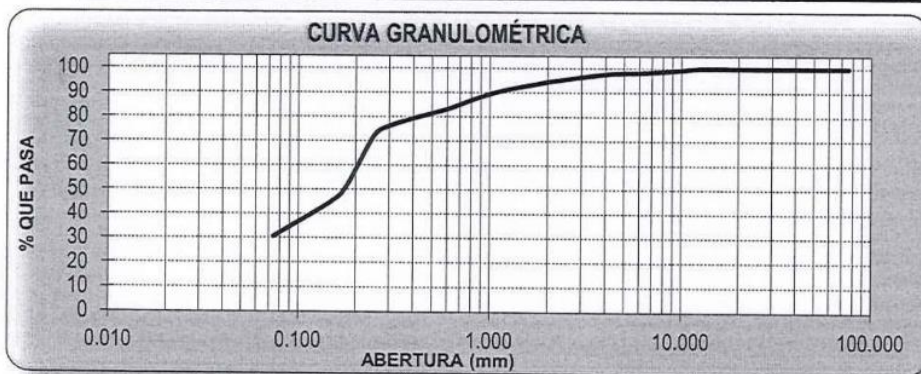
**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-2 / E-1 / SUBRASANTE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

DATOS DEL ENSAYO

Peso de muestra seca : 2000.00  
 Peso de muestra seca luego de lavado : 1388.70  
 Peso perdido por lavado : 611.30

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	4.53%	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>Límites e índices de Consistencia</b>	
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		L. Líquido : 20
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00		L. Plástico : 18
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	Ind. Plasticidad : 2	
3/8"	9.525	15.40	0.77	0.77	99.23	<b>Clasificación de la Muestra</b>	
1/4"	6.350	19.00	0.95	1.72	98.28		Clas. SUCS : SM
No4	4.178	10.60	0.53	2.25	97.75	Clas. AASHTO : A-2-4 (0)	
No8	2.360	49.80	2.49	4.74	95.26	<b>Descripción de la Muestra</b>	
No10	2.000	17.00	0.85	5.59	94.41		SUCS: Arena limosa
No16	1.180	70.80	3.54	9.13	90.87	AASHTO: Grava y arena limo o arcillosa / Excelente a bueno	
No20	0.850	66.10	3.31	12.44	87.57		Tiene un % de finos de = 30.57%
No30	0.600	89.40	4.47	16.91	83.10	<b>Descripción de la Calicata</b>	
No40	0.420	67.10	3.36	20.26	79.74		C-2 : E-1
No50	0.300	72.30	3.62	23.88	76.13	Profundidad : 0.00 m - 1.50 m	
No60	0.250	81.10	4.06	27.93	72.07		
No80	0.180	412.10	20.61	48.54	51.47		
No100	0.150	128.70	6.44	54.97	45.03		
No200	0.074	289.30	14.47	69.44	30.57		
< No200		611.30	30.57	100.00	0.00		
Total		2000.00	100.00				



D10	: 0.0242
D30	: 0.0726
D60	: 0.2090
Cu	: 8.63
Cc	: 1.04



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
 CIP: 211074  
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe





LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

LÍMITES DE CONSISTENCIA

ASTM D - 4318

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARIA DE FATIMA

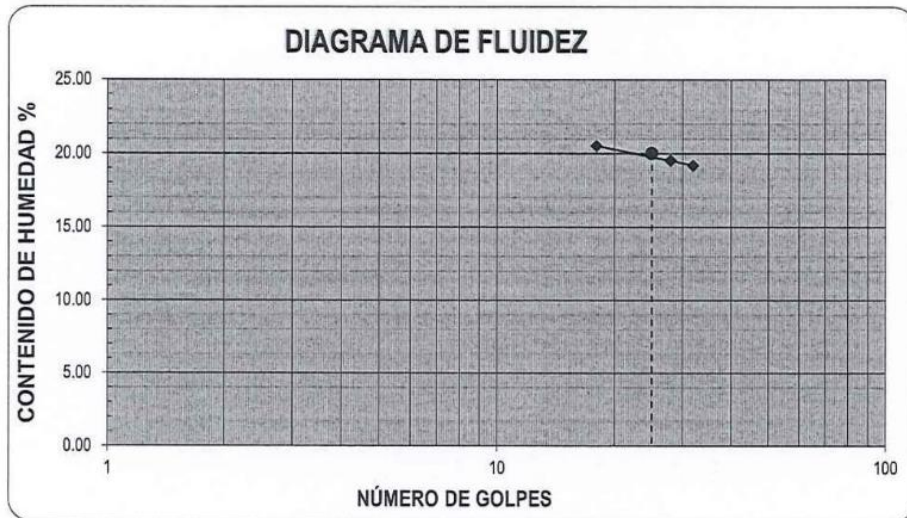
**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-2 / E-1 / SUBRASANTE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Límite Líquido			Límite Plástico	
	18	28	32	-	-
N° de golpes					
Peso de tara (g)	7.77	8.81	8.35	8.64	9.18
Peso de tara + suelo húmedo (g)	12.06	14.69	14.38	9.44	10.05
Peso tara + suelo seco (g)	11.33	13.73	13.41	9.32	9.91
Contenido de Humedad %	20.51	19.51	19.17	17.65	19.18
Límites %	20			18	



**ECUACIÓN DE LA RECTA**

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$$y = -2.303 \ln(x) + 27.167$$

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D - 2216

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-2 / E-1 / SUBRASANTE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	50.51	52.29	51.78
Peso del tarro + suelo humedo (g)	137.15	134.80	135.68
Peso del tarro + suelo seco (g)	133.50	131.16	132.00
Peso del suelo seco (g)	82.99	78.87	80.22
Peso del agua (g)	3.65	3.64	3.68
% de humedad (%)	4.40	4.62	4.59
% de humedad promedio (%)	4.53		

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROCTOR MODIFICADO: METODO A  
ASTM D - 1557

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

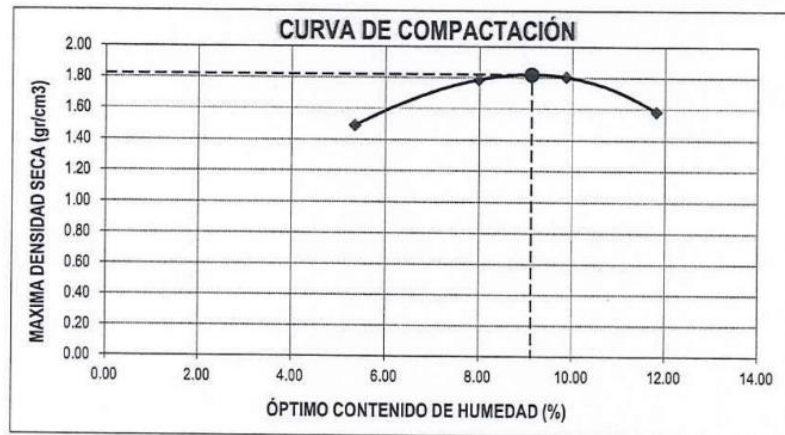
**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-2 / E-1 / SUBRASANTE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	4280
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	933
N° de capas	5
N° de golpes por capa	25

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	5745	6080	6130	5930		
Peso del molde (g)	4280	4280	4280	4280		
Peso del suelo húmedo (g)	1465	1800	1850	1650		
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.57	1.93	1.98	1.77		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	97.37	108.57	94.31	121.02		
Peso del suelo seco + tara (g)	92.92	101.29	86.78	109.32		
Peso del agua (g)	4.46	7.28	7.53	11.70		
Peso de la tara (g)	9.67	10.15	10.44	10.30		
Peso del suelo seco (g)	83.24	91.14	76.34	99.03		
% de humedad (%)	5.36	7.99	9.86	11.82		
Densidad del suelo seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.49	1.79	1.80	1.58		



Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.819
Óptimo contenido de humedad (%)	9.12

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
C.I.R.: 211024

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN  
ASTM D - 1883

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISEP ZAVAleta, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-2 / E-1 / SUBRASANTE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11365		11570		11760	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	3810		4015		4205	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm <sup>3</sup> )	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.798		1.895		1.984	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	88.79		100.61		94.48	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	82.07		93.15		87.47	
Peso del agua (g)	6.72		7.46		7.02	
Peso de la cápsula (g)	10.10		10.28		10.55	
Peso del suelo seco (g)	71.97		82.86		76.92	
% de humedad (%)	9.33		9.01		9.12	
Densidad de Suelo Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.645		1.738		1.819	

ENSAYO DE EXPANSION									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	1.643	1.643	1.294	1.892	1.892	1.490	2.108	2.108	1.660
48 hrs	1.726	1.726	1.359	1.975	1.975	1.555	2.224	2.224	1.751
72 hrs	1.743	1.743	1.372	1.992	1.992	1.568	2.241	2.241	1.764
96 hrs	1.743	1.743	1.372	1.992	1.992	1.568	2.241	2.241	1.764

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg <sup>2</sup>	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg <sup>2</sup>	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg <sup>2</sup>
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	1	94.75	31.59	14	145.08	48.37	23	220.59	73.55
0.050	14	145.08	48.37	27	254.16	84.74	41	371.70	123.93
0.075	22	212.20	70.75	38	346.51	115.53	57	506.10	168.74
0.100	32	296.13	98.74	52	464.09	154.74	73	638.80	212.99
0.125	43	388.49	129.53	64	564.93	188.36	89	775.16	258.45
0.150	54	480.89	160.34	76	665.81	221.99	103	892.97	297.73
0.200	73	640.59	213.58	95	825.64	275.28	127	1095.09	365.12
0.300	101	876.14	292.12	122	1052.97	351.08	156	1339.57	446.63
0.400	118	1019.27	339.84	139	1196.22	398.84	173	1483.01	494.46
0.500	122	1052.97	351.08	146	1255.23	418.51	182	1558.98	519.79

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
C/P: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN  
ASTM D-1883

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

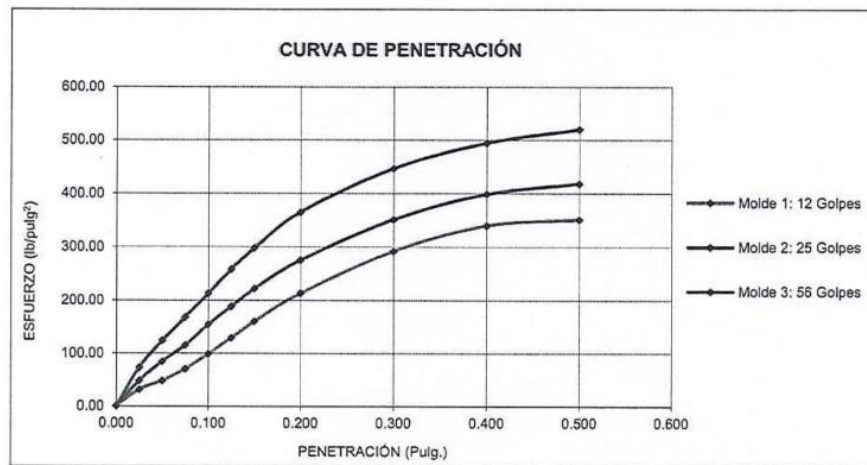
**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-2 / E-1 / SUBRASANTE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



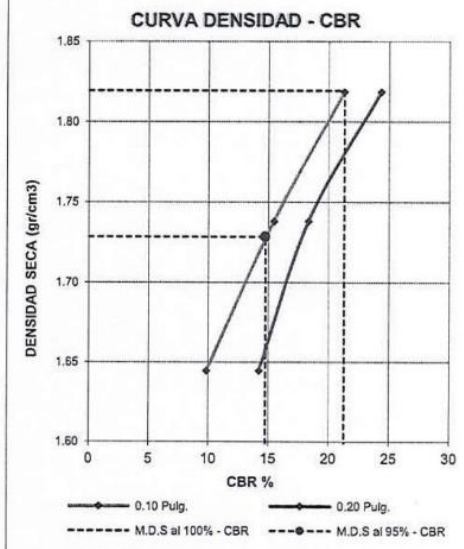
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	98.74	1000	9.87	1.645
2	0.100	154.74	1000	15.47	1.738
3	0.100	212.99	1000	21.30	1.819

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	213.58	1500	14.24	1.645
2	0.200	275.28	1500	18.35	1.738
3	0.200	365.12	1500	24.34	1.819

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.819
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.728
Óptimo contenido de humedad	(%)	9.12
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	21.30
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	14.77



CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO  
ASTM D - 422

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALETA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-2 / E-X / SUBBASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

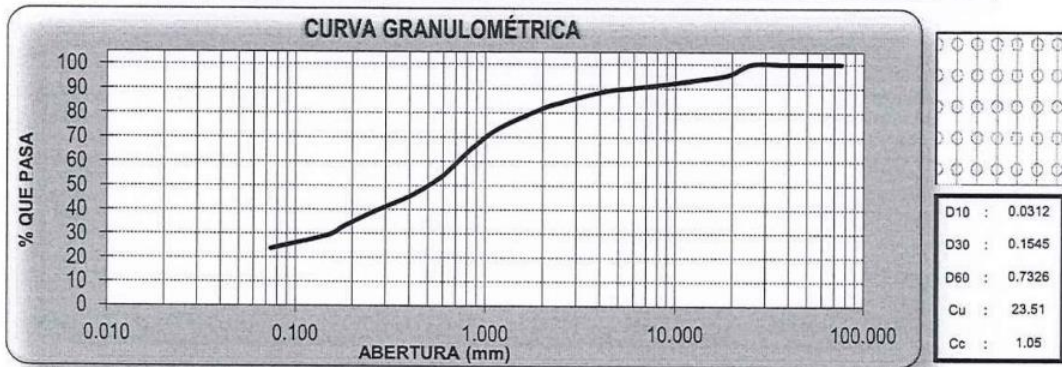
**DATOS DEL ENSAYO**

Peso de muestra seca : 2000.00

Peso de muestra seca luego de lavado : 1525.00

Peso perdido por lavado : 475.00

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	4.35%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
						<b>Limites e Índices de Consistencia</b>
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido : 24
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástico : 21
3/4"	19.050	87.90	4.40	4.40	95.61	Ind. Plasticidad : 3
1/2"	12.700	42.60	2.13	6.53	93.48	
3/8"	9.525	27.50	1.38	7.90	92.10	<b>Clasificación de la Muestra</b>
1/4"	6.350	32.40	1.62	9.52	90.48	Clas. SUCS : SM
No4	4.178	33.90	1.70	11.22	88.79	Clas. AASHTO : A-1-b (0)
No8	2.360	102.30	5.12	16.33	83.67	<b>Descripción de la Muestra</b>
No10	2.000	36.50	1.83	18.16	81.85	SUCS: Arena limosa
No16	1.180	165.20	8.26	26.42	73.59	AASHTO: Fragmentos de roca, grava y arena / Excelente a bueno
No20	0.850	166.40	8.32	34.74	65.27	Tiene un % de finos de = 23.75%
No30	0.600	224.20	11.21	45.95	54.06	
No40	0.420	154.60	7.73	53.68	46.33	
No50	0.300	102.80	5.14	58.82	41.19	
No60	0.250	53.30	2.67	61.48	38.52	
No80	0.180	111.20	5.56	67.04	32.96	
No100	0.150	69.70	3.49	70.53	29.48	
No200	0.074	114.50	5.73	76.25	23.75	<b>Descripción de la Calicata</b>
< No200		475.00	23.75	100.00	0.00	C-2 : E-X
Total		2000.00	100.00			Profundidad : 0.00 m - 0.80 m



CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

LÍMITES DE CONSISTENCIA  
ASTM D - 4318

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAULETA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

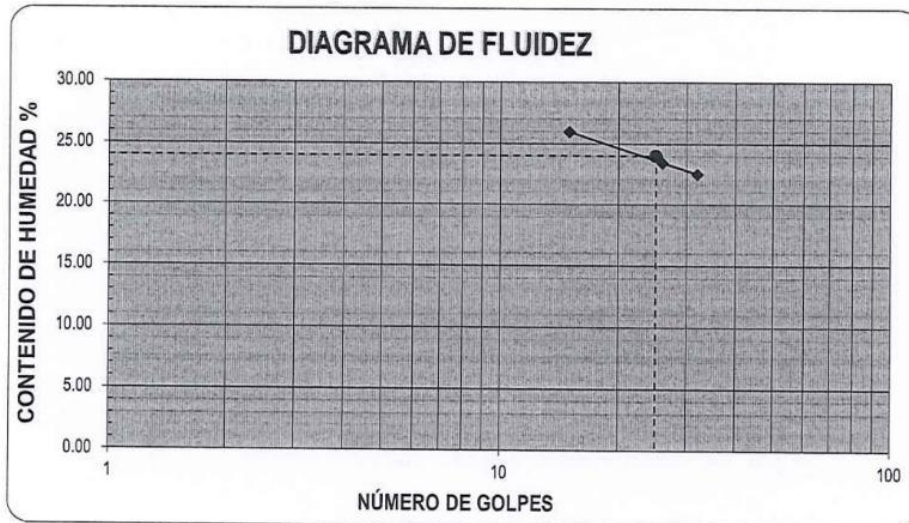
**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-2 / E-X / SUBBASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA						
Descripción		Límite Líquido			Límite Plástico	
		15	26	32	-	-
N° de golpes		15	26	32	-	-
Peso de tara (g)		8.58	8.84	8.15	7.89	7.12
Peso de tara + suelo húmedo (g)		11.83	12.95	13.32	8.52	8.06
Peso tara + suelo seco (g)		11.16	12.17	12.37	8.41	7.90
Contenido de Humedad (%)		25.97	23.42	22.51	21.15	20.51
Límites (%)		24			21	



ECUACIÓN DE LA RECTA

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$$y = -4.576 \ln(x) + 38.355$$

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

ASTM D - 2216

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALTA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-2 / E-X / SUBBASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	53.28	50.06	51.52
Peso del tarro + suelo humedo (g)	167.13	159.24	150.24
Peso del tarro + suelo seco (g)	162.22	154.66	146.28
Peso del suelo seco (g)	108.94	104.60	94.76
Peso del agua (g)	4.91	4.58	3.96
% de humedad (%)	4.51	4.38	4.18
% de humedad promedio (%)	4.35		

**CAMPUS TRUJILLO**  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
 CIP: 211074  
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe





LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO A  
ASTM D - 1557

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

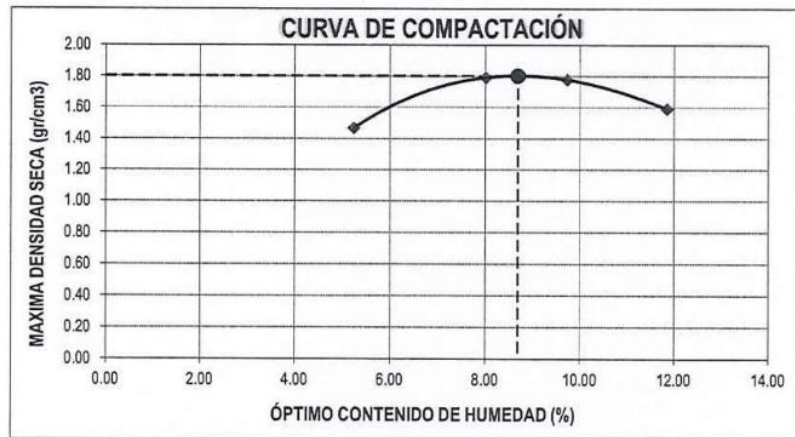
**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-2 / E-X / SUBBASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	4280
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	933
N° de capas	5
N° de golpes por capa	25

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	5720	6085	6100	5940		
Peso del molde (g)	4280	4280	4280	4280		
Peso del suelo húmedo (g)	1440	1805	1820	1660		
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.54	1.93	1.95	1.78		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	96.95	108.66	93.85	121.22		
Peso del suelo seco + tara (g)	92.59	101.35	86.44	109.47		
Peso del agua (g)	4.35	7.31	7.40	11.76		
Peso de la tara (g)	9.63	10.16	10.39	10.31		
Peso del suelo seco (g)	82.96	91.20	76.05	99.15		
% de humedad (%)	5.25	8.01	9.73	11.86		
Densidad del suelo seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.47	1.79	1.78	1.59		



Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.801
Óptimo contenido de humedad (%)	8.69

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN  
ASTM D - 1883

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFIA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-2 / E-X / SUBBASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11150		11415		11702	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	3595		3860		4147	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm <sup>3</sup> )	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.697		1.822		1.957	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	87.11		99.26		93.52	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	80.92		91.99		86.89	
Peso del agua (g)	6.19		7.27		6.63	
Peso de la cápsula (g)	9.91		10.15		10.55	
Peso del suelo seco (g)	71.01		81.84		76.34	
% de humedad (%)	8.71		8.88		8.69	
Densidad de Suelo Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.561		1.673		1.801	

ENSAYO DE EXPANSION									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	1.585	1.585	1.248	1.745	1.745	1.374	1.956	1.956	1.540
48 hrs	1.728	1.728	1.361	1.859	1.859	1.464	2.070	2.070	1.630
72 hrs	1.796	1.796	1.414	1.876	1.876	1.477	2.087	2.087	1.643
96 hrs	1.796	1.796	1.414	1.876	1.876	1.477	2.087	2.087	1.643

ENSAYO DE CARGA PENETRACION									
PENETRACION Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg <sup>2</sup>	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg <sup>2</sup>	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg <sup>2</sup>
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	1	103.14	34.39	15	153.47	51.17	25	237.38	79.15
0.050	15	153.47	51.17	28	262.56	87.54	44	396.89	132.33
0.075	23	220.59	73.55	40	363.30	121.13	60	531.31	177.15
0.100	34	312.92	104.33	55	489.30	163.14	77	678.36	226.18
0.125	45	405.29	135.13	67	590.14	196.76	94	817.23	272.48
0.150	56	497.70	165.94	79	691.04	230.40	109	943.48	314.57
0.200	77	674.22	224.80	100	867.72	289.31	133	1145.65	381.98
0.300	106	918.23	306.15	128	1103.52	367.93	163	1398.62	466.32
0.400	123	1061.39	353.88	145	1246.80	415.70	182	1558.98	519.79
0.500	128	1103.52	367.93	152	1305.83	435.38	190	1626.54	542.31

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN  
ASTM D-1883

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

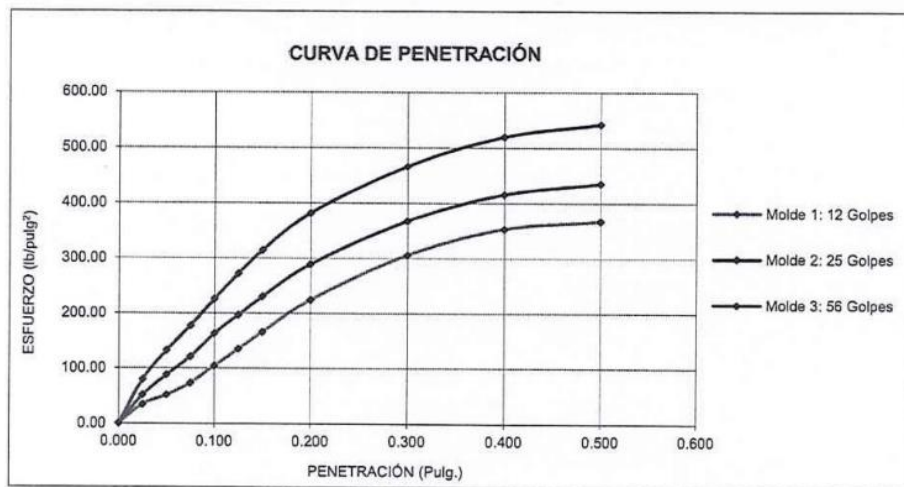
**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-2 / E-X / SUBBASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



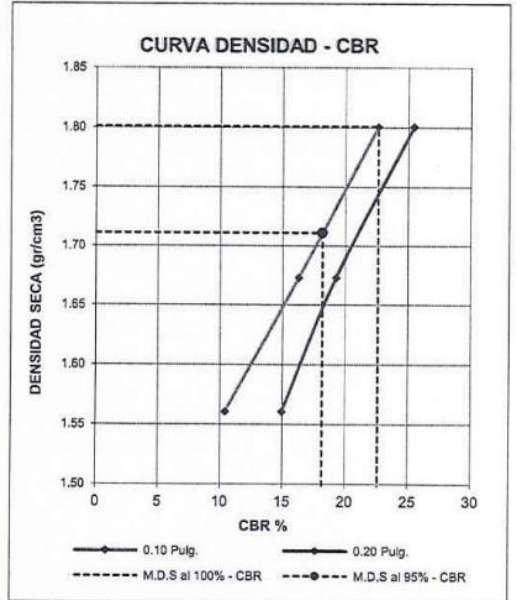
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	104.33	1000	10.43	1.561
2	0.100	163.14	1000	16.31	1.673
3	0.100	226.18	1000	22.62	1.801

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	224.80	1500	14.99	1.561
2	0.200	289.31	1500	19.29	1.673
3	0.200	381.98	1500	25.47	1.801

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.801
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.711
Óptimo contenido de humedad	(%)	8.69
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	22.62
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	18.19



CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ASTM D - 422

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-2 / E-X / BASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

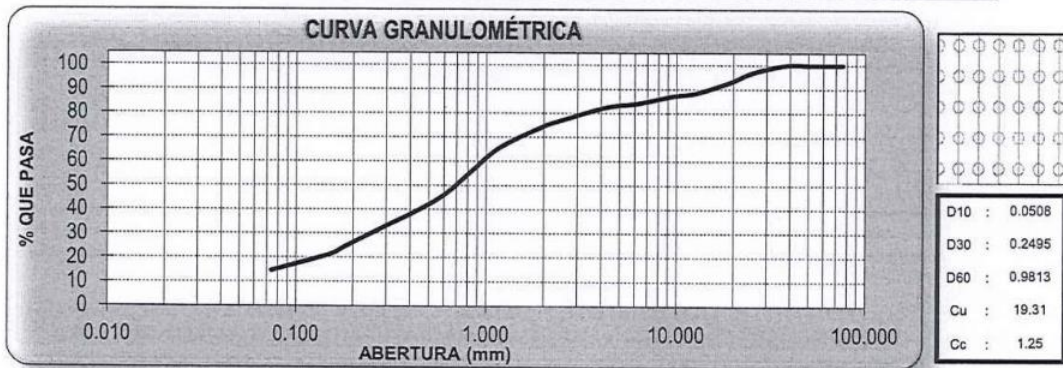
DATOS DEL ENSAYO

Peso de muestra seca : 2000.00

Peso de muestra seca luego de lavado : 1708.80

Peso perdido por lavado : 291.20

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	2.82%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	Límites e Índices de Consistencia
1"	25.400	60.48	3.02	3.02	96.98	
3/4"	19.050	83.22	4.16	7.19	92.82	L. Plástico : 22
1/2"	12.700	88.17	4.41	11.59	88.41	Ind. Plasticidad : 2
3/8"	9.525	26.28	1.31	12.91	87.09	Clasificación de la Muestra
1/4"	6.350	58.55	2.93	15.84	84.17	
No4	4.750	38.00	1.90	17.74	82.27	Clas. AASHTO : A-1-b (0)
No8	2.360	115.61	5.78	23.52	76.48	Descripción de la Muestra
No10	2.000	39.09	1.95	25.47	74.53	
No16	1.180	176.84	8.84	34.31	65.69	AASHTO: Fragmentos de roca, grava y arena / Excelente a bueno
No20	0.850	188.97	9.45	43.76	56.24	
No30	0.600	207.25	10.36	54.12	45.88	Descripción de la Calicata
No40	0.420	141.53	7.08	61.20	38.80	
No50	0.300	112.56	5.63	66.83	33.17	Profundidad : 0.00 m - 0.45 m
No60	0.250	62.71	3.14	69.96	30.04	
No80	0.180	113.15	5.66	75.62	24.38	
No100	0.150	64.46	3.22	78.84	21.16	
No200	0.074	131.93	6.60	85.44	14.56	
< No200		291.20	14.56	100.00	0.00	
Total		2000.00	100.00			



CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**LÍMITES DE CONSISTENCIA  
ASTM D - 4318**

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

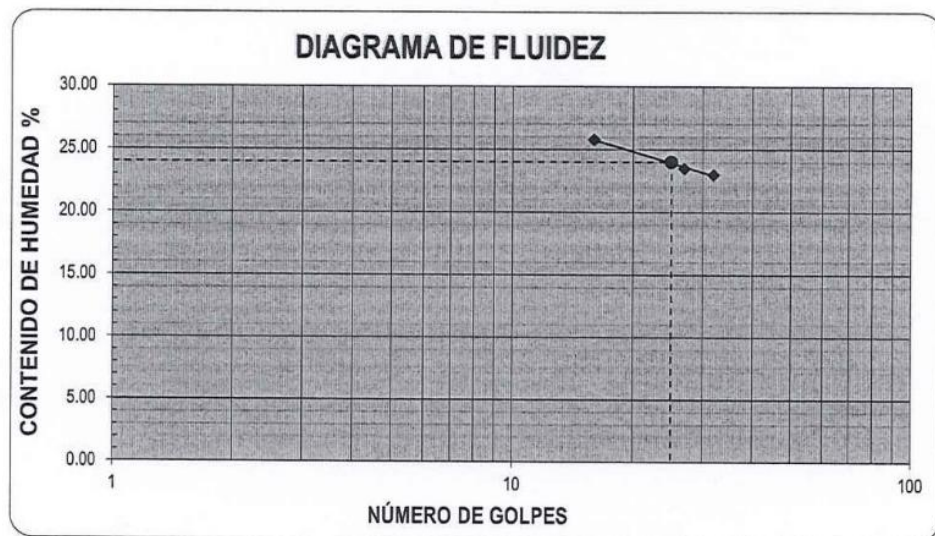
**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-2 / E-X / BASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA						
Descripción	Límite Líquido			Límite Plástico		
	16	27	32	-	-	
N° de golpes						
Peso de tara (g)	8.47	7.78	8.38	7.77	8.01	
Peso de tara + suelo húmedo (g)	14.86	12.46	11.91	8.48	9.05	
Peso tara + suelo seco (g)	13.55	11.57	11.25	8.35	8.87	
Contenido de Humedad %	25.79	23.48	23.00	22.41	20.93	
Límites %	24			22		



**ECUACIÓN DE LA RECTA**

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$$y = -4.116 \ln(x) + 37.169$$

**CAMPUS TRUJILLO**  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D - 2216

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALETA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-2 / E-X / BASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	51.53	53.05	50.87
Peso del tarro + suelo humedo (g)	151.71	177.21	137.75
Peso del tarro + suelo seco (g)	148.96	173.92	135.29
Peso del suelo seco (g)	97.43	120.87	84.42
Peso del agua (g)	2.75	3.29	2.46
% de humedad (%)	2.82	2.72	2.91
% de humedad promedio (%)	2.82		

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cardenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROCTOR MODIFICADO: METODO A  
ASTM D - 1557

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

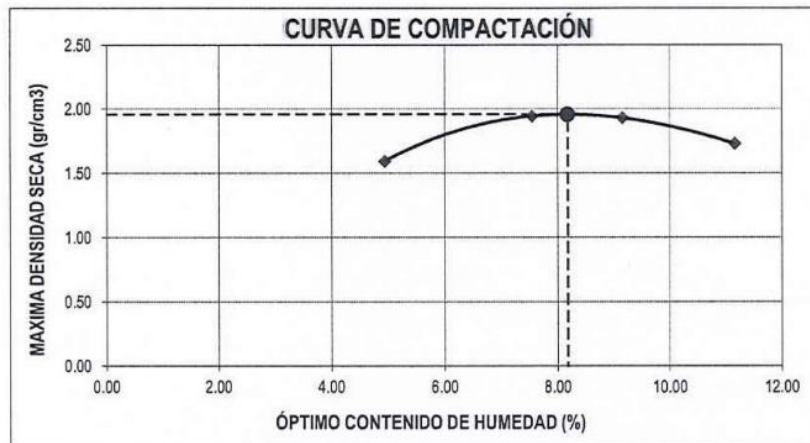
**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-2 / E-X / BASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	4280
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	933
N° de capas	5
N° de golpes por capa	25

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	5840	6230	6245	6075		
Peso del molde (g)	4280	4280	4280	4280		
Peso del suelo húmedo (g)	1560	1950	1965	1795		
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.67	2.09	2.11	1.92		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	98.98	111.25	96.08	123.98		
Peso del suelo seco + tara (g)	94.79	104.18	88.91	112.59		
Peso del agua (g)	4.20	7.07	7.17	11.39		
Peso de la tara (g)	9.83	10.40	10.64	10.55		
Peso del suelo seco (g)	84.95	93.78	78.27	102.04		
% de humedad (%)	4.94	7.54	9.16	11.16		
Densidad del suelo seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.59	1.94	1.93	1.73		



Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.958
Óptimo contenido de humedad (%)	8.18

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN  
ASTM D - 1883

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-2 / E-X / BASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11445		11735		12040	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	3890		4180		4485	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm <sup>3</sup> )	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.836		1.973		2.117	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	89.41		102.04		96.24	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	83.41		94.97		89.84	
Peso del agua (g)	6.00		7.07		6.41	
Peso de la cápsula (g)	10.17		10.43		10.55	
Peso del suelo seco (g)	73.24		84.54		79.29	
% de humedad (%)	8.20		8.36		8.08	
Densidad de Suelo Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.697		1.820		1.958	

ENSAYO DE EXPANSION									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.907	0.907	0.714	0.998	0.998	0.786	1.119	1.119	0.881
48 hrs	0.989	0.989	0.778	1.063	1.063	0.837	1.184	1.184	0.932
72 hrs	1.027	1.027	0.809	1.073	1.073	0.845	1.194	1.194	0.940
96 hrs	1.027	1.027	0.809	1.073	1.073	0.845	1.194	1.194	0.940

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg <sup>2</sup>	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg <sup>2</sup>	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg <sup>2</sup>
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	1	153.47	51.17	25	237.38	79.15	42	380.10	126.73
0.050	25	237.38	79.15	48	430.49	143.53	76	665.81	221.99
0.075	40	363.30	121.13	69	606.96	202.37	103	892.97	297.73
0.100	59	522.91	174.35	94	817.23	272.48	132	1140.17	380.15
0.125	77	674.22	224.80	115	994.01	331.42	161	1381.74	460.70
0.150	96	834.06	278.09	136	1170.93	390.41	186	1592.76	531.05
0.200	132	1137.22	379.17	171	1486.13	488.83	228	1947.72	649.40
0.300	182	1558.98	519.79	219	1871.61	624.02	280	2387.98	796.19
0.400	211	1803.97	601.47	248	2116.94	705.82	311	2650.86	883.84
0.500	219	1871.61	624.02	261	2227.01	742.52	326	2778.18	928.29

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe





LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN  
ASTM D-1883

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

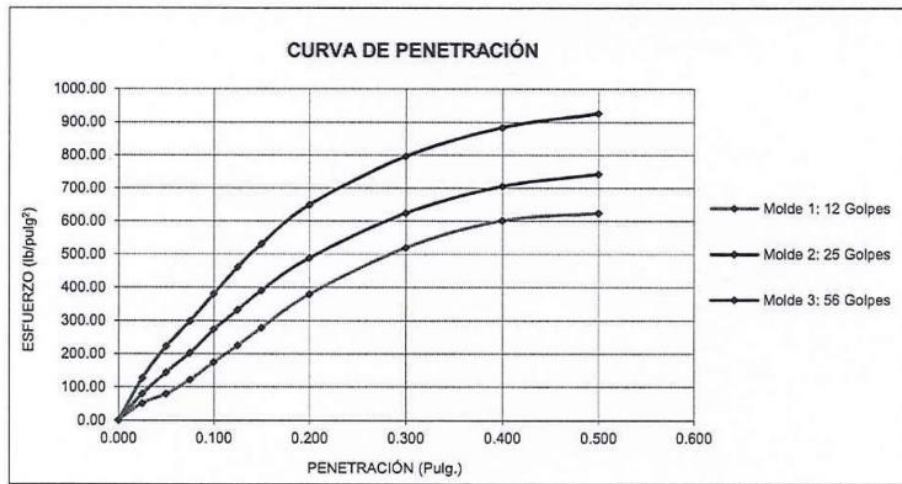
**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-2 / E-X / BASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



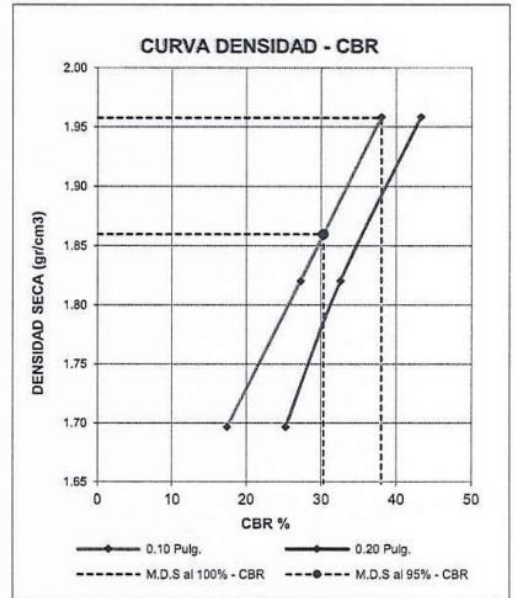
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	174.35	1000	17.43	1.697
2	0.100	272.48	1000	27.25	1.820
3	0.100	380.15	1000	38.02	1.958

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	379.17	1500	25.28	1.697
2	0.200	488.83	1500	32.59	1.820
3	0.200	649.40	1500	43.29	1.958

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.958
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.860
Óptimo contenido de humedad	(%)	8.18
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	38.02
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	30.31



CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO  
ASTM D - 422

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-3 / E-1 / SUBRASANTE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

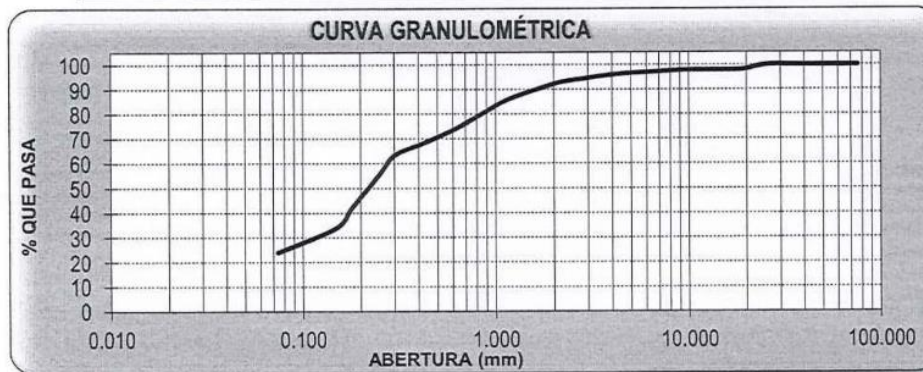
DATOS DEL ENSAYO

Peso de muestra seca : 2000.00

Peso de muestra seca luego de lavado : 1519.47

Peso perdido por lavado : 480.53

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	4.68%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	
						<b>Limites e Índices de Consistencia</b>
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido : 18
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástico : 16
3/4"	19.050	37.75	1.89	1.89	98.11	Índ. Plasticidad : 2
1/2"	12.700	3.66	0.18	2.07	97.93	<b>Clasificación de la Muestra</b>
3/8"	9.525	1.82	0.09	2.16	97.84	
1/4"	6.350	15.99	0.80	2.96	97.04	Clas. SUCS : SM Clas. AASHTO : A-2-4 (0)
No4	4.178	18.74	0.94	3.90	96.10	
No8	2.360	52.07	2.60	6.50	93.50	<b>Descripción de la Muestra</b>
No10	2.000	25.34	1.27	7.77	92.23	
No16	1.180	122.03	6.10	13.87	86.13	SUCS: Arena limpia AASHTO: Grava y arena limo o arcillosa / Excelente a bueno
No20	0.850	122.26	6.11	19.98	80.02	
No30	0.600	133.25	6.66	26.65	73.35	Tiene un % de finos de = 24.03%
No40	0.420	106.91	5.35	31.99	68.01	
No50	0.300	96.50	4.83	36.82	63.18	<b>Descripción de la Calicata</b>
No60	0.250	157.27	7.86	44.68	55.32	
No80	0.180	267.68	13.38	58.06	41.94	C-3 : E-1 Profundidad : 0.80 m - 1.50 m
No100	0.150	159.68	7.98	66.05	33.95	
No200	0.074	198.52	9.93	75.97	24.03	
< No200		480.53	24.03	100.00	0.00	
Total		2000.00	100.00			



D10	: 0.0308
D30	: 0.1197
D60	: 0.2798
Cu	: 9.08
Cc	: 1.66

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

LÍMITES DE CONSISTENCIA  
ASTM D - 4318

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

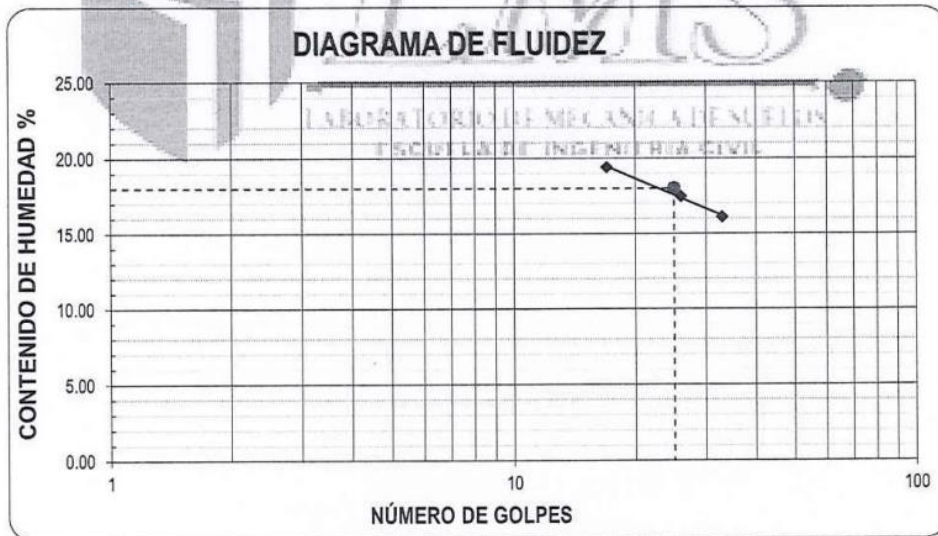
**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-3 / E-1 / SUBRASANTE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Descripción	Limite Líquido			Limite Plástico	
	17	26	33	-	-
N° de golpes	17	26	33	-	-
Peso de tara (g)	8.89	8.74	8.69	10.36	10.08
Peso de tara + suelo húmedo (g)	15.35	14.32	15.32	10.93	10.95
Peso tara + suelo seco (g)	14.30	13.49	14.40	10.85	10.83
Contenido de Humedad %	19.41	17.47	16.11	16.33	16.00
Límites %	18			16	



ECUACIÓN DE LA RECTA

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$$y = -4.921 \ln(x) + 33.392$$



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D - 2216

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-3 / E-1 / SUBRASANTE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	51.65	50.57	52.00
Peso del tarro + suelo humedo (g)	165.32	154.78	158.69
Peso del tarro + suelo seco (g)	160.30	150.00	154.00
Peso del suelo seco (g)	108.65	99.43	102.00
Peso del agua (g)	5.02	4.78	4.69
% de humedad (%)	4.62	4.81	4.60
% de humedad promedio (%)	4.68		



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ASTM D - 422

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-3 / E-X / SUBBASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

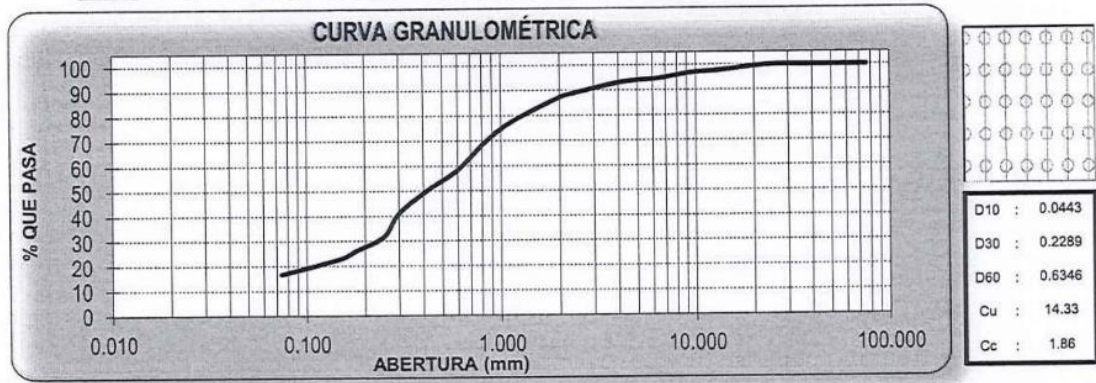
DATOS DEL ENSAYO

Peso de muestra seca : 2000.00

Peso de muestra seca luego de lavado : 1665.73

Peso perdido por lavado : 334.27

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	3.28%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	Líquido : 22 Plástico : 20 Ind. Plasticidad : 2
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.050	16.67	0.83	0.83	99.17	
1/2"	12.700	31.71	1.59	2.42	97.58	Clasificación de la Muestra Clas. SUCS : SM Clas. AASHTO : A-2-4 (0)
3/8"	9.525	14.07	0.70	3.12	96.88	
1/4"	6.350	46.42	2.32	5.44	94.56	
No4	4.750	26.33	1.32	6.76	93.24	Descripción de la Muestra SUCS: Arena limosa AASHTO: Grava y arena limo o arcillosa / Excelente a bueno Tiene un % de finos de = 16.71%
No8	2.360	87.61	4.38	11.14	88.86	
No10	2.000	33.72	1.69	12.83	87.17	
No16	1.180	178.80	8.93	21.76	78.24	Descripción de la Calicata C-3 : E-X Profundidad : 0.45 m - 0.80 m
No20	0.850	161.41	8.07	29.83	70.17	
No30	0.600	236.12	11.81	41.63	58.37	
No40	0.420	163.04	8.15	49.79	50.22	
No50	0.300	182.13	9.11	58.89	41.11	
No60	0.250	188.40	9.42	68.31	31.69	
No80	0.180	111.82	5.59	73.90	26.10	
No100	0.150	63.11	3.16	77.06	22.94	
No200	0.074	124.57	6.23	83.29	16.71	
< No200		334.27	16.71	100.00	0.00	
Total		2000.00	100.00			



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**LÍMITES DE CONSISTENCIA  
ASTM D - 4318**

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

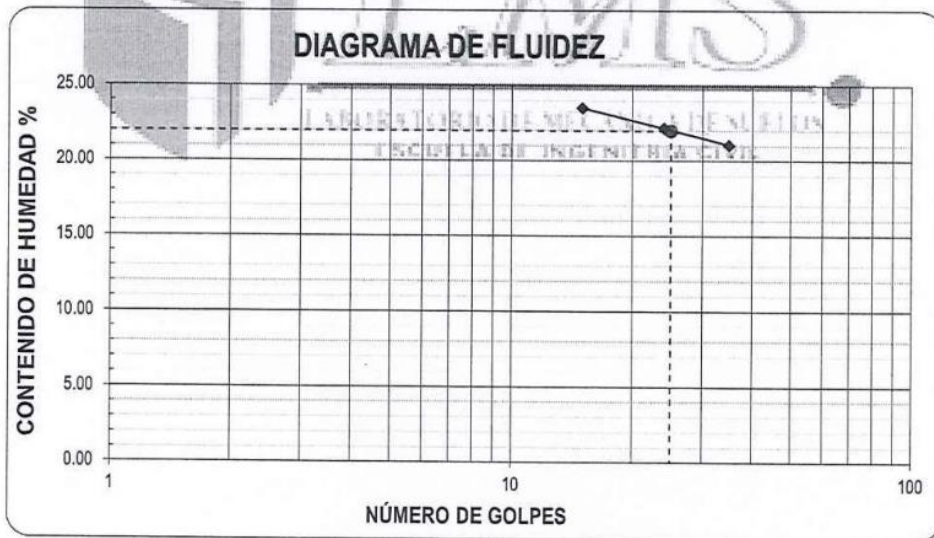
**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-3 / E-X / SUBBASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Limite Liquido			Limite Plástico	
	15	24	35	-	-
N° de golpes	15	24	35	-	-
Peso de tara (g)	9.92	9.53	14.84	10.57	10.53
Peso de tara + suelo húmedo (g)	14.65	14.87	16.65	11.06	10.95
Peso tara + suelo seco (g)	13.75	13.90	16.34	10.98	10.88
Contenido de Humedad %	23.50	22.20	21.07	19.51	20.00
Límites %	22			20	



**ECUACIÓN DE LA RECTA**

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$$y = -2.862 \ln(x) + 31.263$$

**CAMPUS TRUJILLO**  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

LÍMITES DE CONSISTENCIA

ASTM D - 4318

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-3 / E-X / SUBBASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA						
Descripción		Limite Líquido			Limite Plástico	
		15	24	35	-	-
N° de golpes		15	24	35	-	-
Peso de tara (g)		9.92	9.53	14.84	10.57	10.53
Peso de tara + suelo húmedo (g)		14.65	14.87	16.65	11.06	10.95
Peso tara + suelo seco (g)		13.75	13.90	16.34	10.98	10.88
Contenido de Humedad %		23.50	22.20	21.07	19.51	20.00
Límites %		22			20	



ECUACIÓN DE LA RECTA

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$$y = -2.862 \ln(x) + 31.263$$



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO  
ASTM D - 422

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-3 / E-X / BASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

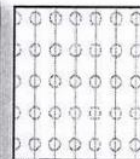
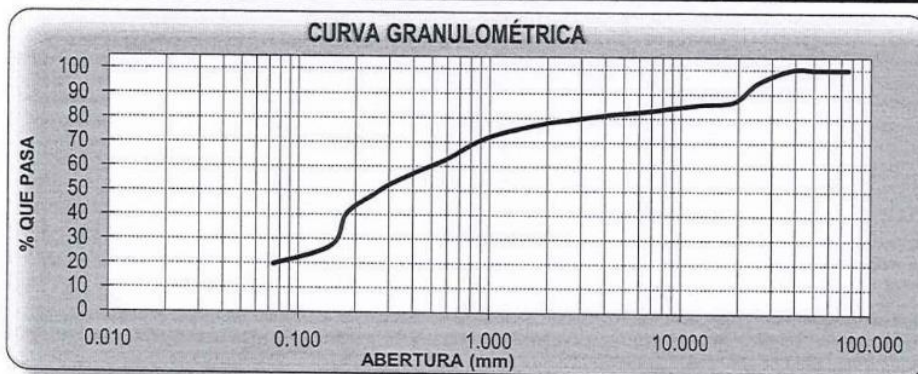
**DATOS DEL ENSAYO**

Peso de muestra seca : 2000.00

Peso de muestra seca luego de lavado : 1606.00

Peso perdido por lavado : 394.00

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	4.12%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>Límites e Índices de Consistencia</b>
1"	25.400	105.51	5.28	5.28	94.72	
3/4"	19.050	154.47	7.72	13.00	87.00	L. Plástico : 25
1/2"	12.700	26.65	1.33	14.33	85.67	Ind. Plasticidad : 2
3/8"	9.525	23.90	1.20	15.53	84.47	<b>Clasificación de la Muestra</b>
1/4"	6.350	34.23	1.71	17.24	82.76	
No4	4.178	26.02	1.30	18.54	81.46	Clas. AASHTO : A-2-4 (0)
No8	2.360	52.70	2.64	21.17	78.83	<b>Descripción de la Muestra</b>
No10	2.000	16.07	0.80	21.98	78.02	
No16	1.180	81.61	4.08	26.06	73.94	Grava y arena limo o arcillosa / Excelente a bueno
No20	0.850	82.48	4.12	30.18	69.82	
No30	0.600	137.71	6.89	37.07	62.93	<b>Descripción de la Calicata</b>
No40	0.420	103.76	5.19	42.26	57.74	
No50	0.300	108.31	5.42	47.67	52.33	Profundidad : 0.00 m - 0.45 m
No60	0.250	79.61	3.98	51.65	48.35	
No80	0.180	157.62	7.88	59.53	40.47	
No100	0.150	261.58	13.08	72.61	27.39	
No200	0.074	153.77	7.69	80.30	19.70	
< No200		394.00	19.70	100.00	0.00	
Total		2000.00	100.00			



D10	: 0.0376
D30	: 0.1560
D60	: 0.4983
Cu	: 13.26
Cc	: 1.30

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe





LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

LÍMITES DE CONSISTENCIA

ASTM D - 4318

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-3 / E-X / BASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Límite Líquido			Límite Plástico	
	18	27	35	-	-
N° de golpes					
Peso de tara (g)	8.61	8.12	9.90	10.61	10.01
Peso de tara + suelo húmedo (g)	14.87	13.23	13.75	11.35	11.30
Peso tara + suelo seco (g)	13.50	12.15	12.95	11.20	11.05
Contenido de Humedad %	28.02	26.80	26.23	25.42	24.04
Límites %	27			25	



ECUACIÓN DE LA RECTA

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$$y = -2.715 \ln(x) + 35.830$$

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D - 2216

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-3 / E-X / BASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	50.35	51.68	52.61
Peso del tarro + suelo humedo (g)	167.66	148.32	153.17
Peso del tarro + suelo seco (g)	163.00	144.50	149.20
Peso del suelo seco (g)	112.65	92.82	96.59
Peso del agua (g)	4.66	3.82	3.97
% de humedad (%)	4.14	4.12	4.11
% de humedad promedio (%)	4.12		



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO  
ASTM D - 422

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALETA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

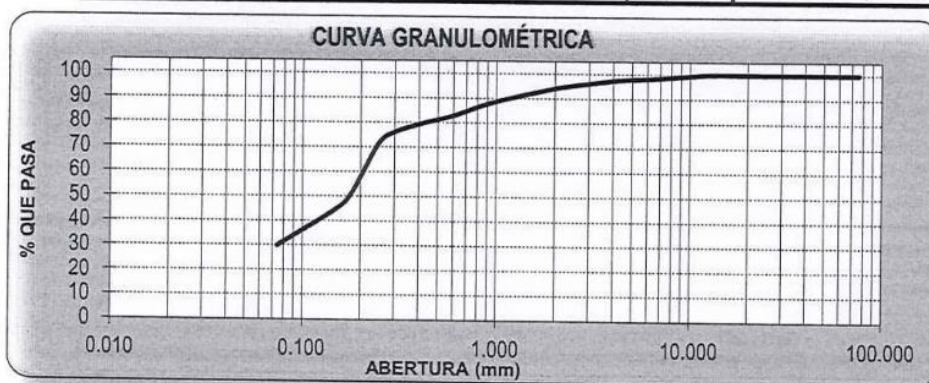
**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-4 / E-1 / SUBRASANTE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

**DATOS DEL ENSAYO**

Peso de muestra seca : 2000.00  
 Peso de muestra seca luego de lavado : 1402.88  
 Peso perdido por lavado : 597.12

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	4.36%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	Límites e Índices de Consistencia
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido : 23
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástico : 22
3/8"	9.525	14.50	0.73	0.73	99.28	Ind. Plasticidad : 1
1/4"	6.350	19.85	0.98	1.71	98.29	Clasificación de la Muestra
No4	4.750	16.00	0.80	2.51	97.49	
No8	2.350	48.90	2.45	4.95	95.05	Clas. SUCS : SM
No10	2.000	17.65	0.88	5.84	94.17	Clas. AASHTO : A-2-4 (0)
No16	1.180	80.70	4.04	9.87	90.13	Descripción de la Muestra
No20	0.850	61.50	3.08	12.95	87.05	
No30	0.600	84.90	4.25	17.20	82.81	SUCS: Arena limosa
No40	0.420	61.70	3.09	20.28	79.72	AASHTO: Grava y arena limo o arcillosa / Excelente a bueno
No50	0.300	73.20	3.66	23.94	76.06	
No60	0.250	86.11	4.31	28.25	71.75	Tiene un % de finos de = 29.86%
No80	0.180	411.20	20.56	48.81	51.19	Descripción de la Calicata
No100	0.150	127.30	6.37	55.17	44.83	
No200	0.074	299.47	14.97	70.14	29.86	
< No200		597.12	29.86	100.00	0.00	
Total		2000.00	100.00			C-4 : E-1 Profundidad : 0.80 m - 1.50 m



D10	: 0.0248
D30	: 0.0747
D60	: 0.2100
Cu	: 8.47
Cc	: 1.07

CAMPUS TRUJILLO  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
 CIP: 211074  
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**LÍMITES DE CONSISTENCIA  
ASTM D - 4318**

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

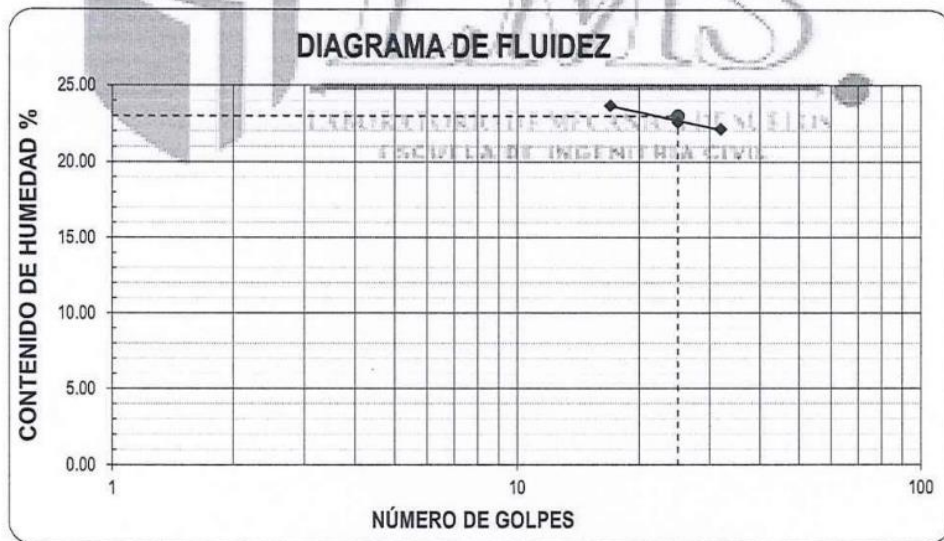
**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-4 / E-1 / SUBRASANTE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Límite Líquido			Límite Plástico	
	17	25	32	-	-
N° de golpes	17	25	32	-	-
Peso de tara (g)	7.98	8.15	8.68	8.46	9.81
Peso de tara + suelo húmedo (g)	13.20	12.87	12.98	8.90	10.15
Peso tara + suelo seco (g)	12.20	12.00	12.20	8.82	10.09
Contenido de Humedad %	23.70	22.60	22.16	22.22	21.43
Límites %	23			22	



**ECUACIÓN DE LA RECTA**

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$$y = -2.468 \ln(x) + 30.647$$

**CAMPUS TRUJILLO**  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D - 2216

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALETA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-4 / E-1 / SUBRASANTE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	50.26	52.92	57.13
Peso del tarro + suelo humedo (g)	145.87	138.90	143.12
Peso del tarro + suelo seco (g)	141.87	135.35	139.50
Peso del suelo seco (g)	91.61	82.43	82.37
Peso del agua (g)	4.00	3.55	3.62
% de humedad (%)	4.37	4.31	4.39
% de humedad promedio (%)	4.36		

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO  
ASTM D - 422

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-4 / E-X / SUBBASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

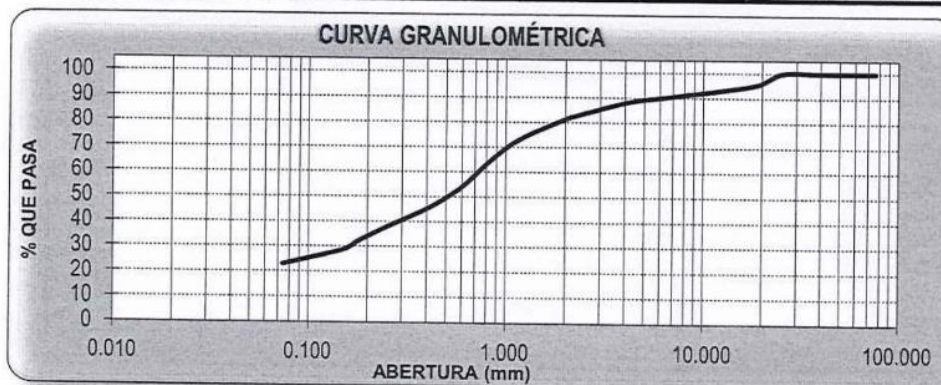
DATOS DEL ENSAYO

Peso de muestra seca : 2000.00

Peso de muestra seca luego de lavado : 1542.06

Peso perdido por lavado : 457.94

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	4.55%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	Límites e Índices de Consistencia
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.050	89.70	4.49	4.49	95.52	L. Líquido : 24
1/2"	12.700	46.20	2.31	6.80	93.21	L. Plástico : 22
3/8"	9.525	25.70	1.29	8.08	91.92	Ind. Plasticidad : 2
1/4"	6.350	34.20	1.71	9.79	90.21	Clasificación de la Muestra
No4	4.750	39.30	1.97	11.76	88.25	
No8	2.360	103.20	5.16	16.92	83.09	Clas. AASHTO : A-1-b (0)
No10	2.000	35.60	1.78	18.70	81.31	Descripción de la Muestra
No16	1.180	162.50	8.13	26.82	73.18	
No20	0.850	164.60	8.23	35.05	64.95	SUCS: Arena limpia
No30	0.600	222.40	11.12	46.17	53.83	AASHTO: Fragmentos de roca, grava y arena / Excelente a bueno
No40	0.420	156.40	7.82	53.99	46.01	
No50	0.300	108.20	5.41	59.40	40.60	Tiene un % de finos de = 22.90%
No60	0.250	55.87	2.79	62.19	37.81	
No80	0.180	112.10	5.61	67.80	32.20	Descripción de la Calicata
No100	0.150	70.69	3.53	71.33	28.67	
No200	0.074	115.40	5.77	77.10	22.90	C-4 : E-X Profundidad : 0.45 m - 0.80 m
< No200		457.94	22.90	100.00	0.00	
Total		2000.00	100.00			



D10	: 0.0323
D30	: 0.1613
D60	: 0.7387
Cu	: 22.86
Cc	: 1.09

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

LÍMITES DE CONSISTENCIA  
ASTM D - 4318

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALTA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

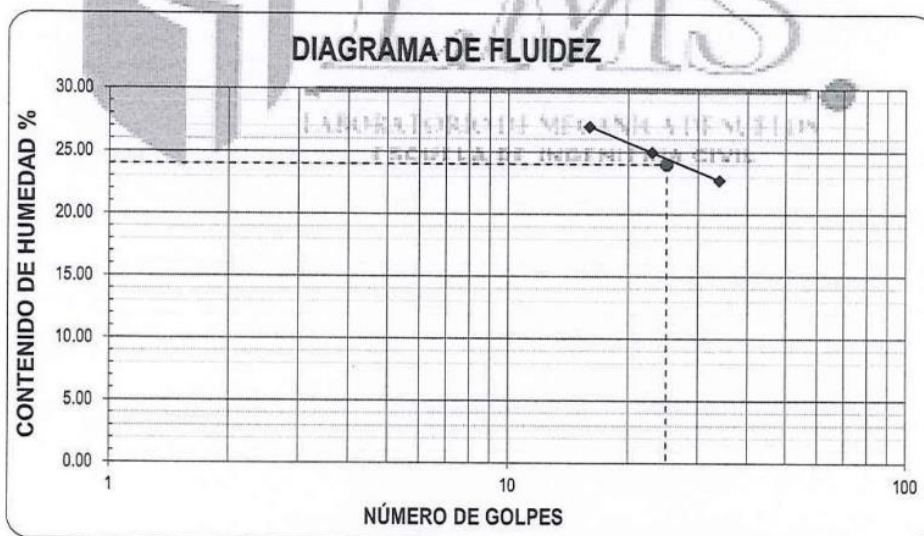
**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-4 / E-X / SUBBASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Limite Líquido			Limite Plástico	
	16	23	34	-	-
N° de golpes					
Peso de tara (g)	8.85	8.98	8.51	7.98	7.21
Peso de tara + suelo húmedo (g)	12.47	12.98	13.21	8.25	8.65
Peso tara + suelo seco (g)	11.70	12.18	12.34	8.20	8.40
Contenido de Humedad %	27.02	25.00	22.72	22.73	21.01
Limites %	24			22	



ECUACIÓN DE LA RECTA

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$$y = -5.709 \ln(x) + 42.865$$

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D - 2216

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALETA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-4 / E-X / SUBBASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	52.82	51.69	53.14
Peso del tarro + suelo humedo (g)	167.98	196.42	184.13
Peso del tarro + suelo seco (g)	163.00	190.00	178.50
Peso del suelo seco (g)	110.18	138.31	125.36
Peso del agua (g)	4.98	6.42	5.63
% de humedad (%)	4.52	4.64	4.49
% de humedad promedio (%)	4.55		

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe





LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO  
ASTM D - 422

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAULETA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

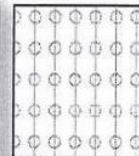
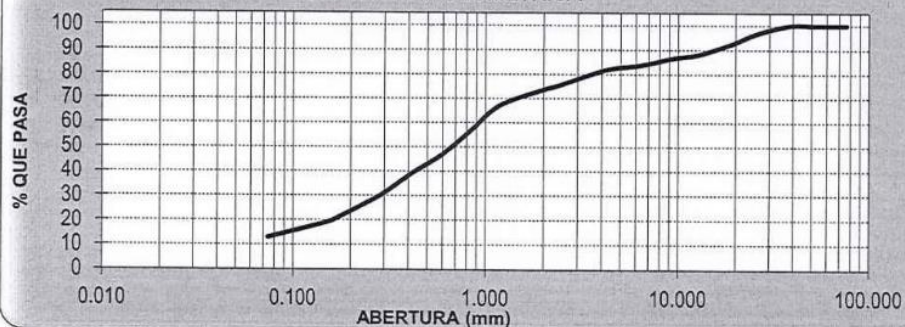
**MUESTRA** : C-4 / E-X / BASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

**DATOS DEL ENSAYO**

Peso de muestra seca : 2000.00  
 Peso de muestra seca luego de lavado : 1741.32  
 Peso perdido por lavado : 258.68

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	2.86%	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00		
							<b>Límites e Índices de Consistencia</b>
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido : 25	
1"	25.400	68.40	3.42	3.42	96.58	L. Plástico : 22	
3/4"	19.050	82.32	4.12	7.54	92.46	Ind. Plasticidad : 3	
1/2"	12.700	87.18	4.36	11.90	88.11		
3/8"	9.525	28.26	1.41	13.31	86.69		
1/4"	6.350	59.54	2.98	16.29	83.72	<b>Clasificación de la Muestra</b>	
No4	4.750	39.14	1.96	18.24	81.76	Clas. SUCS : SM	
No6	2.360	131.56	6.58	24.82	75.18	Clas. AASHTO : A-1-b (0)	
No10	2.000	30.99	1.55	26.37	73.63	<b>Descripción de la Muestra</b>	
No16	1.180	133.10	6.66	33.02	66.98	SUCS: Arena limosa con grava	
No20	0.850	197.88	9.89	42.92	57.08	AASHTO: Fragmentos de roca, grava y arena	
No30	0.600	202.71	10.14	53.05	46.95	/ Excelente a bueno	
No40	0.420	153.41	7.67	60.72	39.28	Tiene un % de finos de = 12.93%	
No50	0.300	161.52	8.08	68.80	31.20		
No60	0.250	71.62	3.58	72.38	27.62		
No80	0.180	115.13	5.76	78.14	21.86		
No100	0.150	54.78	2.74	80.88	19.12		
No200	0.074	123.78	6.19	87.07	12.93	<b>Descripción de la Calicata</b>	
< No200		258.68	12.93	100.00	0.00	C-4 : E-X	
Total		2000.00	100.00			Profundidad : 0.00 m - 0.45 m	

CURVA GRANULOMÉTRICA



D10	: 0.0572
D30	: 0.2833
D60	: 0.9473
Cu	: 16.56
Cc	: 1.48



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
 CIP: 211074  
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

LÍMITES DE CONSISTENCIA  
ASTM D - 4318

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-4 / E-X / BASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Límite Líquido			Límite Plástico	
	15	28	35	-	-
N° de golpes					
Peso de tara (g)	8.65	7.98	8.83	8.62	8.16
Peso de tara + suelo húmedo (g)	12.98	13.47	15.87	8.90	9.13
Peso tara + suelo seco (g)	12.05	12.37	14.50	8.85	8.95
Contenido de Humedad %	27.35	25.06	24.16	21.74	22.78
Límites %	25			22	



**ECUACIÓN DE LA RECTA**

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$$y = -3.747 \ln(x) + 37.509$$

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D - 2216

**PROYECTO** : APLICACIÓN DE CRITERIOS DE FALLA POR FATIGA Y DEFORMACIÓN EN LA EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DE LA CARRETERA TRUJILLO - LAREDO

**SOLICITANTE** : QUISPE ZAVALA, CLAUDIA SOFÍA - ÁLVAREZ ALTAMIRANO ANGELA MARÍA DE FATIMA

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : LAREDO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-4 / E-X / BASE / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	53.52	55.03	57.13
Peso del tarro + suelo humedo (g)	156.87	127.69	137.05
Peso del tarro + suelo seco (g)	154.00	125.70	134.80
Peso del suelo seco (g)	100.48	70.67	77.67
Peso del agua (g)	2.87	1.99	2.25
% de humedad (%)	2.86	2.82	2.90
% de humedad promedio (%)	2.86		

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe

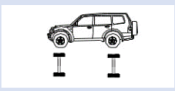
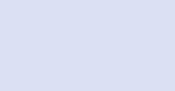
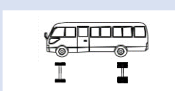
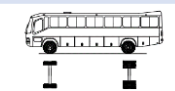
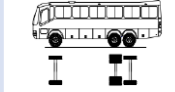
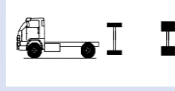
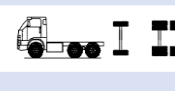
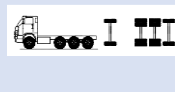
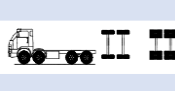
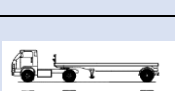

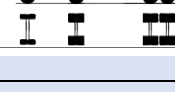
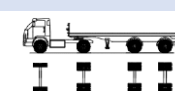
**ANEXO 3**  
**ESTUDIO DE**  
**TRAFICO**

**Cuadro 3.1: Índice Medio Diario Resumen**

Tramo		LAREDO - TRUJILLO												Ubicación		LAREDO 13101 - TRUJILLO				
Cod Estacion		E 01												Sentido		AMBOS				
Estacion		OVALO LAREDO																		
Hora	Auto movil	Camio neta	Cmta Rural	Micro	Omnibus		Camion			Semitraylers				Traylers				TOTAL	PORC %.	
					2E	3E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3			
00-01	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.11
01-02	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.16
02-03	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.16
03-04	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.16
04-05	4	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0.44
05-06	5	0	4	0	1	0	2	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0.98
06-07	8	2	125	0	2	2	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	144	7.84
07-08	10	2	121	0	2	1	3	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	147	8.01
08-09	6	2	121	0	4	2	2	0	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	142	7.73
09-10	9	1	120	0	0	2	0	4	2	0	0	4	0	0	0	0	1	0	143	7.79
10-11	15	3	118	0	4	0	2	2	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	148	8.06
11-12	13	1	117	0	2	4	4	0	3	0	0	4	0	0	0	0	0	0	148	8.06
12-13	9	1	118	0	3	0	2	2	0	0	0	2	0	0	1	1	0	0	139	7.57
13-14	6	3	114	0	2	4	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	2	0	139	7.57
14-15	2	2	110	0	3	0	4	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	125	6.81
15-16	5	2	107	0	2	4	2	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	129	7.03
16-17	5	0	99	0	2	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	110	5.99
17-18	5	1	87	0	2	2	0	0	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	103	5.61
18-19	4	1	68	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	78	4.25
19-20	6	1	45	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56	3.05
20-21	5	0	27	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	1.80
21-22	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0.33
22-23	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0.33
23-24	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.16
TOTAL	141	23	1501	0	34	23	32	26	26	0	0	23	0	3	1	3	0	1836	100.00	
%	7.68	1.25	81.75	0.00	1.85	1.25	1.74	1.42	1.42	0.00	0.00	1.25	0.00	0.16	0.05	0.16	0.00	100.00		

Fuente: elaboración propia

**Cuadro 3.2:** Factor Camión para diferentes tipos de vehículos

TIPO DE VEHICULO	FIGURA	IMDa	CARGA DE VEH.	EJE EQUIVALE	EE1
Automovil		141	1.0000	0.00053	0.0006
			0.6000	0.00007	
Camioneta		23	1.3004	0.00151	0.0026
			1.4955	0.00111	
Camioneta Rural		1501	1.6529	0.00393	0.0055
			1.6353	0.00158	
Omnibus 2E		34	7.0	1.26537	4.5037
			11.0	3.23829	
Omnibus 3E		23	7.0	1.26537	2.6313
			16.0	1.36594	
Camion 2E		32	7.0	1.26537	4.5037
			11.0	3.23829	
Camion 3E		26	7.0	1.26537	3.2846
			18.0	2.01921	
Camion 4E		26	7.0	1.26537	2.7736
			23.0	1.50818	
Semitraylers 3S2		23	7.0	1.26537	4.5499
			18.0	2.01921	
Traylers 2T2		3	7.0	1.26537	7.7419
			11.0	3.23829	
Traylers 2T3		1	7.0	1.26537	6.5229
			11.0	3.23829	
Traylers 3T2		3	7.0	1.26537	10.9802
			11.0	3.23829	
Traylers 3T2		3	11.0	3.23829	10.9802
			11.0	3.23829	

Fuente: elaboración propia

**ANEXO 4**  
**DISEÑO DE LA**  
**ESTRUCTURA**  
**PROPUESTA**  
**(AASTHO 98)**

## DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO PROPUESTO

Inicialmente se diseñó un paquete estructural siguiendo los lineamientos establecidos en la Guía AASHTO – 93 y en el Manual de Carreteras, sección Suelos y Pavimentos del MTC, como se indica a continuación, el cual se evaluó con el programa Kenpave:

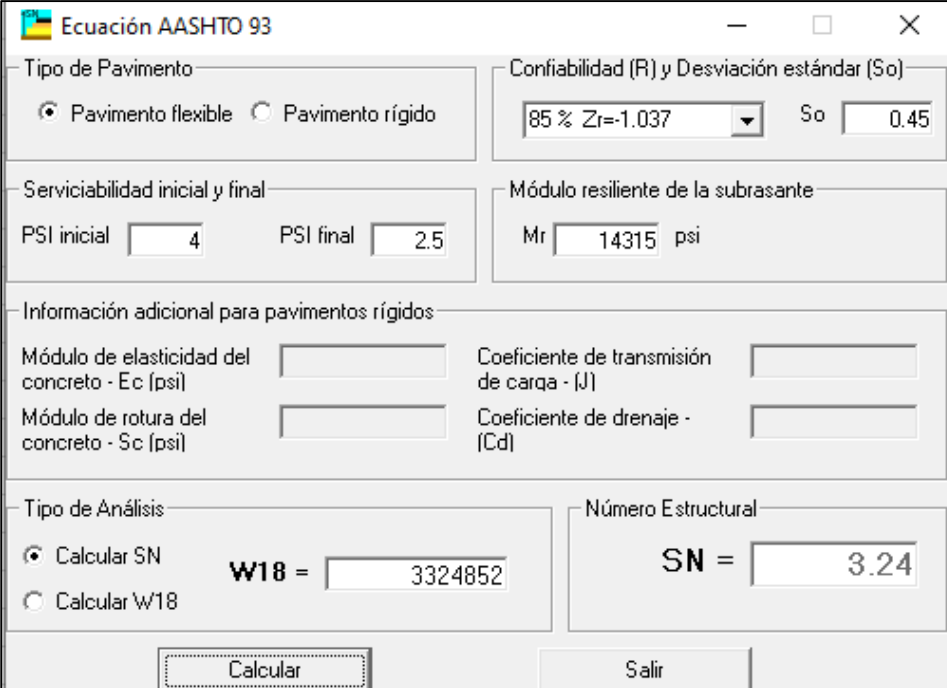
### PARAMETROS DE DISEÑO:

#### Resistencia del terreno

CBR	=	14.77	%
MR	=	14315	psi.
Confiabilidad R	=	85	%
Desviación. Estándar Normal Zr	=	-1.036	
Desviación Estándar Total So	=	0.45	
Serviciabilidad inicial po	=	4	
Serviciabilidad final pt	=	2.5	
Perdida de serviciabilidad ΔPSI	=	1.5	
Tráfico de diseño w18	=	3324852	EE

Aplicando la formula de diseño Aashto, se obtiene el número estructural requerido:

**SNr=3.24**



The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. It is a window with a title bar and standard Windows controls. The interface is divided into several sections:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for 'Pavimento flexible' (selected) and 'Pavimento rígido'.
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu showing '85 % Zr=-1.037' and a text box for 'So' with the value '0.45'.
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for 'PSI inicial' (value 4) and 'PSI final' (value 2.5).
- Módulo resiliente de la subrasante:** A text box for 'Mr' with the value '14315 psi'.
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Four empty text boxes for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'.
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for 'Calcular SN' (selected) and 'Calcular w18'. A text box for 'w18' contains the value '3324852'.
- Número Estructural:** A text box for 'SN' contains the calculated value '3.24'.
- Buttons:** 'Calcular' and 'Salir' buttons are located at the bottom.

**Figura 4.1:** Cálculo de número estructural con Ecuación AASHTO 93

Fuente: AASTHO 93



**Cuadro 4.1:** Características De Los Materiales

CAPA	RESISTENCIA		COEFICIENTE DE CAPA ai	COEFICIENTE DE DRENAJE mi
	CBR %	Módulo psi.		
Capa de rodadura E =	.-	450,000	0.44	.-
Capa de base granular CBR =	100	48685	0.14	1
Capa de sub base granular CBR =	50	31241	0.125	1
Terreno natural CBR =	14.77	14315	.-	.-

Fuente: Elaboración Propia.

**Cuadro 4.2:** Paquete Estructural

CAPA	ESPESOR plg.	ESPESOR cm
Capa de rodadura	4	10.16
Capa de base granular CBR	8	20.32
Capa de sub base granular CBR	8	20.32
Espesor total	20	50.8
Número Estructural	3.88	<b>OK</b>

Fuente: Elaboración Propia

**ANEXO 5**  
**MODELAMIENTO**  
**ELÁSTICO**  
**LINEAL**  
**GENERADO POR**  
**EL SOFTWARE**  
**KENPAVE**

## **ANEXO 5.1 MODELAMIENTO DE PAVIMENTO EXISTENTE (EJE SIMPLE)**

### **DATOS INGRESADOS AL SOFTWARE KENPAVE**

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED = 1

TITLE -EVALUACION DEL PAVIMENTO EXISTENTE

MATL = 1 FOR LINEAR ELASTIC LAYERED SYSTEM

NDAMA = 0, SO DAMAGE ANALYSIS WILL NOT BE PERFORMED

NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) = 1

NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) = 1

TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- = 0.001

NUMBER OF LAYERS (NL)----- = 3

NUMBER OF Z COORDINATES (NZ)----- = 5

LIMIT OF INTEGRATION CYCLES (ICL)- = 80

COMPUTING CODE (NSTD)----- = 9

SYSTEM OF UNITS (NUNIT)----- = 0

Length and displacement in in., stress and modulus in psi

unit weight in pcf, and temperature in F

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE: 2 18

POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE: 0.35 0.35 0.45

VERTICAL COORDINATES OF POINTS (ZC) ARE: 0 2 2.01 20 20.01

ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE: 1- 2.000E+05 2-  
2.569E+04 3 - 1.432E+04

LOAD GROUP NO. 1 - HAS 2 CONTACT AREAS

CONTACT RADIUS (CR)----- = 4.52

CONTACT PRESSURE (CP)----- = 70

NO. OF POINTS AT WHICH RESULTS ARE DESIRED (NPT)-- = 6

WHEEL SPACING ALONG X-AXIS (XW)----- = 48

WHEEL SPACING ALONG Y-AXIS (YW)----- = 13.5

RESPONSE PT. NO. AND (XPT, YPT) ARE: 1 0.000 0.000 2 0.000 3.375  
3 0.000 6.750 4 8.000 0.000 5 8.000 3.375 6 8.000 6.750  
PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 1

**Cuadro 5.1:** Resultados de la Evaluación Del Pavimento Existente-Eje simple: Kenpave.

Point N°	Depth	Note: Stresses and strains are reversed to show - for compression and + for tension	Vertical Deflection	Vertical Stress	Major P. Stress	Minor P. Stress	Intermediate P. Stress	Vertical Strain	Major P. Strain	Minor P. Strain	Horizontal P. Strain
	z		$\Delta_z$	$\sigma_z$	$\sigma_1$	$\sigma_3$	$\sigma_2$	$\epsilon_z$	$\epsilon_1$	$\epsilon_3$	$\epsilon_t$
1	0		0.02404	70	225.061	99.171	211.843	-2.69E-04	5.81E-04	-2.69E-04	4.92E-04
1	2		0.02336	53.047	53.058	-88.128	-79.897	5.59E-04	5.59E-04	-3.94E-04	-3.94E-04
1	2.01		0.02334	52.997	53.033	13.489	14.519	1.68E-03	1.68E-03	-3.95E-04	-3.95E-04
1	20		0.01092	5.389	5.504	-3.626	-2.67	2.94E-04	3.00E-04	-1.80E-04	-1.80E-04
1	20.01		0.01091	5.386	5.577	0.185	0.549	3.47E-04	3.67E-04	-1.80E-04	-1.80E-04
2	0		0.02229	70	146.034	50.41	87.494	-1.57E-04	4.89E-04	-1.57E-04	9.37E-05
2	2		0.02225	40.024	41.336	-70.442	-29.855	3.73E-04	3.82E-04	-3.72E-04	-3.72E-04
2	2.01		0.02224	39.964	43.216	9.68	11.833	1.22E-03	1.39E-03	-3.73E-04	-3.73E-04
2	20		0.01131	5.795	5.823	-3.892	-2.963	3.19E-04	3.20E-04	-1.91E-04	-1.91E-04
2	20.01		0.0113	5.791	5.839	0.19	0.639	3.77E-04	3.82E-04	-1.90E-04	-1.90E-04
3	0		0.01998	0	66.293	-42.246	-2.219	-5.32E-05	4.09E-04	-3.23E-04	-3.23E-04
3	2		0.02004	16.574	86.167	-17.988	16.574	-3.64E-05	4.33E-04	-2.70E-04	-2.70E-04
3	2.01		0.02004	16.603	18.833	5.445	16.603	3.16E-04	4.33E-04	-2.71E-04	-2.71E-04
3	20		0.01144	5.926	5.926	-3.979	-3.049	3.26E-04	3.26E-04	-1.94E-04	-1.94E-04
3	20.01		0.01144	5.922	5.922	0.192	0.674	3.87E-04	3.87E-04	-1.94E-04	-1.94E-04
4	0		0.01348	0	19.025	-23.718	-2.166	-2.62E-06	1.40E-04	-1.48E-04	-1.55E-04
4	2		0.01353	4.025	43.998	3.034	4.802	-6.35E-05	2.06E-04	-7.02E-05	-6.07E-05
4	2.01		0.01353	4.032	11.95	-0.513	2.519	2.17E-05	4.38E-04	-2.17E-04	-6.11E-05
4	20		0.00997	4.151	4.557	-2.512	-1.837	2.15E-04	2.37E-04	-1.35E-04	-1.60E-04
4	20.01		0.00997	4.15	4.777	0.169	0.455	2.51E-04	3.14E-04	-1.53E-04	-1.60E-04
5	0		0.01369	0	8.598	-20.694	-1.854	1.19E-05	8.25E-05	-1.15E-04	-1.48E-04
5	2		0.01377	2.769	39.959	2.07	13.48	-7.85E-05	1.73E-04	-8.32E-05	-4.14E-05
5	2.01		0.01377	2.783	9.811	-0.76	3.112	-1.95E-05	3.50E-04	-2.06E-04	-4.15E-05
5	20		0.01029	4.452	4.796	-2.541	-2.191	2.33E-04	2.51E-04	-1.34E-04	-1.44E-04
5	20.01		0.01029	4.45	4.995	0.173	0.518	2.72E-04	3.27E-04	-1.61E-04	-1.44E-04
6	0		0.01357	0	-0.058	-11.549	-2.494	2.43E-05	2.43E-05	-5.33E-05	-5.33E-05
6	2		0.01366	1.633	31.264	1.124	23.787	-8.73E-05	1.13E-04	-9.07E-05	6.23E-05
6	2.01		0.01366	1.643	7.372	-1.003	3.827	-5.26E-05	2.49E-04	-1.92E-04	6.22E-05
6	20		0.0104	4.551	4.875	-2.446	-2.408	2.39E-04	2.56E-04	-1.29E-04	-1.27E-04
6	20.01		0.0104	4.549	5.066	0.174	0.543	2.79E-04	3.31E-04	-1.64E-04	-1.27E-04

Fuente: Elaboración Propia

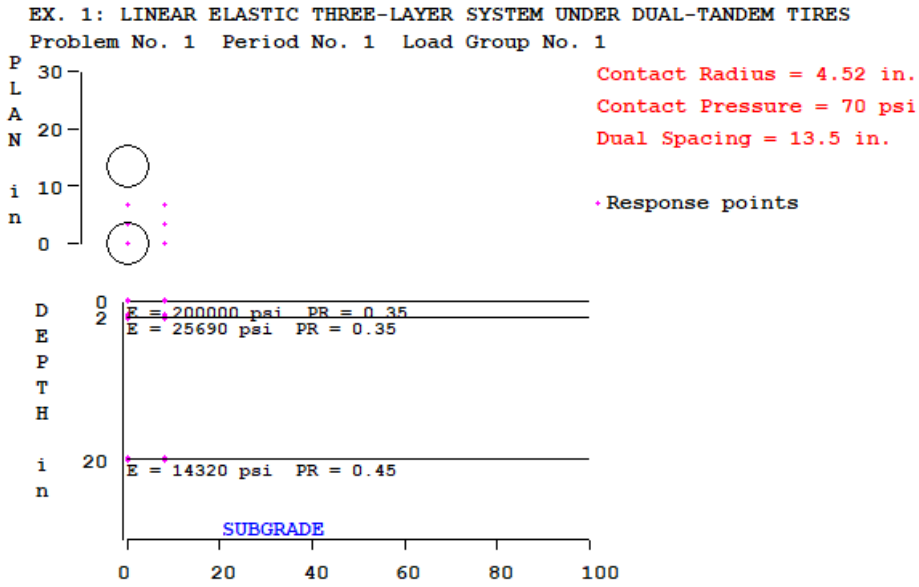


Figura 5.1: Evaluación del Pavimento Existente – Eje simple KENPAVE

Fuente: Software KENPAVE

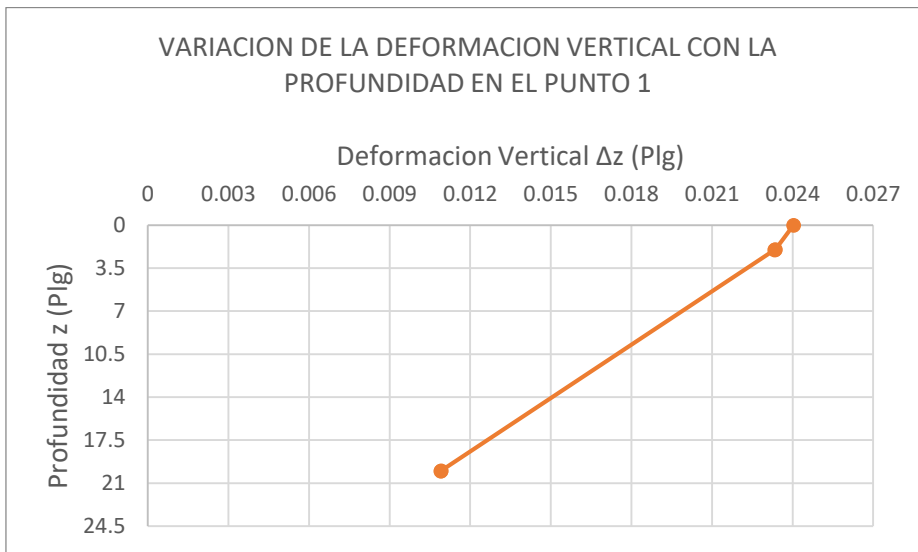
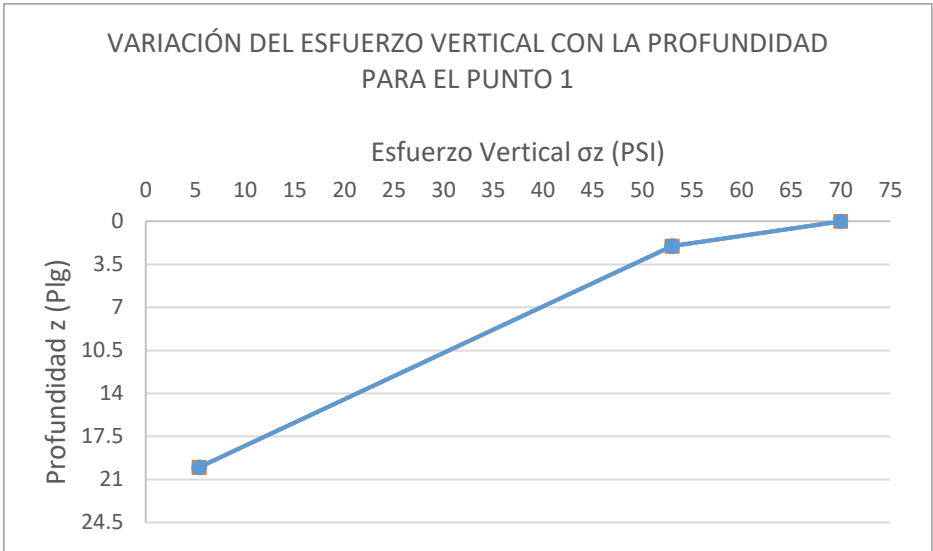


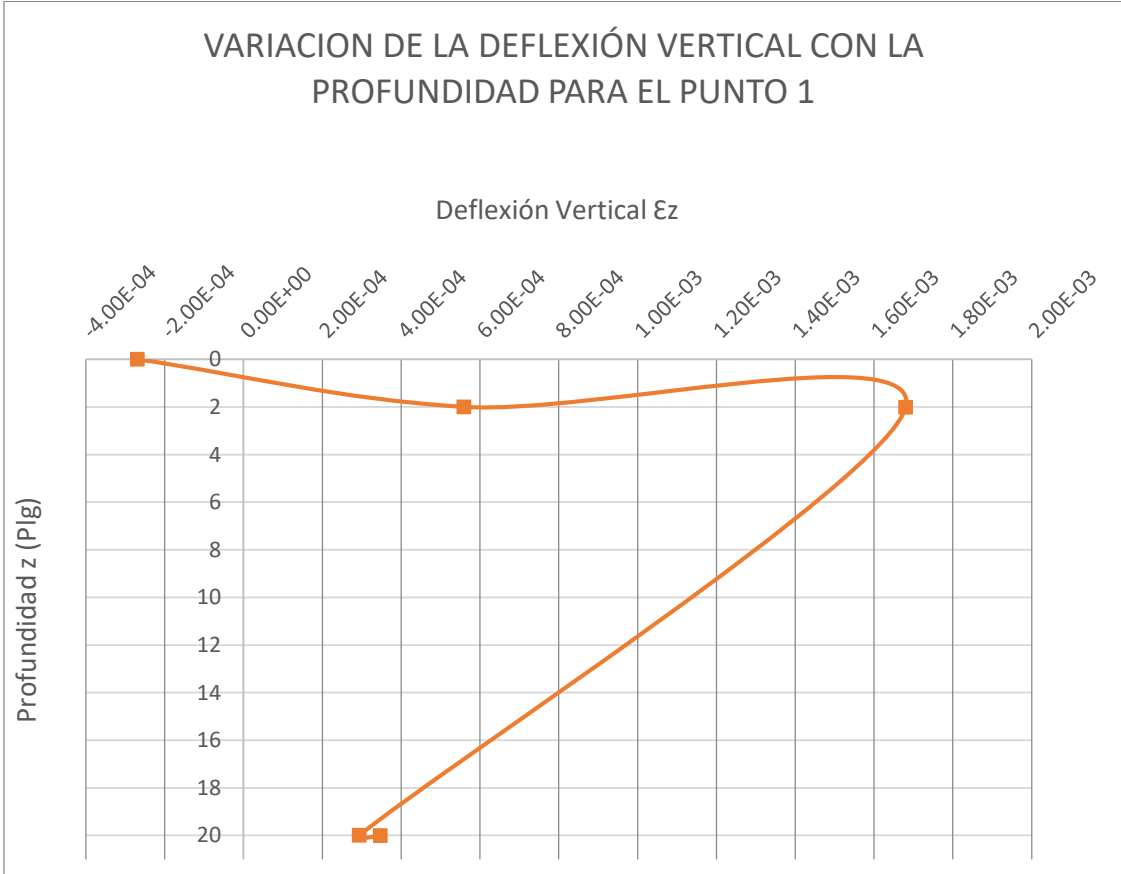
Figura 5.2: Variación de la Deformación Vertical Con La Profundidad En El Punto 1

Fuente: Elaboración Propia



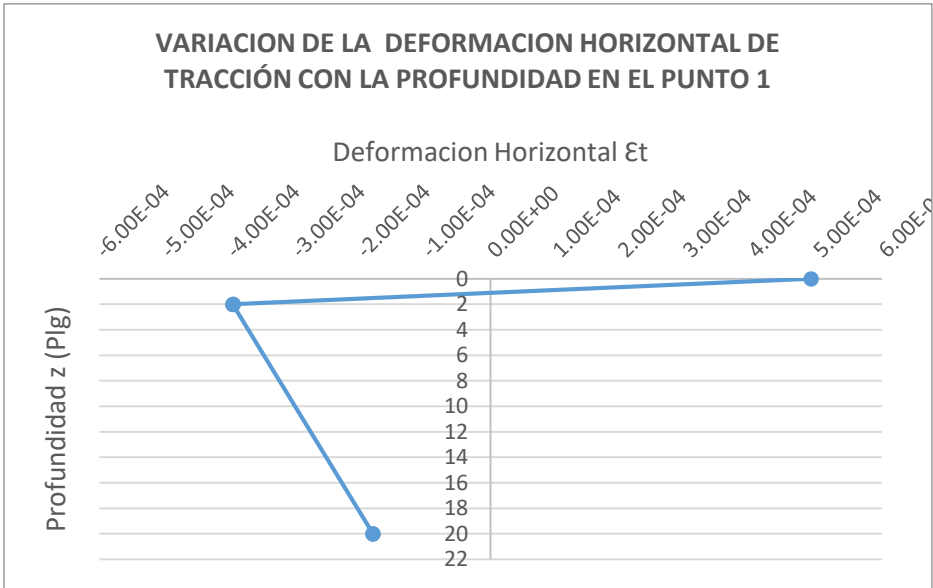
**Figura 5.3:** Variación de la Deformación Horizontal de tracción con la Profundidad en el Punto 1

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 5.4:** Variación de la Deflexión vertical con la Profundidad En El Punto 1

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 5.5:** Variación del esfuerzo Vertical con la Profundidad En El Punto 1

Fuente: Elaboración Propia



**ANEXO 5.2 MODELAMIENTO DE PAVIMENTO EXISTENTE (EJE TÁNDEM)**

**DATOS INGRESADOS AL SOFTWARE KENPAVE**

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED = 1

TITLE -EX. 1: LINEAR ELASTIC THREE-LAYER SYSTEM UNDER DUAL-TANDEM TIRES

MATL = 1 FOR LINEAR ELASTIC LAYERED SYSTEM

NDAMA = 0, SO DAMAGE ANALYSIS WILL NOT BE PERFORMED

NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) = 1

NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) = 1

TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- = 0.001

NUMBER OF LAYERS (NL)----- = 3

NUMBER OF Z COORDINATES (NZ)----- = 5

LIMIT OF INTEGRATION CYCLES (ICL)- = 80

COMPUTING CODE (NSTD)----- = 9

SYSTEM OF UNITS (NUNIT)----- = 0

Length and displacement in in., stress and modulus in psi

unit weight in pcf, and temperature in F

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE: 2 18

POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE: 0.35 0.35 0.45

VERTICAL COORDINATES OF POINTS (ZC) ARE: 0 2 2.01 20 20.01

ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE: 1 2.000E+05 2  
2.569E+04 3 1.432E+04

LOAD GROUP NO. 1- HAS 4 CONTACT AREAS

CONTACT RADIUS (CR)----- = 4.52

CONTACT PRESSURE (CP)----- = 70

NO. OF POINTS AT WHICH RESULTS ARE DESIRED (NPT)-- = 9

WHEEL SPACING ALONG X-AXIS (XW)----- = 48

WHEEL SPACING ALONG Y-AXIS (YW)----- = 13.5

RESPONSE PT. NO. AND (XPT, YPT) ARE: 1 0.000 0.000 2 0.000 3.375

3 0.000 6.750 4 8.000 0.000 5 8.000 3.375 6 8.000 6.750

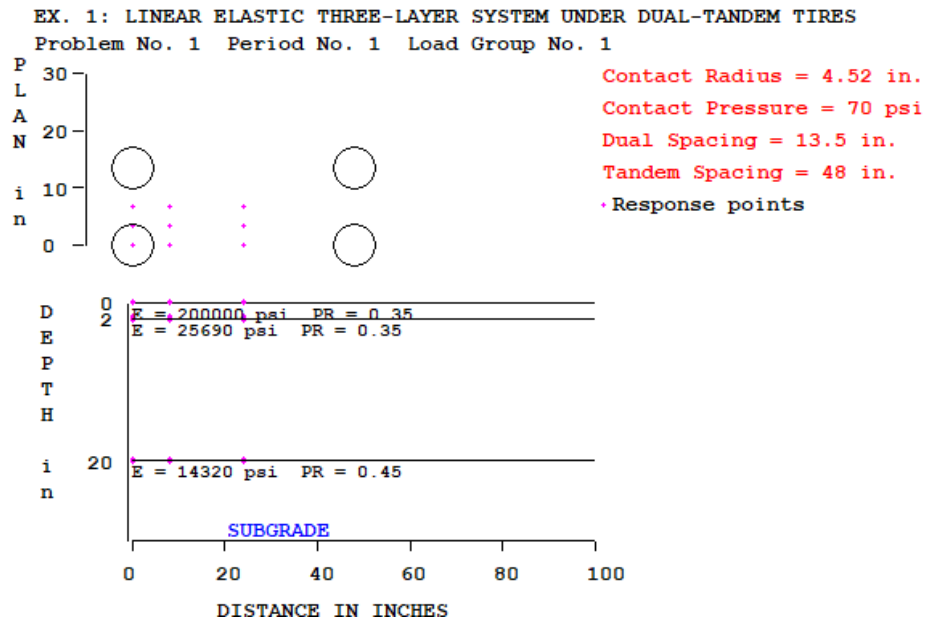
7 24.000 0.000 8 24.000 3.375 9 24.000 6.750

PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 1

**Cuadro 5.2: Resultados de la Evaluación Del Pavimento Existente-Eje Tándem: Kenpave**

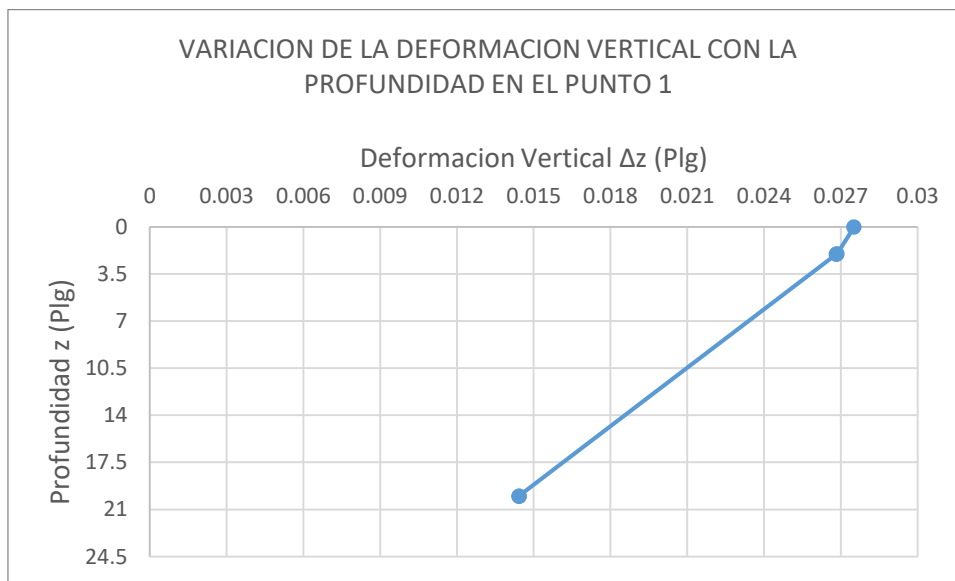
Point N°	Depth z	Note: Stresses and strains are reversed to show - for compression and + for tension	Vertical Deflection	Vertical Stress	Major P. Stress	Minor P. Stress	Intermediate P.	Vertical Strain	Major P. Strain	Minor P. Strain	Horizontal P. Strain
			$\Delta_z$	$\sigma_z$	$\sigma_1$	$\sigma_3$	$\sigma_2$	$\epsilon_z$	$\epsilon_1$	$\epsilon_3$	$\epsilon_t$
1	0		0.02752	70	223.437	99.09	212.86	-2.68E-04	5.71E-04	-2.68E-04	5.00E-04
1	2		0.02685	53.056	53.066	-88.526	-78.865	5.58E-04	5.58E-04	-3.98E-04	-3.98E-04
1	2.01		0.02683	53.005	53.043	13.442	14.655	1.68E-03	1.68E-03	-3.99E-04	-3.99E-04
1	20		0.01443	5.557	5.681	-3.021	-2.736	2.93E-04	3.00E-04	-1.58E-04	-1.61E-04
1	20.01		0.01443	5.553	5.762	0.612	0.621	3.43E-04	3.64E-04	-1.58E-04	-1.61E-04
2	0		0.0258	70	144.351	50.328	88.575	-1.56E-04	4.79E-04	-1.56E-04	1.02E-04
2	2		0.02577	40.033	41.363	-70.85	-28.81	3.72E-04	3.81E-04	-3.76E-04	-3.76E-04
2	2.01		0.02576	39.973	43.236	9.632	11.963	1.22E-03	1.39E-03	-3.77E-04	-3.77E-04
2	20		0.01485	5.967	6.001	-3.259	-3.05	3.18E-04	3.20E-04	-1.67E-04	-1.68E-04
2	20.01		0.01484	5.963	6.022	0.633	0.707	3.73E-04	3.79E-04	-1.67E-04	-1.68E-04
3	0		0.0235	0	64.593	-41.146	-2.302	-5.25E-05	3.99E-04	-3.15E-04	-3.15E-04
3	2		0.02357	16.583	87.242	-18.4	16.583	-3.76E-05	4.39E-04	-2.74E-04	-2.74E-04
3	2.01		0.02357	16.612	18.975	5.397	16.612	3.15E-04	4.39E-04	-2.75E-04	-2.75E-04
3	20		0.01499	6.099	6.105	-3.333	-3.145	3.26E-04	3.26E-04	-1.70E-04	-1.70E-04
3	20.01		0.01498	6.095	6.105	0.639	0.743	3.82E-04	3.83E-04	-1.71E-04	-1.70E-04
4	0		0.01767	0	21.055	-24.719	-2.039	-3.78E-06	1.52E-04	-1.57E-04	-1.62E-04
4	2		0.01772	4.037	43.957	3.145	6.22	-6.61E-05	2.03E-04	-7.21E-05	-5.39E-05
4	2.01		0.01771	4.044	11.797	-0.338	2.71	1.95E-05	4.27E-04	-2.11E-04	-5.44E-05
4	20		0.01416	4.451	4.739	-2.3	-1.275	2.18E-04	2.33E-04	-1.37E-04	-1.48E-04
4	20.01		0.01415	4.449	4.91	0.543	0.957	2.49E-04	2.96E-04	-1.47E-04	-1.48E-04
5	0		0.01792	0	10.752	-21.772	-1.723	1.07E-05	9.49E-05	-1.25E-04	-1.57E-04
5	2		0.01799	2.781	39.955	2.133	14.965	-8.11E-05	1.70E-04	-8.55E-05	-3.44E-05
5	2.01		0.01799	2.795	9.651	-0.58	3.313	-2.18E-05	3.38E-04	-1.99E-04	-3.45E-05
5	20		0.01452	4.76	4.984	-2.522	-1.429	2.36E-04	2.48E-04	-1.47E-04	-1.50E-04
5	20.01		0.01452	4.758	5.123	0.612	0.981	2.71E-04	3.08E-04	-1.49E-04	-1.50E-04
6	0		0.01782	0	0.074	-12.732	-0.218	2.30E-05	2.30E-05	-6.34E-05	-6.34E-05
6	2		0.0179	1.645	31.191	1.182	25.366	-8.99E-05	1.10E-04	-9.31E-05	7.02E-05
6	2.01		0.0179	1.655	7.209	-0.824	4.035	-5.50E-05	2.37E-04	-1.85E-04	7.01E-05
6	20		0.01465	4.862	5.065	-2.591	-1.479	2.42E-04	2.53E-04	-1.50E-04	-1.50E-04
6	20.01		0.01464	4.86	5.192	0.639	0.988	2.78E-04	3.12E-04	-1.50E-04	-1.50E-04
7	0		0.01309	0	12.401	2.576	4.094	-1.60E-05	5.03E-05	-1.60E-05	-5.74E-06
7	2		0.01303	0.019	6.687	0.008	5.528	-2.13E-05	2.38E-05	-2.13E-05	1.59E-05
7	2.01		0.01303	0.02	0.945	-0.06	0.722	-2.09E-05	2.78E-05	-2.51E-05	1.61E-05
7	20		0.01273	2.156	2.212	-1.175	1.989	7.21E-05	7.50E-05	-1.03E-04	-1.00E-04
7	20.01		0.01273	2.157	2.261	0.376	2.091	6.99E-05	8.04E-05	-1.11E-04	-1.00E-04
8	0		0.01334	0	13.248	2.656	3.893	-1.67E-05	5.48E-05	-1.67E-05	-8.37E-06
8	2		0.01328	0.017	7.021	0.014	5.77	-2.23E-05	2.50E-05	-2.23E-05	1.65E-05
8	2.01		0.01328	0.018	0.931	-0.004	0.753	-2.19E-05	2.60E-05	-2.31E-05	1.67E-05
8	20		0.01296	2.259	2.273	-1.321	2.114	7.70E-05	7.77E-05	-1.11E-04	-1.11E-04
8	20.01		0.01296	2.26	2.287	0.398	2.199	7.54E-05	7.81E-05	-1.13E-04	-1.11E-04
9	0		0.0135	0	16.074	4.64	8.567	-1.99E-05	5.73E-05	-1.99E-05	6.59E-06
9	2		0.01336	0.017	7.139	0.017	5.847	-2.26E-05	2.54E-05	-2.26E-05	1.67E-05
9	2.01		0.01336	0.017	0.924	0.017	0.762	-2.23E-05	2.53E-05	-2.23E-05	1.69E-05
9	20		0.01304	2.295	2.295	-1.372	2.157	7.86E-05	7.86E-05	-1.14E-04	-1.14E-04
9	20.01		0.01304	2.295	2.295	0.407	2.237	7.72E-05	7.72E-05	-1.14E-04	-1.14E-04

Fuente: Elaboración Propia



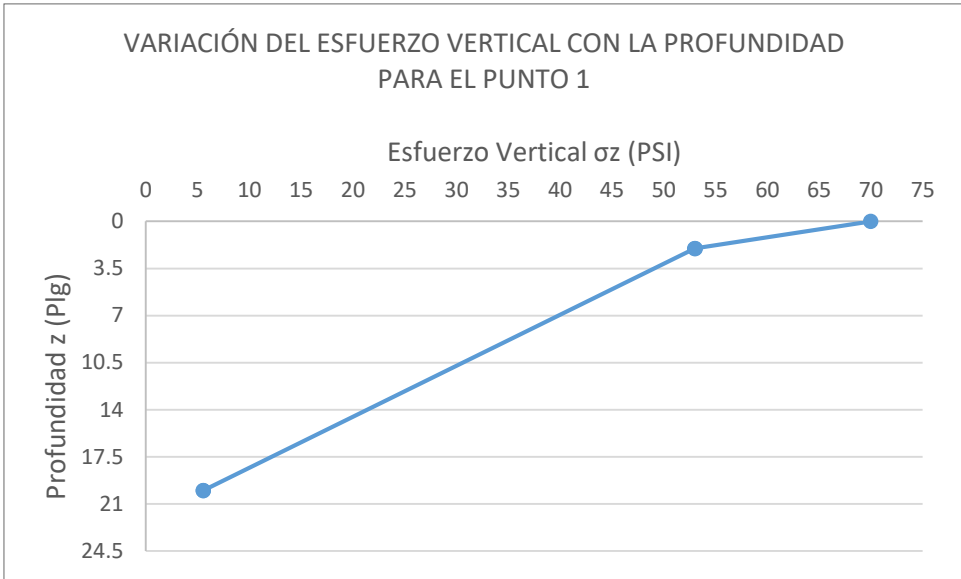
**Figura 5.6:** Evaluación del Pavimento Existente – Eje Tándem KENPAVE

Fuente: Software KENPAVE



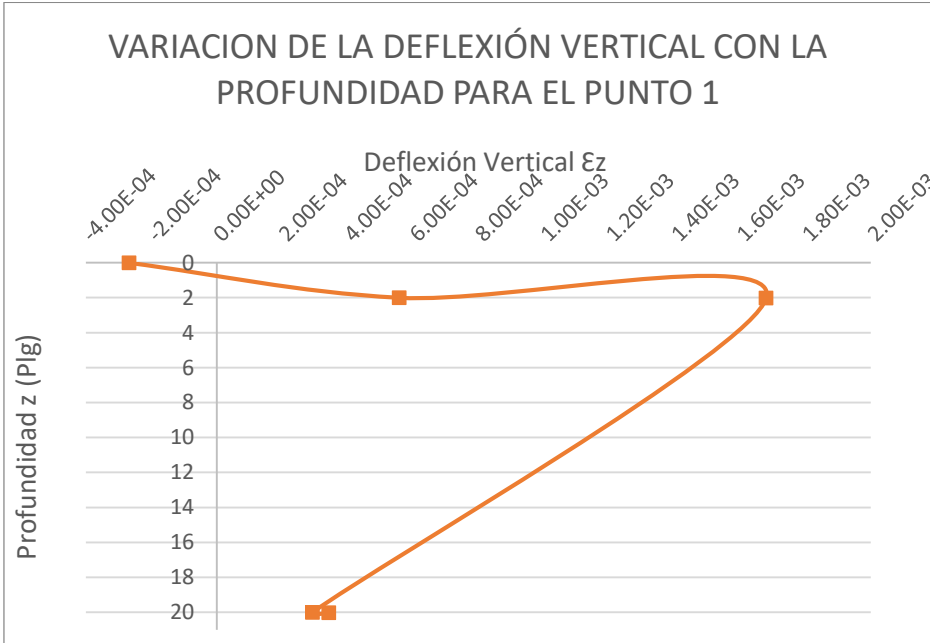
**Figura 5.7:** Variación de la Deformación Vertical Con La Profundidad En El Punto 1

Fuente: Elaboración Propia



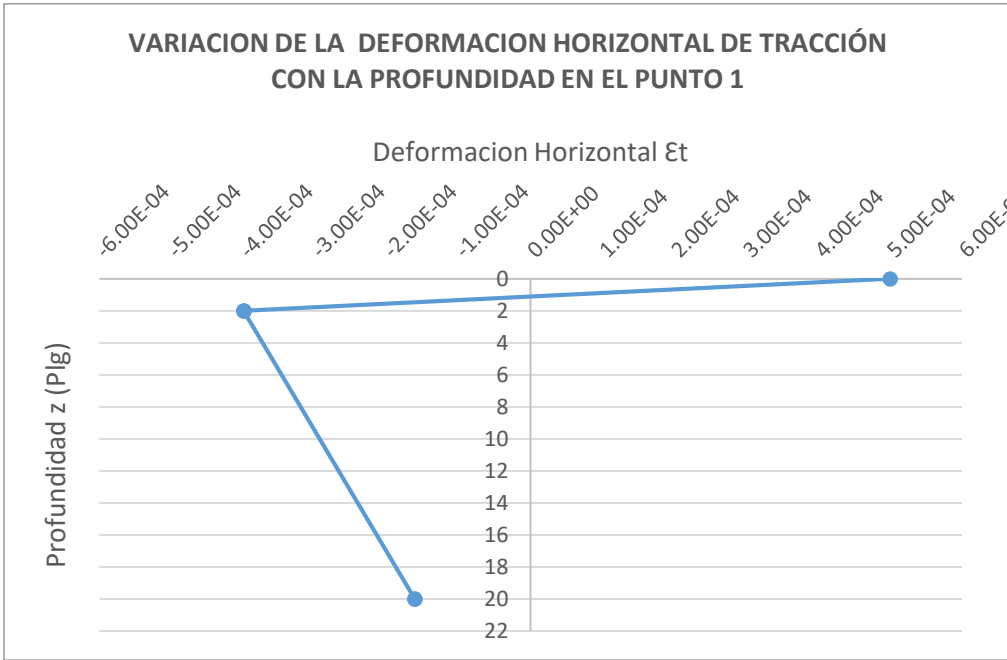
**Figura 5.8:** Variación del esfuerzo vertical con la Profundidad en el Punto 1

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 5.9:** Variación de la Deflexión vertical con la Profundidad En El Punto 1

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 5.10:** Variación de la deformación horizontal en tracción con la Profundidad En El Punto 1

Fuente: Elaboración Propia

**ANEXO 5.3 MODELAMIENTO DE PROPUESTA DE MEJORAMIENTO (EJE SIMPLE)**

**DATOS INGRESADOS AL SOFTWARE KENPAVE**

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED = 1

TITLE -EX. 1: LINEAR ELASTIC THREE-LAYER SYSTEM UNDER DUAL-TANDEM TIRES

MATL = 1 FOR LINEAR ELASTIC LAYERED SYSTEM

NDAMA = 0, SO DAMAGE ANALYSIS WILL NOT BE PERFORMED

NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) = 1

NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) = 1

TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- = 0.001

NUMBER OF LAYERS (NL)----- = 4

NUMBER OF Z COORDINATES (NZ)----- = 7

LIMIT OF INTEGRATION CYCLES (ICL)- = 80

COMPUTING CODE (NSTD)----- = 9

SYSTEM OF UNITS (NUNIT)----- = 0

Length and displacement in in., stress and modulus in psi

unit weight in pcf, and temperature in F

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE: 4 8 8

POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE: 0.35 0.35 0.35 0.45

VERTICAL COORDINATES OF POINTS (ZC) ARE: 0 4 4.01 12 12.01 20 20.01

ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE: 1 4.500E+05 2  
4.869E+04 3 3.124E+04 4 1.432E+04

LOAD GROUP NO. 1 HAS 2 CONTACT AREAS

CONTACT RADIUS (CR)----- = 4.52

CONTACT PRESSURE (CP)----- = 70

NO. OF POINTS AT WHICH RESULTS ARE DESIRED (NPT)-- = 6

WHEEL SPACING ALONG X-AXIS (XW)----- = 48

WHEEL SPACING ALONG Y-AXIS (YW)----- = 13.5

RESPONSE PT. NO. AND (XPT, YPT) ARE: 1 0.000 0.000 2 0.000 3.375

3 0.000 6.750 4 8.000 0.000 5 8.000 3.375 6 8.000 6.750

PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO. 1



**Cuadro 5.3:** Resultados de la Propuesta de Mejoramiento del Pavimento Existente-Eje Simple: Kenpave

Point N°	Depth z	Note: Stresses and strains are reversed to show - for compression and + for tension	Vertical Deflectio	Vertical Stress	Major P. Stress	Minor P. Stress	Intermedi	Vertical Strain	Major P. Strain	Minor P. Strain	Horizontal P. Strain
			$\Delta_z$	$\sigma_z$	$\sigma_1$	$\sigma_3$	ate P. $\sigma_2$	$\epsilon_z$	$\epsilon_1$	$\epsilon_3$	$\epsilon_t$
1	0		0.01434	70	189.76	95.602	182.283	-7.69E-05	2.06E-04	-7.69E-05	1.83E-04
1	4		0.01364	26.376	26.445	-100.665	-82.266	2.01E-04	2.01E-04	-1.80E-04	-1.80E-04
1	4.01		0.01364	26.332	26.657	1.761	3.434	5.01E-04	5.10E-04	-1.80E-04	-1.80E-04
1	12		0.01104	8.221	8.535	-5.258	-3.749	2.31E-04	2.40E-04	-1.42E-04	-1.42E-04
1	12.01		0.01104	8.212	8.618	-1.789	-1.027	2.90E-04	3.07E-04	-1.42E-04	-1.42E-04
1	20		0.00923	3.892	3.956	-3.773	-3.061	2.00E-04	2.03E-04	-1.31E-04	-1.31E-04
1	20.01		0.00922	3.89	4.013	0.051	0.259	2.58E-04	2.71E-04	-1.31E-04	-1.31E-04
2	0		0.01432	70	150.372	56.809	128.552	-9.07E-05	1.90E-04	-9.07E-05	1.25E-04
2	4		0.0139	22.911	22.987	-88.153	-45.868	1.55E-04	1.55E-04	-1.78E-04	-1.78E-04
2	4.01		0.01389	22.881	23.181	1.452	5.731	4.16E-04	4.25E-04	-1.78E-04	-1.78E-04
2	12		0.01143	8.707	8.766	-5.576	-3.657	2.45E-04	2.46E-04	-1.51E-04	-1.51E-04
2	12.01		0.01143	8.698	8.776	-1.899	-0.71	3.07E-04	3.10E-04	-1.51E-04	-1.51E-04
2	20		0.00949	4.146	4.162	-4.013	-3.38	2.15E-04	2.16E-04	-1.37E-04	-1.37E-04
2	20.01		0.00948	4.144	4.175	0.048	0.293	2.78E-04	2.81E-04	-1.37E-04	-1.37E-04
3	0		0.01407	0	123.185	35.466	91.569	-8.82E-05	1.75E-04	-8.82E-05	8.01E-05
3	4		0.01375	17.34	17.34	-65.922	3.34	8.72E-05	8.72E-05	-1.63E-04	-1.63E-04
3	4.01		0.01375	17.327	17.327	1.183	8.671	2.85E-04	2.85E-04	-1.63E-04	-1.63E-04
3	12		0.01156	8.758	8.758	-5.647	-3.502	2.46E-04	2.46E-04	-1.54E-04	-1.54E-04
3	12.01		0.01155	8.75	8.75	-1.935	-0.561	3.08E-04	3.08E-04	-1.54E-04	-1.54E-04
3	20		0.00957	4.231	4.231	-4.093	-3.484	2.20E-04	2.20E-04	-1.39E-04	-1.39E-04
3	20.01		0.00957	4.228	4.228	0.046	0.306	2.84E-04	2.84E-04	-1.39E-04	-1.39E-04
4	0		0.01152	0	62.391	16.551	50.159	-5.08E-05	8.68E-05	-5.08E-05	4.55E-05
4	4		0.01095	6.952	17.31	-16.457	2.428	1.83E-05	4.94E-05	-5.19E-05	-6.23E-05
4	4.01		0.01095	6.952	12.773	-1.12	1.565	9.78E-05	2.59E-04	-1.26E-04	-6.24E-05
4	12		0.00994	5.175	6.601	-3.332	-2.723	1.40E-04	1.79E-04	-9.63E-05	-1.12E-04
4	12.01		0.00994	5.172	6.863	-1.742	-0.928	1.77E-04	2.50E-04	-1.22E-04	-1.12E-04
4	20		0.00864	3.209	3.413	-2.905	-2.316	1.59E-04	1.68E-04	-1.05E-04	-1.21E-04
4	20.01		0.00864	3.207	3.574	0.066	0.229	2.03E-04	2.40E-04	-1.15E-04	-1.21E-04
5	0		0.01184	0	60.703	16.365	53.394	-5.24E-05	8.06E-05	-5.24E-05	5.81E-05
5	4		0.01129	6.813	15.047	-7.829	1.843	1.34E-05	3.81E-05	-3.05E-05	-3.17E-05
5	4.01		0.01129	6.819	12.18	-1.067	2.475	9.14E-05	2.40E-04	-1.27E-04	-3.17E-05
5	12		0.01026	5.531	6.814	-3.443	-2.833	1.50E-04	1.85E-04	-9.93E-05	-9.51E-05
5	12.01		0.01026	5.527	7.077	-1.837	-0.788	1.89E-04	2.56E-04	-1.29E-04	-9.51E-05
5	20		0.00886	3.407	3.574	-2.972	-2.668	1.70E-04	1.78E-04	-1.05E-04	-1.13E-04
5	20.01		0.00886	3.406	3.712	0.063	0.254	2.18E-04	2.49E-04	-1.20E-04	-1.13E-04
6	0		0.01191	0	57.481	15.633	53.953	-5.19E-05	7.36E-05	-5.19E-05	6.30E-05
6	4		0.01137	6.405	13.445	-0.784	1.084	8.53E-06	2.97E-05	-1.30E-05	-1.30E-05
6	4.01		0.01137	6.408	11.422	-1.067	2.984	8.18E-05	2.21E-04	-1.26E-04	-1.32E-05
6	12		0.01037	5.612	6.853	-3.487	-2.806	1.52E-04	1.86E-04	-1.01E-04	-8.18E-05
6	12.01		0.01036	5.608	7.116	-1.869	-0.72	1.92E-04	2.57E-04	-1.32E-04	-8.18E-05
6	20		0.00894	3.474	3.628	-2.912	-2.868	1.74E-04	1.81E-04	-1.02E-04	-1.02E-04
6	20.01		0.00894	3.473	3.758	0.062	0.264	2.23E-04	2.52E-04	-1.22E-04	-1.02E-04

Fuente: Elaboración Propia

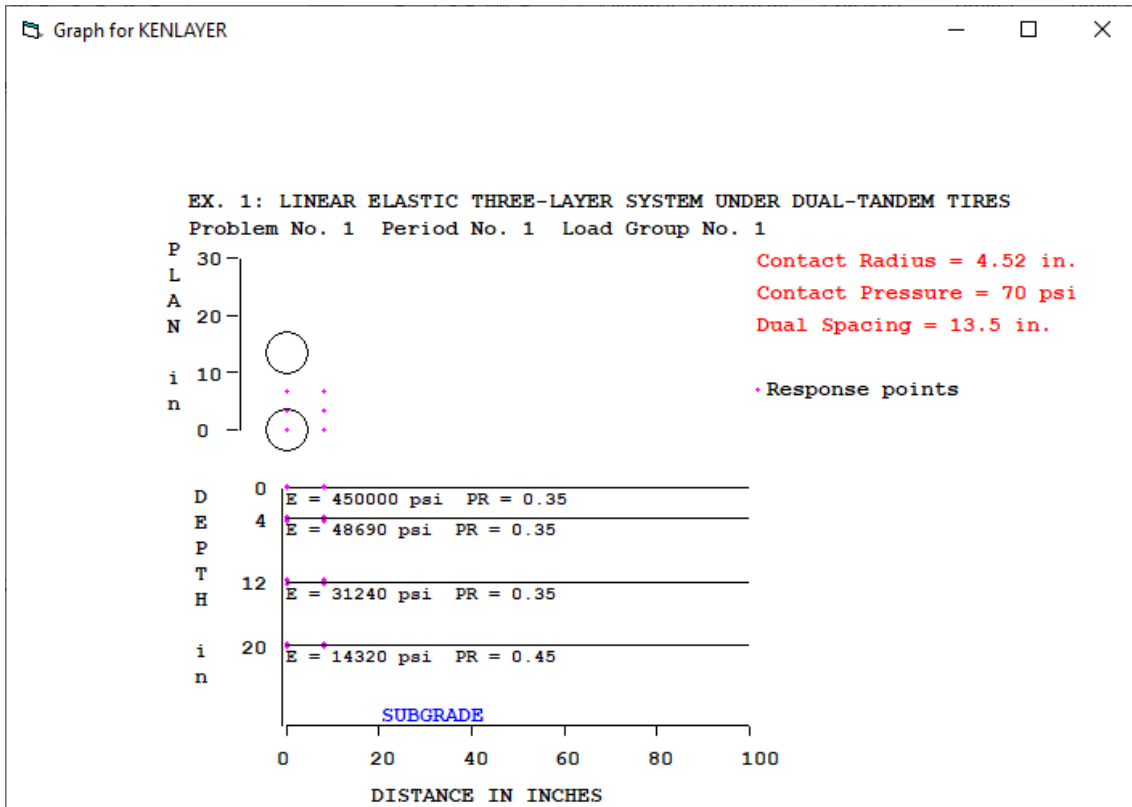


Figura 5.11: Propuesta de Mejoramiento del Pavimento Existente – Eje Simple KENPAVE

Fuente: Software KENPAVE

**ANEXO 5.4 MODELAMIENTO DE PROPUESTA DE MEJORAMIENTO (EJE TÁNDEM)**

**DATOS INGRESADOS AL SOFTWARE KENPAVE**

NUMBER OF PROBLEMS TO BE SOLVED = 1

TITLE -EX. 1: LINEAR ELASTIC THREE-LAYER SYSTEM UNDER DUAL-TANDEM TIRES

MATL = 1 FOR LINEAR ELASTIC LAYERED SYSTEM

NDAMA = 0, SO DAMAGE ANALYSIS WILL NOT BE PERFORMED

NUMBER OF PERIODS PER YEAR (NPY) = 1

NUMBER OF LOAD GROUPS (NLG) = 1

TOLERANCE FOR INTEGRATION (DEL) -- = 0.001

NUMBER OF LAYERS (NL)----- = 4

NUMBER OF Z COORDINATES (NZ)----- = 7

LIMIT OF INTEGRATION CYCLES (ICL)- = 80

COMPUTING CODE (NSTD)----- = 9

SYSTEM OF UNITS (NUNIT)----- = 0

Length and displacement in in., stress and modulus in psi

unit weight in pcf, and temperature in F

THICKNESSES OF LAYERS (TH) ARE: 4 8 8

POISSON'S RATIOS OF LAYERS (PR) ARE: 0.35 0.35 0.35 0.45

VERTICAL COORDINATES OF POINTS (ZC) ARE: 0 4 4.01 12 12.01 20 20.01

ALL INTERFACES ARE FULLY BONDED

FOR PERIOD NO. 1 LAYER NO. AND MODULUS ARE: 1 4.500E+05 2  
4.869E+04 3 3.124E+04 4 1.432E+04

LOAD GROUP NO. 1 HAS 4 CONTACT AREAS

CONTACT RADIUS (CR)----- = 4.52

CONTACT PRESSURE (CP)----- = 70

NO. OF POINTS AT WHICH RESULTS ARE DESIRED (NPT)-- = 9

WHEEL SPACING ALONG X-AXIS (XW)----- = 48

WHEEL SPACING ALONG Y-AXIS (YW)----- = 13.5

RESPONSE PT. NO. AND (XPT, YPT) ARE: 1 0.000 0.000 2 0.000 3.375

3 0.000 6.750 4 8.000 0.000 5 8.000 3.375 6 8.000 6.750

7 24.000 0.000 8 24.000 3.375 9 24.000 6.750

PERIOD NO. 1 LOAD GROUP NO.

**Cuadro 5.4:** Resultados de la Propuesta de Mejoramiento Del Pavimento Existente-Eje Tándem: Kenpave

Point N°	Depth z	Note: Stresses and strains are	Vertical Deflection $\Delta_z$	Vertical Stress $\sigma_z$	Major P. Stress $\sigma_1$	Minor P. Stress $\sigma_3$	Intermediate P. Stress $\sigma_2$	Vertical Strain $\epsilon_z$	Major P. Strain $\epsilon_1$	Minor P. Strain $\epsilon_3$	Horizontal P. Strain $\epsilon_t$
1	0		0.01791	70	188.821	96.28	184.885	-7.67E-05	2.01E-04	-7.67E-05	1.89E-04
1	4		0.01719	26.404	26.475	-99.376	-81.512	1.99E-04	2.00E-04	-1.78E-04	-1.78E-04
1	4.01		0.01719	26.361	26.694	1.912	3.522	5.00E-04	5.09E-04	-1.78E-04	-1.78E-04
1	12		0.0146	8.363	8.687	-4.594	-3.877	2.30E-04	2.39E-04	-1.29E-04	-1.30E-04
1	12.01		0.0146	8.354	8.773	-1.336	-1.087	2.90E-04	3.08E-04	-1.29E-04	-1.30E-04
1	20		0.01278	4.124	4.202	-3.289	-3.059	2.02E-04	2.06E-04	-1.18E-04	-1.22E-04
1	20.01		0.01278	4.122	4.272	0.325	0.472	2.58E-04	2.73E-04	-1.27E-04	-1.22E-04
2	0		0.01791	70	149.366	57.505	131.259	-9.05E-05	1.85E-04	-9.05E-05	1.31E-04
2	4		0.01747	22.94	23.016	-86.828	-45.11	1.54E-04	1.54E-04	-1.76E-04	-1.76E-04
2	4.01		0.01747	22.91	23.21	1.607	5.829	4.15E-04	4.23E-04	-1.76E-04	-1.76E-04
2	12		0.01502	8.853	8.918	-4.89	-3.801	2.44E-04	2.46E-04	-1.37E-04	-1.37E-04
2	12.01		0.01502	8.844	8.93	-1.434	-0.776	3.07E-04	3.11E-04	-1.37E-04	-1.37E-04
2	20		0.01306	4.383	4.409	-3.586	-3.317	2.17E-04	2.19E-04	-1.27E-04	-1.28E-04
2	20.01		0.01306	4.38	4.433	0.36	0.479	2.78E-04	2.83E-04	-1.29E-04	-1.28E-04
3	0		0.01764	0	120.109	35.42	93.171	-8.72E-05	1.67E-04	-8.72E-05	8.61E-05
3	4		0.01734	17.369	17.37	-64.586	4.098	8.56E-05	8.57E-05	-1.60E-04	-1.60E-04
3	4.01		0.01733	17.357	17.36	1.339	8.766	2.84E-04	2.84E-04	-1.60E-04	-1.60E-04
3	12		0.01515	8.905	8.91	-4.954	-3.651	2.45E-04	2.45E-04	-1.40E-04	-1.39E-04
3	12.01		0.01515	8.897	8.904	-1.465	-0.628	3.08E-04	3.09E-04	-1.40E-04	-1.39E-04
3	20		0.01316	4.469	4.479	-3.686	-3.401	2.22E-04	2.23E-04	-1.30E-04	-1.30E-04
3	20.01		0.01316	4.466	4.486	0.374	0.481	2.85E-04	2.87E-04	-1.30E-04	-1.30E-04
4	0		0.01573	0	64.33	16.467	46.973	-5.00E-05	9.36E-05	-5.00E-05	4.01E-05
4	4		0.01518	6.999	18.522	-15.4	3.389	1.59E-05	5.05E-05	-5.13E-05	-6.07E-05
4	4.01		0.01518	6.999	12.535	-0.616	1.734	9.59E-05	2.49E-04	-1.15E-04	-6.08E-05
4	12		0.01417	5.418	6.615	-3.077	-2.151	1.40E-04	1.74E-04	-9.53E-05	-1.06E-04
4	12.01		0.01417	5.415	6.833	-1.202	-0.717	1.79E-04	2.40E-04	-1.07E-04	-1.06E-04
4	20		0.01283	3.595	3.706	-2.891	-1.77	1.66E-04	1.71E-04	-1.14E-04	-1.17E-04
4	20.01		0.01283	3.594	3.804	0.315	0.797	2.10E-04	2.31E-04	-1.23E-04	-1.17E-04
5	0		0.01609	0	63.276	16.278	49.593	-5.16E-05	8.94E-05	-5.16E-05	4.74E-05
5	4		0.01556	6.861	16.219	-6.913	3.056	1.10E-05	3.90E-05	-3.04E-05	-3.16E-05
5	4.01		0.01556	6.867	11.911	-0.486	2.608	8.95E-05	2.29E-04	-1.14E-04	-3.16E-05
5	12		0.01453	5.78	6.831	-3.118	-2.325	1.50E-04	1.79E-04	-9.65E-05	-9.93E-05
5	12.01		0.01453	5.777	7.038	-1.048	-0.807	1.92E-04	2.46E-04	-1.03E-04	-9.93E-05
5	20		0.01309	3.803	3.874	-3.168	-1.913	1.78E-04	1.81E-04	-1.23E-04	-1.24E-04
5	20.01		0.01309	3.802	3.937	0.342	0.815	2.25E-04	2.39E-04	-1.26E-04	-1.24E-04
6	0		0.01618	0	60.075	15.546	50.139	-5.12E-05	8.24E-05	-5.12E-05	5.26E-05
6	4		0.01565	6.453	14.512	0.133	2.424	6.08E-06	3.03E-05	-1.29E-05	-1.29E-05
6	4.01		0.01565	6.456	11.149	-0.466	3.106	7.99E-05	2.10E-04	-1.12E-04	-1.30E-05
6	12		0.01465	5.863	6.871	-3.084	-2.375	1.52E-04	1.80E-04	-9.57E-05	-9.57E-05
6	12.01		0.01465	5.86	7.074	-0.963	-0.85	1.94E-04	2.47E-04	-1.01E-04	-9.57E-05
6	20		0.01318	3.874	3.931	-3.26	-1.962	1.82E-04	1.84E-04	-1.26E-04	-1.26E-04
6	20.01		0.01318	3.872	3.981	0.352	0.821	2.30E-04	2.41E-04	-1.26E-04	-1.26E-04
7	0		0.01275	0	16.081	-7.212	0.686	-5.37E-06	4.08E-05	-2.91E-05	-2.91E-05
7	4		0.01274	0.291	15.603	0.126	2.67	-1.34E-05	3.25E-05	-1.39E-05	-6.79E-06
7	4.01		0.01274	0.292	1.829	-0.278	0.979	-1.01E-05	3.25E-05	-2.59E-05	-6.87E-06
7	12		0.01267	1.627	2.218	-1.726	1.753	2.90E-05	4.54E-05	-6.40E-05	-6.05E-05
7	12.01		0.01267	1.628	1.796	-0.883	1.736	4.07E-05	4.79E-05	-6.78E-05	-6.06E-05
7	20		0.01215	2.276	2.314	-1.896	0.961	8.29E-05	8.46E-05	-9.74E-05	-9.57E-05
7	20.01		0.01214	2.276	2.356	0.275	1.556	9.89E-05	1.07E-04	-1.04E-04	-9.57E-05
8	0		0.01297	0	17.458	-8.158	0.729	-5.61E-06	4.46E-05	-3.23E-05	-3.23E-05
8	4		0.01296	0.305	16.661	0.251	2.264	-1.40E-05	3.51E-05	-1.42E-05	-8.29E-06
8	4.01		0.01296	0.307	1.95	0.016	0.674	-1.05E-05	3.51E-05	-1.85E-05	-8.36E-06
8	12		0.01288	1.704	2.383	-1.854	1.736	3.10E-05	4.98E-05	-6.77E-05	-6.68E-05
8	12.01		0.01288	1.705	1.856	-0.886	1.75	4.32E-05	4.97E-05	-6.88E-05	-6.68E-05
8	20		0.01233	2.369	2.378	-2.078	1.027	8.75E-05	8.79E-05	-1.05E-04	-1.04E-04
8	20.01		0.01233	2.369	2.389	0.284	1.625	1.05E-04	1.07E-04	-1.06E-04	-1.04E-04
9	0		0.01304	0	17.919	-8.474	0.744	-5.69E-06	4.58E-05	-3.34E-05	-3.34E-05
9	4		0.01304	0.31	17.014	0.31	2.12	-1.42E-05	3.59E-05	-1.42E-05	-8.76E-06
9	4.01		0.01304	0.311	1.991	0.311	0.375	-1.06E-05	3.60E-05	-1.06E-05	-8.84E-06
9	12		0.01296	1.73	2.439	-1.897	1.73	3.16E-05	5.13E-05	-6.89E-05	-6.89E-05
9	12.01		0.01296	1.732	1.897	-0.885	1.732	4.41E-05	5.13E-05	-6.90E-05	-6.90E-05
9	20		0.0124	2.401	2.401	-2.141	1.05	8.91E-05	8.91E-05	-1.07E-04	-1.07E-04
9	20.01		0.0124	2.4	2.4	0.288	1.649	1.07E-04	1.07E-04	-1.07E-04	-1.07E-04

Fuente: Elaboración Propia

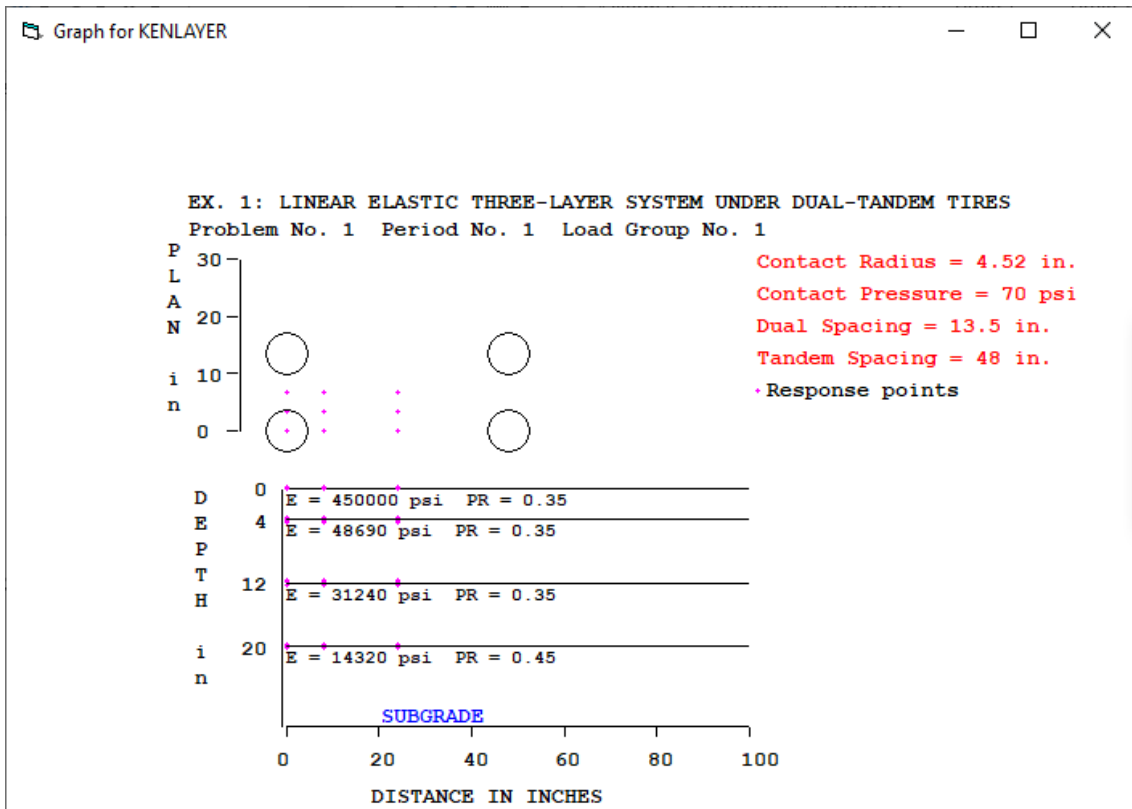


Figura 5.12: Propuesta de Mejoramiento del Pavimento Existente – Eje Tándem KENPAVE

Fuente: Software KENPAVE

**ANEXO 6**  
**PANEL**  
**FOTOGRAFÍCO**



**Figura 6.1:** Estado Actual de la Doble Vía Trujillo - Laredo.

**Fuente:** Elaboración Propia



**Figura 6.2:** Pavimento a mejorar de la carretera Trujillo – Laredo.

**Fuente:** Elaboración Propia





**Figura 6.3:** Pavimento a mejorar de la carretera Trujillo – Laredo.

**Fuente:** Elaboración Propia



**Figura 6.4:** Falla tipo piel de cocodrilo carretera Trujillo – Laredo.

**Fuente:** Elaboración Propia



Figura 6.5: falla por ahuellamiento de la carretera Trujillo – Laredo.

**Fuente:** Elaboración Propia



Figura 6.6: falla por ahuellamiento de la carretera Trujillo – Laredo.

**Fuente:** Elaboración Propia



**Figura 6.7:** falla tipo piel de cocodrilo de la carretera Trujillo – Laredo.

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 6.8:** Excavación de Calicata 1 de carretera Trujillo – Laredo.

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 6.9:** Excavación de Calicata 2 profundidad 1.50 m de carretera Trujillo – Laredo.

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 6.10:** Extracción de muestra de Calicata 3 de carretera Trujillo – Laredo.

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 6.11:** Extracción de muestra de Calicata 4 de carretera Trujillo – Laredo.

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 6.12:** Muestras extraídas (4 calicatas) de la carretera Trujillo – Laredo.

Fuente: Elaboración Propia