

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



---

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL Y  
EVALUACIÓN ECONÓMICA ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO,  
FLEXIBLE Y ADOQUINADO UTILIZANDO EL METODO ASSHTO-  
93, PARA LA AV. MIGUEL GRAU, TRES DE OCTUBRE, NUEVO  
CHIMBOTE”**

---

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL  
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: TRANSPORTES**

**AUTORES:** Br. Carla Noelia Briceño Estrada

Br. Pool Ulises Tello Vásquez

**ASESOR:** Ing. Tito Alfredo Burgos Sarmiento

**TRUJILLO – PERÚ**

**2019**

# ACREDITACIONES

**TITULO:** “Análisis comparativo del diseño estructural y evaluación económica entre un pavimento rígido, flexible y adoquinado utilizando el método ashto-93, para la Av. Miguel Grau, Tres de Octubre, Nuevo Chimbote”

**AUTORES:** Br. Carla Noelia Briceño Estrada  
Br. Pool Ulises Tello Vásquez

**APROBADO POR:**

---

**ING. MAMERTO RODRIGUEZ RAMOS  
PRESIDENTE**

---

**ING. ROLANDO OCHOA ZEVALLOS  
SECRETARIO**

---

**ING. CARMEN LUCIA GELDRES SANCHEZ  
VOCAL**

---

**ING. TITO ALFREDO BURGOS SARMIENTO  
ASESOR**

# DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios, Por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante en mi formación profesional.

En segundo lugar, a mis padres: Anabela Estrada Aranda y Héctor Briceño Santos por su apoyo incondicional, sus grandes consejos, comprensión y amor: Gracias a sus enseñanzas, valores y principios que me ayudaron a formarme como una persona perseverante para conseguir mis objetivos y metas trazadas, y para poder superar cualquier obstáculo que se me presente en la vida.

En tercer lugar, a mis hermanos, Arnold Briceño Estrada quien ha sido de gran ayuda en mi vida ya que siempre eh contado con su apoyo, su cariño y su amor.

Y Por último A Brunito Briceño Estrada, Mi angelito de cuatro patas, quien estuvo a mi lado parte de mi vida, y seguirá estando presente en nuestros corazones.

**Br. Carla Noelia Briceño Estrada.**

A Dios, por haberme dado la vida y permitir el haber llegado hasta este momento muy importante de mi formación profesional.

A mi madre Martha Vásquez, por ser quien inculco los valores que cimientan mi existencia y por proyectarse en mi crecimiento profesional.

A mis familiares quienes siempre me brindaron su apoyo constante.

**Br. Pool Ulises Tello Vásquez**

# AGRADECIMIENTOS

**A:**

**DIOS:**

A Dios por darnos la fuerza necesaria para seguir adelante y cumplir con nuestros mayores anhelos y nuestras metas trazadas, así como también, estar con nosotros en cada paso que hemos dado y por haber puesto en nuestros caminos personas que han sido nuestro soporte y compañía constante durante toda nuestra preparación profesional.

**INSTITUCIÓN PROFESIONAL:**

A nuestra institución, UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO, y a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por habernos dado la oportunidad de escalar un peldaño más, en el campo del conocimiento.

**PADRES:**

A nuestros padres, Por todo su apoyo en cada momento de nuestras vidas y en especial en nuestra formación profesional, por su apoyo moral y económico que nos permitió alcanzar este gran logro.

# RESUMEN

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL Y EVALUACIÓN ECONÓMICA ENTRE UN PAVIMENTO RÍGIDO, FLEXIBLE Y ADOQUINADO UTILIZANDO EL MÉTODO ASSHTO-93, PARA LA AV. MIGUEL GRAU, TRES DE OCTUBRE, NUEVO CHIMBOTE”**

**Por: Br. BRICEÑO ESTRADA CARLA NOELIA  
Br. TELLO VASQUEZ POOL ULISES**

La investigación realizada tiene por objetivo principal realizar un análisis comparativo del diseño estructural y evaluación económica entre los pavimentos rígido, flexible y adoquinado, para ello el presente trabajo de investigación consta de 8 capítulos:

En el primer capítulo, se hace una introducción a la problemática encontrada en el desarrollo del proyecto, enfocándonos en la realidad problemática del sector en estudio, exponiendo además el objetivo general, objetivos específicos y la justificación del desarrollo del presente trabajo.

En el segundo capítulo, se realiza una descripción de los aportes encontrados a razón de antecedentes y una definición de los conceptos relacionados al proyecto.

En el tercer capítulo, se hace una síntesis de los materiales y métodos utilizados en el desarrollo del presente trabajo, así como los procedimientos para el diseño del sistema planteado, mediante el estudio del proceso y análisis de datos.

En el cuarto capítulo, se diseña el pavimento flexible, el pavimento rígido y adoquinado con la Metodología AASHTO 93. Se calcularon los espesores de cada pavimento y se realizó el presupuesto respectivo.

En el quinto capítulo, se presenta la discusión de los resultados obtenidos del desarrollo del proyecto, luego se hizo una comparación técnica- económica entre los tres tipos de pavimento.

Finalmente, en el sexto, séptimo y octavo capítulo, se exponen las conclusiones, recomendaciones a trabajos futuros y las referencias bibliográficas.

# ABSTRACT

This investigation has as goal main to perform a comparative analysis of structural design and financial evaluation amongst rigid and flexible pavement as well as sett paving. For this, the present research consists of 8 chapters.

The first chapter is an introduction to the predicament found in the project development, focusing in the reality of the area's issues that are being studied, also revealing that main and specific objectives, and justification of this research.

In the second chapter, a description is made of the encountered contributions as background and a definition of the concepts related to the project.

In the third chapter, a summary of materials and methods used in the elaboration of this study is presented, as well as the procedures for the design of the established system, through the study of the process and analysis of data.

In the fourth chapter, the flexible and rigid pavement and the sett paving is designed with Methodology AASHTO 93. The widths of each paving's were calculated and the according budget was executed.

In the fifth chapter, the discussion of the obtained results of the project is presented, followed by a technical and financial comparison of the three kinds of pavement.

Finally, in the sixth, seventh and eighth chapter, the conclusions, recommendations and references are given.

# PRESENTACION

## **Señores Miembros del Jurado:**

Dando cumplimiento conforme a las normas establecidas en el Reglamento de Grados y Títulos y Reglamento de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego, para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, se pone a vuestra consideración el Informe del Trabajo de Investigación Titulado **“Análisis comparativo del diseño estructural y evaluación económica entre un pavimento rígido, flexible y adoquinado utilizando el método asshto-93, para la Av. Miguel Grau, Tres de Octubre, Nuevo Chimbote”**, con la convicción de alcanzar una justa evaluación y dictamen.

Atentamente,

Chimbote, 31 de enero del 2019

Br. Carla Noelia Briceño Estrada

Br. Pool Ulises Tello Vásquez

# ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
PRESENTACION.....	v
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
INDICE DE GRÁFICOS.....	ix
i. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	2
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.4 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	3
ii. MARCO DE REFERENCIA.....	4
2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	5
2.2 MARCO TEÓRICO.....	7
2.3 MARCO CONCEPTUAL.....	13
2.4 HIPÓTESIS: HIPÓTESIS GENERAL E HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	14
2.4.1 VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES.....	14
iii. METODOLOGÍA.....	15
3.1 Tipo y nivel de investigación.....	16
3.2 Población y muestra de estudio.....	16
3.3 Diseño de investigación.....	16
3.4 Técnicas e instrumentos de investigación.....	16
3.5 Procesamiento y análisis de datos.....	17
iv. RESULTADOS.....	18
4.1 ESTUDIO DE TRÁFICO.....	19
4.2 PERIODO DE DISEÑO.....	21
4.3 ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.....	21

4.4	DISEÑO ESTRUCTURAL POR LA METODOLOGIA AASHTO 93.....	24
4.4.1	DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE.....	24
4.4.2	DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO.....	34
4.4.3	DISEÑO DE PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO CON ADOQUINES DE CONCRETO 44	
4.5	PRESUPUESTO .....	46
4.5.1	PRESUPUESTO PAVIMENTO FLEXIBLE .....	46
4.5.2	PRESUPUESTO PAVIMENTO RIGIDO .....	47
4.5.3	PRESUPUESTO PAVIMENTO ADOQUINADO.....	48
4.6	CRONOGRAMA DE AVANCE DE OBRA.....	49
4.6.1	CRONOGRAMA PAVIMENTO FLEXIBLE.....	49
4.6.2	CRONOGRAMA PAVIMENTO RIGIDO .....	50
4.6.3	CRONOGRAMA PAVIMENTO ADOQUINADO .....	51
v.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	52
vi.	CONCLUSIONES.....	56
vii.	RECOMENDACIONES .....	59
viii.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
	ANEXOS.....	64
	PLANO DE UBICACIÓN GEOGRAFICA .....	65
	PLANO DE UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	66
	PLANO DE UBICACIÓN DE CALICATAS.....	66
	ENSAYOS DE LABORATORIO.....	67
	PANEL FOTOGRÁFICO.....	85

# ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: Conteo de Vehículos por Día y por Año .....	20
TABLA N° 2: Periodo de Diseño en Años.....	21
TABLA N° 3: densidad seca máxima y humedad óptima de cada calicata ...	23
TABLA N° 4: CBR de cada calicata .....	23
TABLA N° 5: cálculos para hallar el EAL.....	24
TABLA N° 6: Valores del nivel de confianza “R” de acuerdo al tipo de camino.....	25
TABLA N° 7: Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de Tráfico .....	26
TABLA N° 8: Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de Tráfico. ....	27
TABLA N° 9: Diferencial de Serviciabilidad ( $\Delta$ PSI), según el Rango de Tráfico .....	28
TABLA N° 10: coeficientes de drenaje para bases y subbases .....	31
TABLA N° 11: coeficientes estructurales de las capas de pavimentación....	32
TABLA N° 12: cálculos para hallar el EAL.....	34
TABLA N° 13: Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de Tráfico..	35
TABLA N° 14: Diferencial de Serviciabilidad ( $\Delta$ PSI), según el Rango de Tráfico .....	36
TABLA N° 15: Coeficiente de Transferencia de Carga (J).....	37
TABLA N° 16: Coeficientes de Drenaje de las Capas Granulares .....	37
TABLA N° 17: Correlación CBR y Módulo de Reacción de la Sub rasante ...	38
TABLA N° 18: Espesores Mínimos de Adoquines de Concreto y Cama de Arena.....	44
TABLA N° 19: Espesores obtenidos, para los diferentes Tipos de Pavimentos .....	53
TABLA N° 20: Parámetros de Diseño para los diferentes Tipos de Pavimentos .....	54
TABLA N° 21: Cuadro Comparativo Técnico - Económico .....	55
TABLA N° 22: diseño y costo final de las alternativas .....	57

# INDICE DE GRÁFICOS

<b>GRAFICO Nº 1: Área de Influencia del proyecto .....</b>	<b>19</b>
<b>GRAFICO Nº 2: Ecuación de diseño de pavimento flexible .....</b>	<b>29</b>
<b>GRAFICO Nº 3: Calculo del SN en Nomograma para pavimento flexible .....</b>	<b>30</b>
<b>GRAFICO Nº 4: sección del pavimento flexible .....</b>	<b>33</b>
<b>GRAFICO Nº 5: Ecuación de diseño de pavimento rígido .....</b>	<b>40</b>
<b>GRAFICO Nº 6: Cálculo del Espesor de la Losa de C<sup>o</sup> en nomograma .....</b>	<b>41</b>
<b>GRAFICO Nº 7: Sección del Pavimento Rígido.....</b>	<b>43</b>
<b>GRAFICO Nº 8: Sección del Pavimento Adoquinado .....</b>	<b>44</b>



## **i. INTRODUCCIÓN**

## **1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA**

Actualmente se puede verificar que las vías arteriales y las vías locales de la ciudad de Chimbote, son vías de pavimento flexible y que visualmente existen fallas estructurales y funcionales por lo cual genera malestar para la población, pérdida de tiempo en colas vehiculares cuando existe congestionamiento.

Pero cuestionándonos, ¿Realmente es el tipo de pavimento el que no dura? Qué pasa si se puede utilizar otro tipo de pavimento rígido o adoquinado para la zona de estudio?

En el Perú existen tres tipos de pavimentos:

- Pavimento Rígido
- Pavimento Flexible
- Pavimento Adoquinado

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Entre los pavimentos rígidos, flexibles y adoquinados cuál de estos presentan mejor resultado para el diseño de pavimento de la Av. Miguel Grau, Pueblo Joven Tres de Octubre, Distrito Nuevo Chimbote?

## **1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Analizar comparativamente el diseño estructural y evaluación económica entre un pavimento flexible, rígido y adoquinado aplicando la metodología AASHTO - 93 en la Av. Miguel Grau.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar el Estudio Topográfico, mecánica de suelos y estudio de Tráfico de la zona de estudio.
- Determinar las variables y parámetro de diseño estructural de pavimento flexible, rígido y adoquinado mediante el método de diseño AASHTO-93
- Determinar los espesores de estructura del pavimento flexible, rígido y adoquinado mediante el método de diseño ASSHTO – 93
- Elaborar el Presupuesto y cronograma de obra para los diferentes tipos de pavimentos.

- Realizar el análisis comparativo Económico entre el pavimento flexible, rígido y adoquinado y Determinar cuál de las tres alternativas presenta mejor resultado para la zona en estudio.

#### **1.4 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

Este proyecto se justifica de manera académica, porque nos permite aplicar los conocimientos adquiridos en la universidad, y así poder realizar la comparación analítica entre un pavimento flexible, rígido y adoquinado en cuestión de costos, proceso constructivo y mantenimiento.

Se justifica también técnicamente ya que por medio del análisis comparativo que se realizará, nos permitirá escoger la mejor alternativa de pavimentación para la infraestructura vial de la zona en estudio.

También el proyecto se justifica socialmente, teniendo conocimiento del tránsito vehicular y peatonal en la prolongación de la Av. Perú es poco fluido, incómodo e inseguro debido a las condiciones en las que se encuentra la superficie de rodadura; el desarrollo del Diseño de pavimento, permitirá evaluar y escoger una alternativa de pavimentación adecuada para la realización del proyecto de manera íntegra.

## **ii. MARCO DE REFERENCIA**

## 2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Habiendo realizado una búsqueda bibliográfica a nivel nacional e internacional vía web, se encontró información relevante relacionada al tema de la investigación, de lo cual se destaca lo siguiente:

- **Cordo, Oscar. (2006)**, en su libro “DISEÑO DE PAVIMENTOS (AASHTO-93)“, se propuso como objetivo explicar los procedimientos para poder determinar los espesores de los Pavimentos Flexibles y Rígidos, el libro es de muy util ya que aporta procedimientos con tablas y gráficas necesarias para poder realizar el diseño de ambos Pavimentos.
- **Ruiz, Marlon., Rodríguez, Julio. (2016)**, en su tesis “COMPARACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA DEL USO DEL PAVIMENTO RIGIDO Y PAVIMENTO FLEXIBLE EN NICARAGUA. ESTUDIO DE CASO: TRAMO UNIKWAS-MULUKUKU” se propuso como objetivo: Comparar Técnica y Económicamente las alternativas de construcción utilizando pavimento Rígido y Pavimento .El estudio concluyó que la alternativa constructiva más económica será el pavimento flexible. El aporte de esta tesis es la comparación de cotos realizada y que servirá de guía para elaborar nuestro presupuesto de ambos pavimentos.
- **Coto, José (2016)**, en su tesis “COMPARACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE POR MEDIO DE UN ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA, ENFOCADO A CARRETERAS DE TRÁNSITO PESADO” se propuso como objetivo: Comparar las estructuras de pavimento rígido contra las de pavimento flexible, analizar principalmente sus respectivos costos y beneficios para determinar el más viable de construir, tomando como referencia una carretera de tránsito pesado. El estudio concluyó que el pavimento rígido es la estructura más conveniente a construir para carreteras de tránsito pesado, así como también es más ventajoso y por lo tanto más viable. El aporte de esta tesis es comparar el pavimento flexible con un pavimento rígido, observar y analizar sus respectivos beneficios y costos de tal manera determinar cuál es el más viable de construir.

- **Rengifo, Kimiko. (2014)**, en su tesis “DISEÑO DE LOS PAVIMENTOS DE LA NUEVA CARRETERA PANAMERICANA NORTE EN EL TRAMO DE HUACHO A PATIVILCA (KM 188 A 189)” se propuso como objetivo: realizar el diseño del pavimento de un kilómetro de la nueva carretera Panamericana Norte. Se diseñará considerando los tipos de pavimento rígido y flexible. El estudio concluyó que la alternativa constructiva más económica será el pavimento flexible. El aporte de esta tesis es la comparación de costos realizada y que servirá de apoyo para la elaboración del proyecto.

- **Cruz, Luis., Uceda, Luis. (2016)**, en su tesis “ESTUDIO COMPARATIVO TECNICO - ECONOMICO ENTRE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y RÍGIDO USANDO AASHTO 93 PARA LAS VIAS DEL SECTOR VI A DEL CENTRO POBLADO EL MILAGRO - TRUJILLO - LA LIBERTAD” se propuso como objetivo: Realizar el estudio comparativo Técnico – Económico del pavimento flexible y pavimento rígido usando la metodología AASTHO 93 respectivamente para las calles del sector VI A del Milagro - Distrito de Huanchaco - Trujillo - La Libertad. El estudio concluyó que la alternativa constructiva más económica será el pavimento flexible. El aporte de esta tesis nos permitió conocer cómo aplicar procedimientos y metodologías para realizar la comparación de los pavimentos flexibles y rígidos en cuestión de costos, proceso constructivo y mantenimiento.

- **Carrera, James., Necesiosup, Patricia. (2016)**, en su tesis “ESTUDIO COMPARATIVO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y RÍGIDO PARA EL MEJORAMIENTO DE TRANSITABILIDAD VIAL EN LAS CALLES DEL SECTOR LOS LAURELES I DEL DISTRITO DE EL PORVENIR - TRUJILLO - LA LIBERTAD” se propuso como objetivo: Realizar el estudio comparativo del pavimento flexible y rígido para el mejoramiento de transitabilidad vial en las calles del sector Los Laureles I del Distrito del Porvenir - Trujillo - La Libertad. Su estudio concluyó que después de realizar el análisis comparativo, el pavimento más recomendable, es el Pavimento Rígido para la zona en estudio ya que el mantenimiento periódico rutinario es mucho mayor a diferencia del pavimento flexible. El aporte de esta tesis nos permitió conocer cómo aplicar procedimientos y metodologías para realizar la comparación de los pavimentos flexibles y rígidos en cuestión de costos, proceso constructivo y mantenimiento.

## 2.2 MARCO TEÓRICO

### 2.2.1 PAVIMENTOS

Los pavimentos son Estructuras estratificadas por medio de la cual se movilizan actualmente los medios de transporte de un lugar a otro sobre su capa superior, llamada superficie de ruedo. Está constituida por varias capas horizontales dependiendo de la estructura por construir, conformadas a su vez por materiales adecuados y debidamente compactados. Su función principal es la de transmitir los esfuerzos generados por el tránsito, de modo que no se deforme de manera perjudicial.

### 2.2.2 TIPOS DE PAVIMENTOS

#### 2.2.2.1 Pavimento Flexible

El pavimento flexible está caracterizado por poseer una carpeta de ruedo elaborada con llamada mezcla asfáltica en caliente, el cual es producido en plantas asfálticas. Además, está compuesta por una base granular y una sub-base granular. En los pavimentos flexibles las capas están colocadas de manera que las superiores tienen mayor rigidez que las capas inferiores. El pavimento flexible es uno de los más utilizados cuando la vía tiene demandas bajas de tránsito.

Las características que debe poseer el pavimento flexible:

- **Resistencia atmosférica:** los cambios atmosféricos suelen incidir directamente en los suelos, un pavimento flexible de calidad debe resistir a estos cambios.
- **Flexibilidad:** pueden presentarse fallas en la base y en la sub base del pavimento, si es de calidad no habrá problemas porque se adaptará a los cambios
- **Rodamiento:** los vehículos que transitan por el pavimento flexible no deben tener problemas para movilizarse, su superficie debe garantizar el libre tránsito, así como la seguridad de adherimiento.
- **Estudios previos:** por lo general los pavimentos flexibles se agregan sobre superficies previamente estudiadas por expertos, es importante evitar que

su vaciado se haga sobre terrenos afectados por humedad, filtraciones o tierras movibles.

- **Espesor:** el espesor de este tipo de pavimentos obedece al tipo de área donde se va a colocar y qué tipo tránsito vehicular va a soportar.
- **Impermeabilidad:** aun en condiciones climáticas adversas como la lluvia, el pavimento flexible debe ser permeable a fin de evitar que los vehículos se desplacen con dificultad en estas condiciones.
- **Resistencia estructural:** el pavimento debe ser capaz de soportar las cargas impuestas por el tránsito de tal manera que el deterioro sea paulatino y que se cumpla el ciclo de vida definido en el proyecto. En los pavimentos flexibles se consideran los esfuerzos cortantes como la principal causa de falla, así como también los esfuerzos producidos por la aceleración y frenado.
- **Deformabilidad:** el nivel de deformación del pavimento es una de las principales causas de falla en la estructura y si la deformación es permanentemente, el pavimento deja de cumplir las funciones para las cuales fue construido. Se presentan dos clases de deformaciones en una vía: elásticas (recuperación instantánea) y plásticas (permanentes).
- **Costo:** se debe hallar un equilibrio entre el costo de construcción inicial y el mantenimiento al que tendrá que ser sometida la vía. Asimismo, influye la calidad y la disponibilidad de los materiales para la estructura.
- **Comodidad:** una carretera tiene que resultar cómoda para los usuarios.

Las capas que generalmente componen la estructura de un Pavimento flexible son las siguientes:

- **Carpeta asfáltica:**
  - **Superficie de rodadura:** la carpeta debe proporcionar una superficie uniforme y estable al tránsito, de textura y color inconveniente y resistir los efectos abrasivos del tránsito.
  - **Resistencia:** su resistencia a la tensión complementa la capacidad estructural del pavimento.
  - **Impermeabilidad:** hasta donde sea posible, debe impedir el paso del agua interior del pavimento.
- **Base granular:**

- **Resistencia:** la función fundamental de la base granular de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la subbase y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada
- **Sub-base granular:**
  - **Capa de transición:** la subbase bien diseñada impide la penetración de los materiales que constituyen la base con los de la subrasante y por otra parte, actúa como filtro de la base impidiendo que los finos de la subrasante la contaminen menos acabando su calidad.
  - **Disminución de la deformación:** algunos cambios volumétricos de la capa subrasante, generalmente asociados a cambios en su contenido de agua (expansiones), o a cambios externos de temperatura, pueden absorberse con la capa subbase, impidiendo que dichas deformaciones se reflejen en la superficie de rodamiento.
  - **Resistencia:** la subbase debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores y transmitidas a un nivel de la subrasante.

#### 2.2.2.2 Pavimento Rígido

Los pavimentos rígidos se integran por una capa (losa) de concreto de cemento portland que pueden ser convencional o reforzado (acero) que se apoya en una capa de base, constituida por grava; esta capa descansa en una capa de suelo compactado, llamada subrasante.

Otro autor clasifica los pavimentos rígidos de la siguiente manera:

- **Pavimento articulado de concreto simple o Jointed Plain Concrete Pavement (JPCP):** Pavimentos construidos con concreto simple y espaciadas de manera cercana. Barras de refuerzo o mecanismos de agarre son usados para transferir la carga de una capa a otra.
- **Pavimento articulado de concreto reforzado o Jointed Reinforced Concrete Pavement (JRCP):** Las losas son reforzadas con barras de acero que aunque no aumente la capacidad portante de la losa, aumenta el espaciamiento de las juntas

- **Pavimento continuo de concreto reforzado o Continuous Reinforced Concrete Pavement (CRCP):** Proceso mecanizado en la cual se elimina las juntas de contracción pero el espesor de la losa es igual al de los dos tipos antes mencionados (JPCP y JRCP).
- **Pavimento de concreto preesforzado o Prestressed Concrete Pavement (PCP):** al ser aplicada una precompresión, los esfuerzos de tensión o tracción disminuyen cuando la estructura es sometida a cargas. Por lo tanto, la probabilidad de agrietamiento es menor y también se puede utilizar un menor número de juntas transversales.

Son dos las capas que forman parte de un pavimento rígido, la sub-base y la losa de concreto, y sus funciones se detallan a continuación:

- **Sub-base o base:**

Sus funciones son semejantes a las de un pavimento flexible y sirve también para proporcionar una superficie uniforme que sirva de apoyo a la losa y facilite su colado; así como también protege a la losa de cambios volumétricos en la subrasante. En este caso; la sub-base no tiene ningún fin estructural pues la losa debe ser suficiente para soportar las cargas.

- **Losa de concreto:**

Es la capa superior de la estructura de pavimento, construida con concreto hidráulico, por lo que debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, basan su capacidad portante en la losa, dado que no usan capa de base.

### **2.2.2.3 Pavimento Adoquinado**

Actualmente se utilizan bloques de concreto fabricados por medio de moldes. Estos moldes pueden ser llenados a mano, con pequeñas máquinas vibro-prensadoras semi manuales o fabricados con grandes máquinas que producen adoquines vibro-prensados de gran calidad y con gran rendimiento. No existe una forma científicamente definida, anteriormente se fabricaron en forma de adoquines antiguos de piedra rectangulares de aproximadamente 15X10 cm y cuadrados de 10X10 en la cara superficial.

## **a) TIPOS DE ADOQUIN**

### **- Pavimento adoquinado para tránsito pesado**

Cuando las calles que se van a pavimentar soportarán tránsito pesado, se procederá como para tránsito liviano, con la diferencia de que las capas de arena y adoquín se apoyaran sobre una sub-base colocada sobre sub-rasante preparada convenientemente. 54 Este debe colocarse en carreteras urbanas, calzadas y calles que tengan tránsito frecuente de vehículos pesados, como camiones y autobuses, y paso constante de gran número de vehículos aun siendo estos de tipo liviano. Estas calzadas y calles comprenden las vías que atraviesan la población y que conducen a diferentes sitios de elevada concurrencia, ejemplo: mercados, plazas, edificio municipal, etc.

### **- Pavimento adoquinado para tránsito liviano**

Cuando las calles que se van a pavimentar estén dentro del rango de tránsito liviano, se procederá de forma siguiente: el terreno o sub-rasante original deberá nivelarse si fuera necesario cuando existan deformaciones (hoyos o promontorios de tierra) demasiado pronunciados y que no permitan dar forma al pavimento. Luego se colocará una capa de arena de río, la que deberá ser gruesa y con granos de aproximadamente 6 mm, de tamaño máximo, esta capa cubrirá deformaciones menores y principalmente servirá para dar el nivel requerido del pavimento y sobre todo como base de sustentación y colocación de los adoquines, pero en ningún caso el espesor deberá ser menor de 5 cm. Cuando sea este el caso la arena y el adoquín se van colocando simultáneamente lo que significa que cada adoquín deberá nivelarse uno a uno por lo que se hace necesario tener cuidado en mantener los niveles deseados y una pendiente transversal del eje central hacia los lados de 3%. Debe colocarse en calles secundarias, estacionamientos de automóviles o aun, en calles principales, cuando se estime que el volumen de tránsito es relativamente bajo, inclusive tratándose de vehículos pesados.

Los pavimentos de adoquines se componen de distintas capas, la principal diferencia con los otros pavimentos radica en la composición de la carpeta

de rodadura, que está conformada por adoquines intertrabados, que brindan al pavimento un comportamiento estructural semiflexible. De este modo, los pavimentos de adoquines están constituidos por una capa de adoquines, arena de juntas, una cama de arena, base y sub-base.

A continuación, se detallarán las principales características de los elementos que componen una estructura de pavimento adoquinado.

- **Subrasante**

Deberá tener una composición homogénea libre de materia orgánica y se compactará de forma proporcional al pavimento.

- **Base**

Es la capa colocada entre la subrasante y la capa de rodadura, su principal función es aumentar la capacidad de la estructura del pavimento.

Esta capa puede estar opuesta por dos o más materiales seleccionado, en la cual se podrán utilizar material granular, suelo estabilizados o concreto pobre.

- **Capa de arena**

Es colocada directamente sobre la base, es de poco espesor y el material usado es arena gruesa y limpia, libre de materia orgánica, contaminantes y tendrá una granulometría continua tal que la totalidad de la arena pase por el tamiz (3/8") y no más del (5%) pase por el tamiz (No.200). Esta capa sirve como asiento para colocar los adoquines y a su vez contribuye con la filtración del agua que ocasionalmente puede penetrar por las juntas entre los mismos.

- **Adoquines**

Los adoquines deben tener propiedades y características similares para poder resistir adecuadamente las cargas de tránsito y fundamentalmente el desgaste producido por este.

Se debe tener en cuenta los ajustes la compactación, las tolerancias y el manejo.

Estas piezas de pavimento prefabricadas deben cumplir con los siguientes requisitos geométricos y de resistencia como: muestreo, forma, color, textura, resistencia al desgaste.

### 2.3 MARCO CONCEPTUAL

- **ADOQUÍN:** Es un elemento macizo, en este caso de concreto, de forma de prisma recto, con planta poligonal con un diseño tal que ajustan bien unos con otros formando una superficie continua y dejando una pequeña junta entre ellos. Sirve como capa de rodadura a los pavimentos articulados junto con la capa de arena de soporte.
- **RASANTE:** Nivel terminado de la superficie de rodadura. La línea de rasante se ubica en el eje de la vía.
- **BASE:** Capa de suelo granular, que se encuentra debajo de la carpeta de rodadura, con su cama de asiento, si la llevara. Su función es soportar cargas del procedentes del pavimento; distribuyendo dicha carga hasta la sub rasante.
- **SUB BASE:** Capa que forma parte de la estructura de un pavimento que se encuentra inmediatamente por debajo de la capa de Base.
- **CBR:** El Ensayo CBR (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, sub base y base de pavimentos. Se efectúa bajo condiciones controladas de humedad y densidad
- **CARPETA DE RODADURA:** La rodadura es la capa superficial del pavimento, en gran medida, la encargada de transmitir seguridad y comodidad a los usuarios.
- **BOMBEO:** Fenómeno que produce la eyección forzada por las juntas y bordes del pavimento, de una suspensión en agua de los suelos finos de la sub rasante, debido al paso frecuente de cargas pesadas.
- **PERÍODO DE DISEÑO:** Es el número de años proyectado desde la apertura del pavimento al tráfico hasta la primera rehabilitación mayor planeada.
- **SUELO:** Comprende el conjunto de partículas orgánicas e inorgánicas que cubren la superficie terrestre.
- **TOPOGRAFÍA:** Arte de describir y delinear detalladamente la superficie de un terreno.

- **TRANSITO:** Todo tipo de vehículos y sus respectivas cargas, considerados aisladamente o en conjunto, mientras utilizan cualquier camino para transporte o para viaje.
- **EAL:** Es la carga vehicular hacia el pavimento, previsto durante el periodo de diseño.
- **PERIODO DE DISEÑO:** Es el tiempo total para el cual se diseña un pavimento en función de la proyección del tránsito y el tiempo
- **VIAS TERRESTRES:** son obras de infraestructura de transporte, como son por ejemplo: caminos, carreteras, autopistas, o autovías, puentes, túneles y vías férreas, y sus obras de cruce y empalmes.
- **JUNTA:** Unión de dos o más cosas, empalme.

## 2.4 HIPÓTESIS: HIPÓTESIS GENERAL E HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

Por ser una tesis descriptiva, no presenta hipótesis.

### 2.4.1 VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES

#### 2.4.1.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Diseño estructural y evaluación económica entre un pavimento flexible, Rígido y adoquinado

#### 2.4.1.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Metodología ASSHTO-93

#### 2.4.1.3 OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES

VARIABLE	DIMENSION	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTO DE INVESTIGACION
METODOLOGIA ASSHTO-93		CBR	%	ESTUDIO DE LABORATORIO DE SUELOS
		TRAFICO	# VEHICULOS	METODO MANUAL
		TOPOGRAFIA	COTAS	LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO
ANALISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL Y EVALUACION ECONOMICA DE PAVIMENTO FLEXIBLE, RIGIDO Y ADOQUINADO		COSTO	SOLES	
		PLAZO DE EJECUCION	DIAS	CALENDARIO
		MANTENIMIENTO	AÑOS	CALENDARIO
		DURABILIDAD	VIDA UTIL	LEVANTAMIENTO DE CAMPO

### **iii. METODOLOGÍA**

### **3.1 Tipo y nivel de investigación**

Descriptiva

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

#### **- POBLACION**

Vías terrestres del Pueblo Joven Tres de Octubre.

#### **- MUESTRA**

Av. Miguel Grau

### **3.3 Diseño de investigación**

Diseño de investigación de campo.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de investigación**

Entre las técnicas e instrumentos a utilizar para el logro del desarrollo de los objetivos de este proyecto de investigación tenemos las siguientes:

#### **- Técnicas:**

- Se hará uso principalmente de la observación directa, para poder conocer y estudiar la zona en estudio.
- Se empleará el análisis documental durante todo el proceso de la investigación, pues se realizará registro de datos y análisis de fotos para acercarse un poco más a la realidad.
- Se empleará la entrevista para conocer la opinión de las personas que directamente tienen dificultades por la falta de pavimentación en la zona de estudio.

#### **- Instrumentos:**

- Cuaderno de campo para el registro de las visitas durante el proceso de la investigación.
- Se hará uso de los cuestionarios para las entrevistas
- Se hará un Registro fotográfico de la zona.

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

#### **3.5.1 TECNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE INFORMACION**

Para el procesamiento de datos se utilizarán los siguientes programas:

##### **SOFTWARE:**

- **AUTOCAD:** Servirá para dibujar el perfil del terreno y la ubicación de las calicatas o muestras de la investigación.
- **CIVIL 3D:** Ayudara para medir los niveles del terreno en estudio.
- **MICROSOFT EXCEL:** Se prestará para hacer las hojas de cálculos para el diseño de cada tipo de pavimento.
- **MICROSOFT WORD:** Se usará para la edición del informe de la investigación.

#### **3.5.2 TECNICAS PARA EL ANALISIS DE INFORMACION**

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

## **iv. RESULTADOS**

## 4.1 ESTUDIO DE TRÁFICO

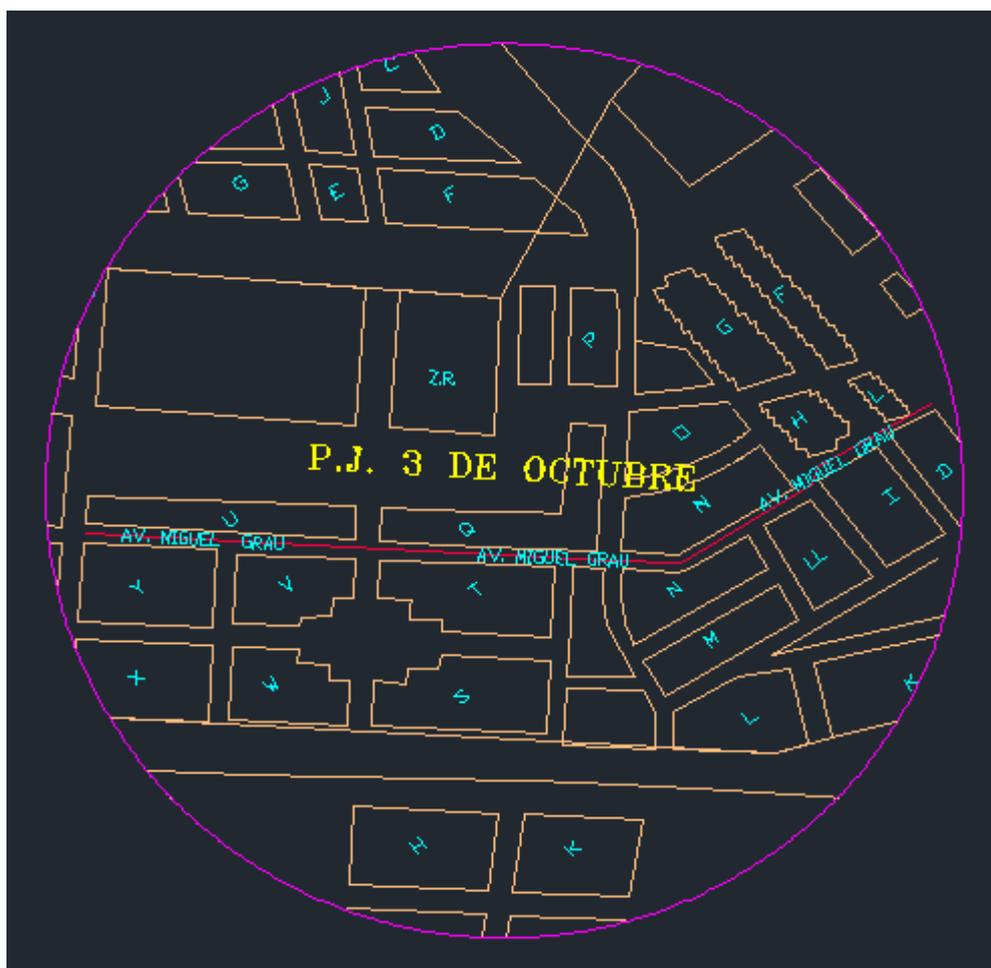
El tránsito está compuesto por vehículos de diferentes pesos y números de ejes que producen diferentes tensiones y deformaciones en el pavimento, lo cual origina distintas fallas en éste.

Es por esta razón que el estudio de tráfico, se realizó con el fin de obtener el Número de Repeticiones de Eje Equivalente de 8.2 tn, para así poder diseñar el pavimento para la Av. Miguel Grau, Tres de Octubre, Nuevo Chimbote, durante su periodo de diseño.

De tal modo se hizo un conteo dentro del sector siendo este el área de influencia directa y los alrededores siendo el área de influencia indirecta como se aprecia en la figura N°

1

**GRAFICO N° 1: Área de Influencia del proyecto**



A continuación, se presenta el cuadro de los tipos de vehículos que circulan por el sector y el conteo de los vehículos por día (veh/día) para el cálculo de la cantidad de números de vehículos al año se tomará la mitad de los vehículos contados por la razón que la vía en diseño será de dos carriles.

**TABLA N° 1: Conteo de Vehículos por Día y por Año**

<b>DESCRIPCION</b>	<b>Veh./Dia</b>	<b>50% que transita en el carril de diseño</b>
<b>Tráfico diario Inicial</b>	<b>447</b>	
Total de Motos	<b>121</b>	
Total de autos	<b>300</b>	
Total de camiones y combis	<b>4</b>	2
<b>Vehículos pesados</b>		
Camión Tipo C2	<b>16</b>	8
Camión tipo C3	<b>4</b>	2
Camión tipo T3S3	<b>2</b>	1
<b>Total de vehículos pesados</b>	<b>22</b>	
<b>Tipo de Vehículo</b>	<b>Numero de Vehículo</b>	<b>Número de Vehículos al Año</b>
AC	2	730
C2	8	2920
C3	2	730
T3S3	1	365

*Fuente: Elaboración Propia*

## 4.2 PERIODO DE DISEÑO

El periodo seleccionado en años, para el cual se diseña el pavimento, se denomina periodo de diseño

**TABLA N° 2: Periodo de Diseño en Años**

<b>CLASIFICACIÓN DE LA VÍA</b>	<b>PERÍODO DE ANÁLISIS (AÑOS)</b>
Urbana de alto volumen de tráfico	30 – 50
Rural de alto volumen de tráfico	20 – 50
Pavimentada de bajo volumen de tráfico	15 - 25
No pavimentada de bajo volumen de tráfico	10 – 20

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

El Periodo de diseño que se optó para dicho proyecto será de **20 años**.

## 4.3 ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

El presente proyecto consiste en conocer las características físicas, mecánicas y químicas del suelo donde se realizará el estudio comparativo entre los pavimentos flexibles, rígidos y adoquinados.

El subsuelo está conformado de la siguiente manera:

### **CALIATA C-1 (INTERSECCION AV. MIGUEL GRAU – CALLE INDEPENDENCIA)**

La excavación se realizó hasta llegar a una profundidad de -1.50 m respecto al nivel superficial de terreno. Se identificaron un primer estrato de 0.40 m. de espesor. Constituido por mezclas de arena y gravas aisladas contaminadas con residuos y desperdicios en estado suelto, de color predominante del suelo beige claro en estado seco.

Posteriormente se presenta un estrato de formado por arenas de granulometría abierta, con gravas aisladas y pocos finos. Con Clasificación SUCS: SP (AREAS MAL GRADUADAS) y clasificación AASHTO con denominación: A-2-4 (0). El suelo no es plástico, suelo en estado flojo a medianamente compacto, con presencia de bajo contenido de humedad, color predominante del suelo beige.

### **CALICATA C-2 (INTERSECCION AV. MIGUEL GRAU – CALLE 28 DE JULIO)**

La excavación se realizó hasta llegar a una profundidad de -1.55 m respecto al nivel superficial de terreno. Se identificaron un primer estrato de 0.40 m. de espesor. Constituido por mezclas de arena y gravas aisladas contaminadas con residuos y desperdicios en estado suelto, de color predominante del suelo beige claro en estado seco.

Posteriormente se presenta un estrato de formado por arenas de granulometría cerrada, con gravas aisladas y pocos finos. Con Clasificación SUCS: SP (AREAS MAL GRADUADAS) y clasificación AASHTO con denominación: A-2-4 (0). El suelo no es plástico, suelo en estado flojo a medianamente compacto, con presencia de bajo contenido de humedad, color predominante del suelo beige.

### **CALICATA C-3 (INTERSECCION AV. MIGUEL GRAU – AV. BUENOS AIRES)**

La excavación se realizó hasta llegar a una profundidad de -1.50 m respecto al nivel superficial de terreno. Se identificaron un primer estrato de 0.40 m. de espesor. Constituido por mezclas de arena y gravas aisladas contaminadas con residuos y desperdicios en estado suelto, de color predominante del suelo beige claro en estado seco.

Posteriormente se presenta un estrato de formado por arenas de granulometría cerrada, con gravas aisladas y pocos finos. Con Clasificación SUCS: SP (AREAS MAL GRADUADAS) y clasificación AASHTO con denominación: A-2-4 (0). El suelo no es plástico, suelo en estado flojo a medianamente compacto, con presencia de bajo contenido de humedad, color predominante del suelo beige.

Se realizaron ensayos estándar de laboratorio y de campo con fines de identificación y clasificación así como ensayos de resistencia para fines de pavimentación (C.B.R.).

Realizada la investigación de campo y los ensayos de laboratorio concluimos lo siguiente:

**TABLA N° 3: densidad seca máxima y humedad óptima de cada calicata**

<b>CALICATA</b>	<b>DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>HUMEDAD ÓPTIMA (%)</b>
<b>C-1</b>	<b>1.77</b>	<b>11.60</b>
<b>C-3</b>	<b>1.82</b>	<b>9.30</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

**TABLA N° 4: CBR de cada calicata**

<b>CALICATA</b>	<b>CBR (%)</b>
<b>C-1</b>	<b>10.40</b>
<b>C-3</b>	<b>13.96</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

Para el presente estudio no se tuvo la presencia del nivel freático (NAF); la cual se supone se encuentra ubicada a una profundidad mayor de 2.00 metros desde la superficie.

#### 4.4 DISEÑO ESTRUCTURAL POR LA METODOLOGIA AASHTO 93

##### 4.4.1 DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

##### 4.4.1.1 PERIODO DE DISEÑO

El periodo de diseño que se considero fue de **20 años** por ser una carretera de bajo volumen.

##### 4.4.1.2 CALCULO DEL EAL DE DISEÑO

El EAL de diseño es el número de pasadas de cargas equivalentes a un eje simple de 18000 lb. (18 kips), que ocurrirán durante el período de diseño del pavimento. A continuación, hallamos el EAL de diseño para el sector en estudio.

**TABLA N° 5: cálculos para hallar el EAL**

Periodo de Diseño : 20 años		Pista de dos carriles			
Factor de crecimiento: 5%					
DESCRIPCION	Veh./Dia	50% que transita en el carril de diseño			
<b>Tráfico diario Inicial</b>	<b>447</b>				
Total de Motos	<b>121</b>				
Total de autos	<b>300</b>				
Total de buses B2	<b>4</b>	<b>2</b>			
<b>Vehículos pesados</b>					
Camión Tipo C2	<b>16</b>	<b>8</b>			
Camión tipo C3	<b>4</b>	<b>2</b>			
Camión tipo T3S3	<b>2</b>	<b>1</b>			
<b>Total de vehículos pesados</b>	<b>22</b>				
Tipo de Vehículo	Numero de Vehículo	Numero de Vehículo al año	Factor Camión	Factor crecimiento	EAL
B2	2	730	4.504	33.06	108690.28
C2	8	2920	4.504	33.06	434761.11
C3	2	730	3.285	33.06	79269.40
T3S3	1	365	4.991	33.06	60221.15
<b>TOTAL=</b>					<b>682941.94</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

**W18 = 682,941.94**

**CBR (%) = 10.40**

#### 4.4.1.3 MODULO DE RESILIENCIA (*Mr*)

El módulo de Resiliencia está en función a un CBR de 10.4% el cual se puede observar que pertenece a la categoría S3 (Sub rasante buena) cabe resaltar que se escogió el valor promedio de CBR.

$$Mr(\text{psi}) = 2555 * \text{CBR}^{0.64}$$

Reemplazando se obtuvo:

$$Mr(\text{psi}) = 2555 \times 49.70.64$$

$$Mr(\text{psi}) = 11436.48$$

#### 4.4.1.4 NIVEL DE CONFIABILIDAD (%R)

Esta probabilidad está en función de la variabilidad de los factores que influyen sobre la estructura del pavimento y su comportamiento.

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

Basándonos en la guía AASHTO, para este caso comprende una carretera secundaria, cuya confiabilidad varía entre 80 – 95.

**TABLA Nº 6: Valores del nivel de confianza “R” de acuerdo al tipo de camino.**

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

Tipo de Camino	Zonas Urbanas	Zonas Rurales
Autopistas	85 – 99.9	80 – 99.9
Carreteras de Primer Orde	80 – 99	75 – 95
Carreteras Secundarias	80 – 95	75 – 95
Caminos Vecinales	50 – 80	50 - 80

$$R = 80\%$$

**TABLA N° 7: Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de Tráfico**

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P0</sub>	75,000	150,000	65%
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	70%
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	75%
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	80%
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	85%
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	85%
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	85%
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	90%
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	90%
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	90%
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	90%
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	95%
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	95%
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	95%
T <sub>P15</sub>		>30'000,000	95%	

*Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos.*

#### 4.4.1.5 DESVIACION ESTANDAR (So)

La Guía AASTHO recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores de So comprendidos entre 0.40 y 0.50. Para el presente estudio consideramos el valor de:

$$So = 0.45$$

#### 4.4.1.6 COEFICIENTE ESTADISTICO DE DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)

Este representa el valor de confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución normal. Con ayuda del “Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos”, nos proporciona un valor más exacto con relación al Rango de Tráfico en el cual le estimamos un valor de -0.842.

$$Z_r = -0.842$$

**TABLA N° 8: Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de Tráfico.**

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	75,000	150,000	-0.385
	TP1	150,001	300,000	-0.524
	TP2	300,001	500,000	-0.674
	TP3	500,001	750,000	-0.842
	TP4	750,001	1,000,000	-0.842
	TP5	1,000,001	1,500,000	-1.036
	TP6	1,500,001	3,000,000	-1.036
	TP7	3,000,001	5,000,000	-1.036
	TP8	5,000,001	7,500,000	-1.282

*Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos.*

#### 4.4.1.7 ÍNDICE DE SERVICIALIDAD ( $\Delta$ PSI)

Con ayuda del “Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos”, nos proporciona un valor más exacto con relación al Rango de Tráfico en el cual le estimamos un valor de:

Po = Índice de Servicio Inicial = 3.80

Pt = Índice de Servicio Final = 2.00

$$\Delta\text{PSI} = 1.80$$

**TABLA N° 9: Diferencial de Serviabilidad ( $\Delta$ PSI), según el Rango de Tráfico**

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	1.80
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	1.80
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	1.80
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	1.80
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	1.50
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	1.50
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	1.50
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	1.50
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	1.50
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	1.50

*Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos.*

#### 4.4.1.8 CALCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL (SN)

##### 4.4.1.8.1 De Forma Analítica

#### GRAFICO N° 2: Ecuación de diseño de pavimento flexible

Datos:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

<b>W18 =</b>	682941.94
<b>R =</b>	80%
<b>Zr =</b>	-0.842
<b>So =</b>	0.45
<b>Mr =</b>	11436.48
<b>ΔPSI =</b>	1.8

Resolviendo la Ecuación:

**PRIMER MIEMBRO = SEGUNDO MIEMBRO**

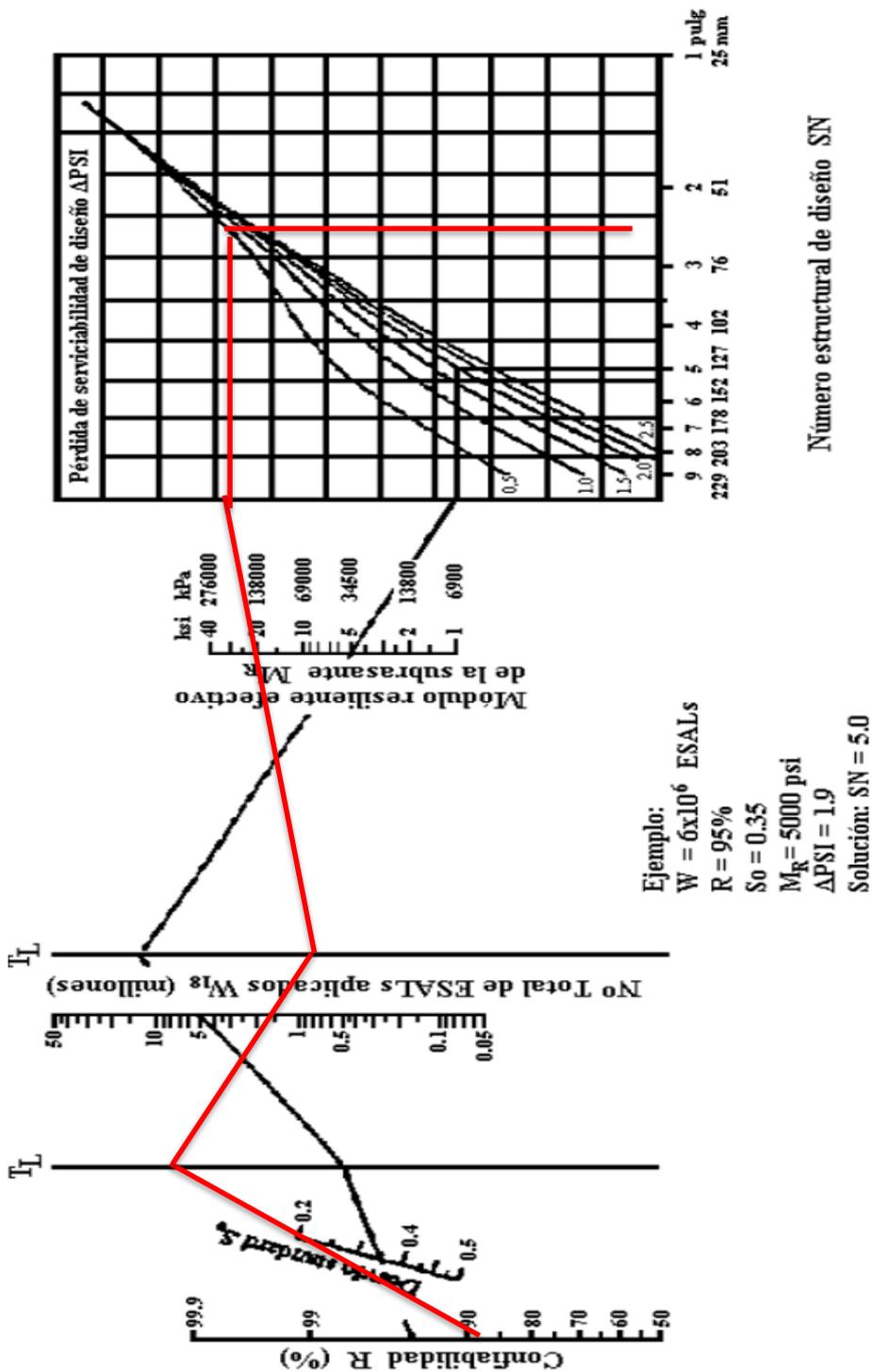
$$5.8344 = 5.8335$$

Por la iteración, el Numero Estructural es:

$$\mathbf{SN = 2.56}$$

4.4.1.8.2 Con uso de nomograma

GRAFICO N° 3: Calculo del SN en Nomograma para pavimento flexible



Fuente:

Elaboración Propia

**SN = 2.60**

Para el diseño de pavimento se tomará el SN analítico porque es mucho más exacto dicho valor.

#### 4.4.1.9 COEFICIENTES DE DRENAJE

Debido a que en la zona no se cuenta con precipitaciones pluviales, se está considerando un Coeficiente de Drenaje:

**TABLA Nº 10: coeficientes de drenaje para bases y subbases**

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

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos

$$m_2 = m_3 = 1.00$$

#### 4.4.1.10 COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE LAS CAPAS DE PAVIMENTACION

Basados en lo señalado según la norma: Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos, 2014, los coeficientes estructurales de capa considerados para el cálculo del Número Estructural de diseño son los siguientes:

$$a_1 = 0.170 \text{ (para carpeta asfáltica en caliente)}$$

$$a_2 = 0.052 \text{ (Recomendada para Tráfico } < 10000000 \text{ EE)}$$

$$a_3 = 0.047 \text{ (para agregados de CBR = 40\%)}$$

**TABLA N° 11: coeficientes estructurales de las capas de pavimentación**

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL $a_i$ (cm)	OBSERVACIÓN
<b>CAPA SUPERFICIAL</b>			
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 °F)	$a_1$	0.170 / cm	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico
Carpeta Asfáltica en Frío, mezcla asfáltica con emulsión	$a_1$	0.125 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 1'000,000 EE
Micropavimento 25 mm	$a_1$	0.130 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 1'000,000 EE
Tratamiento Superficial Bicapa	$a_1$	(*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 500,000 EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%, y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12 mm	$a_1$	(*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico $\leq$ 500,000 EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
(*) no se considerapor no tener aporte estructural			
<b>BASE</b>			
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	$a_2$	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $\leq$ 10'000,000 EE
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	$a_2$	0.054 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $>$ 10'000,000 EE
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	$a_{2a}$	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm <sup>2</sup> )	$a_{2a}$	0.070 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm <sup>2</sup> )	$a_{2a}$	0.080 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
<b>SUBBASE</b>			
Subbase Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	$a_3$	0.047 / cm	Capa de Subbase recomendada con CBR mínimo 40%, para todos los tipos de Tráfico

*Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos*

#### 4.4.1.11 CÁLCULO DE LOS ESPESORES

Aplicando la ecuación que relaciona al número estructural con los espesores del pavimento para los parámetros indicados y un periodo de 20 años, se obtuvieron los siguientes valores:

Con el **SN = 2.56** se ingresa a la fórmula

$$\text{SN} = a_1 \cdot d_1 + a_2 \cdot d_2 \cdot m_2 + a_3 \cdot d_3 \cdot m_3$$

Y para los espesores se planteó **h1=8 cm; h2=15 cm y h3= 10 cm**

$$2.56 = 0.170 \cdot 8 + 0.052 \cdot 15 \cdot 1.00 + 0.047 \cdot 10 \cdot 1.00$$

$$2.56 = 2.61$$

**GRAFICO Nº 4: sección del pavimento flexible**

<b>CARPETA DE RODADURA</b>	<b>3" = 8 cm</b>
<b>BASE GRANULAR</b>	<b>6" = 15 cm</b>
<b>SUB BASE GRANULAR</b>	<b>4" = 10 cm</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

#### 4.4.2 DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO

##### 4.4.2.1 PERIODO DE DISEÑO

Al igual que en el diseño de pavimento flexible, asumiremos un periodo de diseño igual a 20 años, de acuerdo al estudio de tráfico realizado.

##### 4.4.2.2 CALCULO DEL EAL DE DISEÑO

El EAL de diseño es el número de pasadas de cargas equivalentes a un eje simple de 18000 lb. (18 kips), que ocurrirán durante el período de diseño del pavimento.

A continuación, hallamos el EAL de diseño para el sector en estudio.

**TABLA N° 12: cálculos para hallar el EAL**

Periodo de Diseño: 20 años		Pista de dos carriles			
Factor de crecimiento: 5%					
DESCRIPCION	Veh./Dia	50% que transita en el carril de diseño			
Tráfico diario Inicial	447				
Total de Motos	121				
Total de autos	300				
Total de buses B2	4	2			
<b>Vehículos pesados</b>					
Camión Tipo C2	16	8			
Camión tipo C3	4	2			
Camión tipo T3S3	2	1			
<b>Total de vehículos pesados</b>	<b>22</b>				
Tipo de Vehículo	Numero de Vehículo	Numero de Vehículo al año	Factor Camión	Factor crecimiento	EAL
B2	2	730	4.608	33.06	111200.36
C2	8	2920	4.608	33.06	444801.42
C3	2	730	4.731	33.06	114173.11
T3S3	1	365	8.896	33.06	107344.37
<b>TOTAL=</b>					<b>777519.26</b>

Fuente: Elaboración Propia

**W18 = 777,519.26**

**CBR (%)= 10.40**

#### 4.4.2.3 NIVEL DE CONFIABILIDAD (%R)

Al igual que en el diseño del Pavimento Flexible se está considerando una Confiabilidad del 80 %, por lo tanto,  $Z_r = -0.842$

**TABLA N° 13: Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de Tráfico.**

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P0</sub>	75,000	150,000	65%
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	70%
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	75%
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	80%
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	85%
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	85%
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	85%
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	90%
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	90%
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	90%
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	90%
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	95%
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	95%
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	95%
	T <sub>P15</sub>		>30'000,000	95%

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos.

**R = 80%**

**Z<sub>r</sub> = -0.842**

#### 4.4.2.4 DESVIACION ESTANDAR (So)

La Guía AASTHO recomienda adoptar para los pavimentos rígidos, valores de  $S_o$  comprendidos entre  $0.30 < S_o < 0.40$ . Para el presente estudio se consideró el valor de:

**So = 0.35**

#### 4.4.2.5 ÍNDICE DE SERVICIALIDAD ( $\Delta$ PSI)

Con ayuda del “Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos”, nos proporciona un valor más exacto con relación al Rango de Tráfico en el cual le estimamos un valor de:

Po = Índice de Servicio Inicial = 4.10

Pt = Índice de Servicio Final = 2.00

**$\Delta$ PSI = 2.10**

**TABLA N° 14: Diferencial de Serviciabilidad ( $\Delta$ PSI), según el Rango de Tráfico**

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)	ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL O TERMINAL (Pt)	DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	4.10	2.00	2.10
	TP2	300,001	500,000	4.10	2.00	2.10
	TP3	500,001	750,000	4.10	2.00	2.10
	TP4	750 001	1,000,000	4.10	2.00	2.10
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	4.30	2.50	1.80
	TP6	1,500,001	3,000,000	4.30	2.50	1.80
	TP7	3,000,001	5,000,000	4.30	2.50	1.80
	TP8	5,000,001	7,500,000	4.30	2.50	1.80
	TP9	7,500,001	10'000,000	4.30	2.50	1.80
	TP10	10'000,001	12'500,000	4.30	2.50	1.80
	TP11	12'500,001	15'000,000	4.30	2.50	1.80
	TP12	15'000,001	20'000,000	4.50	3.00	1.50
	TP13	20'000,001	25'000,000	4.50	3.00	1.50
	TP14	25'000,001	30'000,000	4.50	3.00	1.50
	TP15		>30'000,000	4.50	3.00	1.50

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos

#### 4.4.2.6 COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J)

Es un parámetro empleado para el diseño de pavimentos de concreto que expresa la capacidad de la estructura como transmisora de cargas entre juntas y fisuras.

**TABLA Nº 15: Coeficiente de Transferencia de Carga (J)**

TIPO DE BERMA	J			
	GRANULAR O ASFÁLTICA		CONCRETO HIDRÁULICO	
VALORES J	SI (con pasadores)	NO (sin pasadores)	SI (con pasadores)	NO (sin pasadores)
	3.2	3.8 – 4.4	2.8	3.8

Fuente: *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos*

El Coeficiente de Transferencia de Carga (J) será:

$$J = 3.80$$

#### 4.4.2.7 COEFICIENTE DE DRENAJE (CD)

La calidad del drenaje se define en términos del tiempo en que el agua tarda en ser eliminada de las capas granulares, mayor Cd, mejor drenaje.

**TABLA Nº 16: Coeficientes de Drenaje de las Capas Granulares**

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

Fuente: *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos*

$$Cd = 1.00$$

#### 4.4.2.8 MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE (K)

Se utilizará la alternativa que da AASHTO de utilizar correlaciones directas que permiten obtener el coeficiente de reacción  $K_c$  en función de la clasificación de suelos y el CBR. Por lo tanto, el  $K_c$  según la correlación es de:

**TABLA N° 17: Correlación CBR y Módulo de Reacción de la Sub rasante**

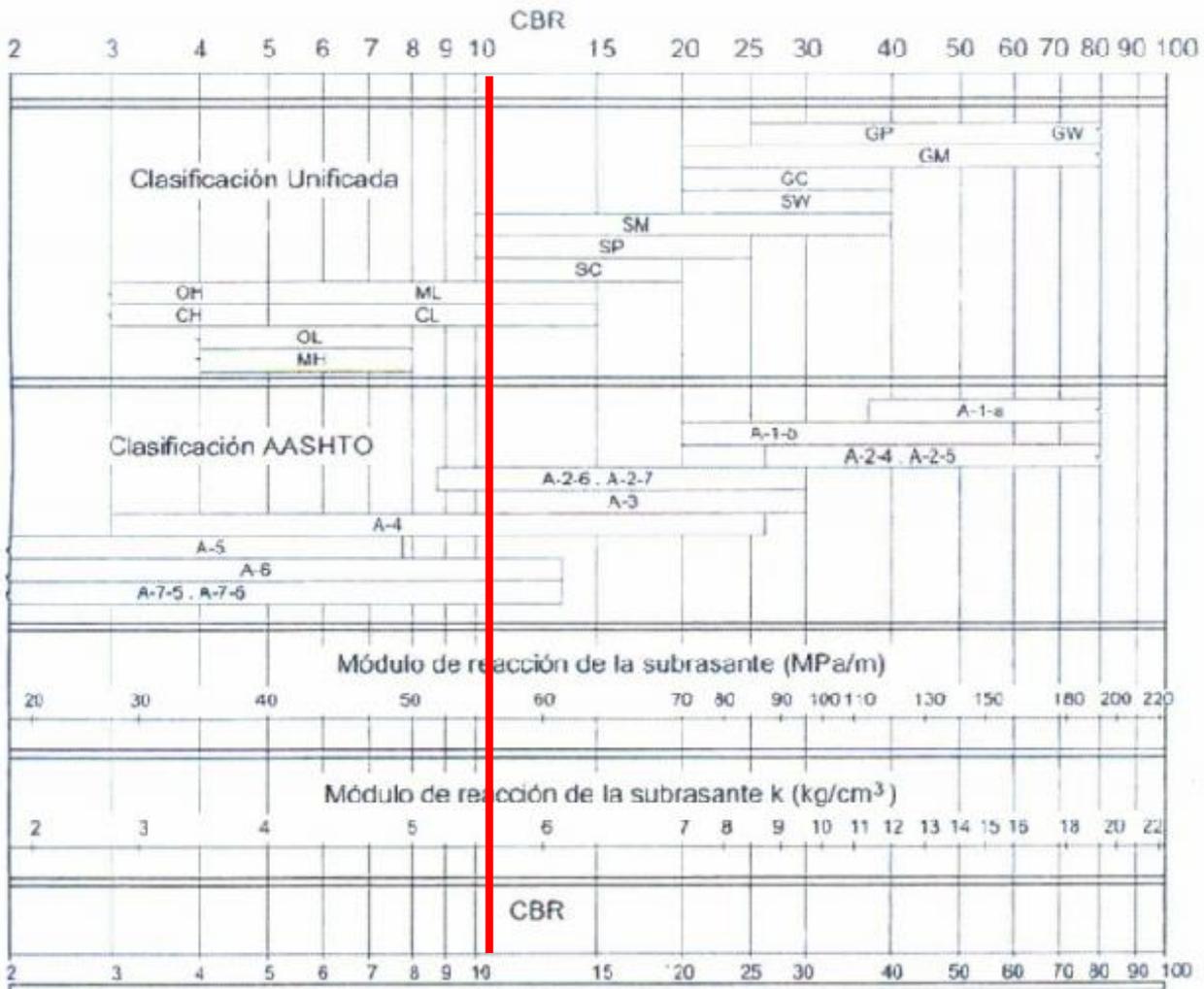


Figura 43: Monograma para el cálculo de la reacción de la subrasante Fuente: AASHTO

93

Según la figura, para un valor de **CBR=10.4%**, el valor del módulo de reacción de la subrasante, se obtiene aproximadamente **k=56 Mpa/m**.

**K = 206.30 Psi**

#### 4.4.2.9 MÓDULO ELÁSTICO DEL CONCRETO (EC)

AASHTO 93 indica que el módulo elástico puede ser estimado usando una correlación, precisando la correlación recomendada por el ACI:

$$E = 57,000x( f'c)^{0.5}; (f'c \text{ en PSI})$$

Para el desarrollo del siguiente cálculo se utilizó un  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  siendo su:

$$E_c = 57,000 \times (2987)^{0.5}$$

$$E_c = 3115169.61 \text{ Psi}$$

#### 4.4.2.10 MÓDULO DE ROTURA DEL CONCRETO (S'C)

Para el presente proyecto adoptamos un valor de  $k = 3.18$  y el valor del Módulo de Rotura S'C será:

$$\text{Ecuación} = 3.18 * (f'c)^{0.5}$$

El Módulo de Rotura del Concreto (S'c) para un  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  será:

$$S'c = 655 \text{ Psi}$$

#### 4.4.2.11 CÁLCULO DEL ESPESOR DE LA LOSA DE DISEÑO, D(PLGS)

##### 4.4.2.11.1 De Forma Analítica

GRAFICO Nº 5: Ecuación de diseño de pavimento rígido

$$\text{Log}(W_{18}) = Z_R \times S_O + 7.35 \times \text{Log}(D+1) - 0.06 + \frac{\text{Log}\left[\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right]}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32xp_t) \cdot \log \left[ \frac{S'_c \cdot C_d \cdot (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \cdot J \cdot \left[ D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{E_c}{k}\right)^{0.25}} \right]} \right]$$

Datos:

<b>K =</b>	206.30	<b>So =</b>	0.35
<b>Ec =</b>	3115169	<b>R =</b>	80
<b>S'c =</b>	655.00	<b>Pt =</b>	2.00
<b>J =</b>	3.80	<b>ΔPSI =</b>	2.10
<b>Cd =</b>	1.00	<b>W80 =</b>	777519.26
<b>Zr =</b>	-0.842		

Resolviendo la Ecuación:

**PRIMER MIEMBRO = SEGUNDO MIEMBRO**

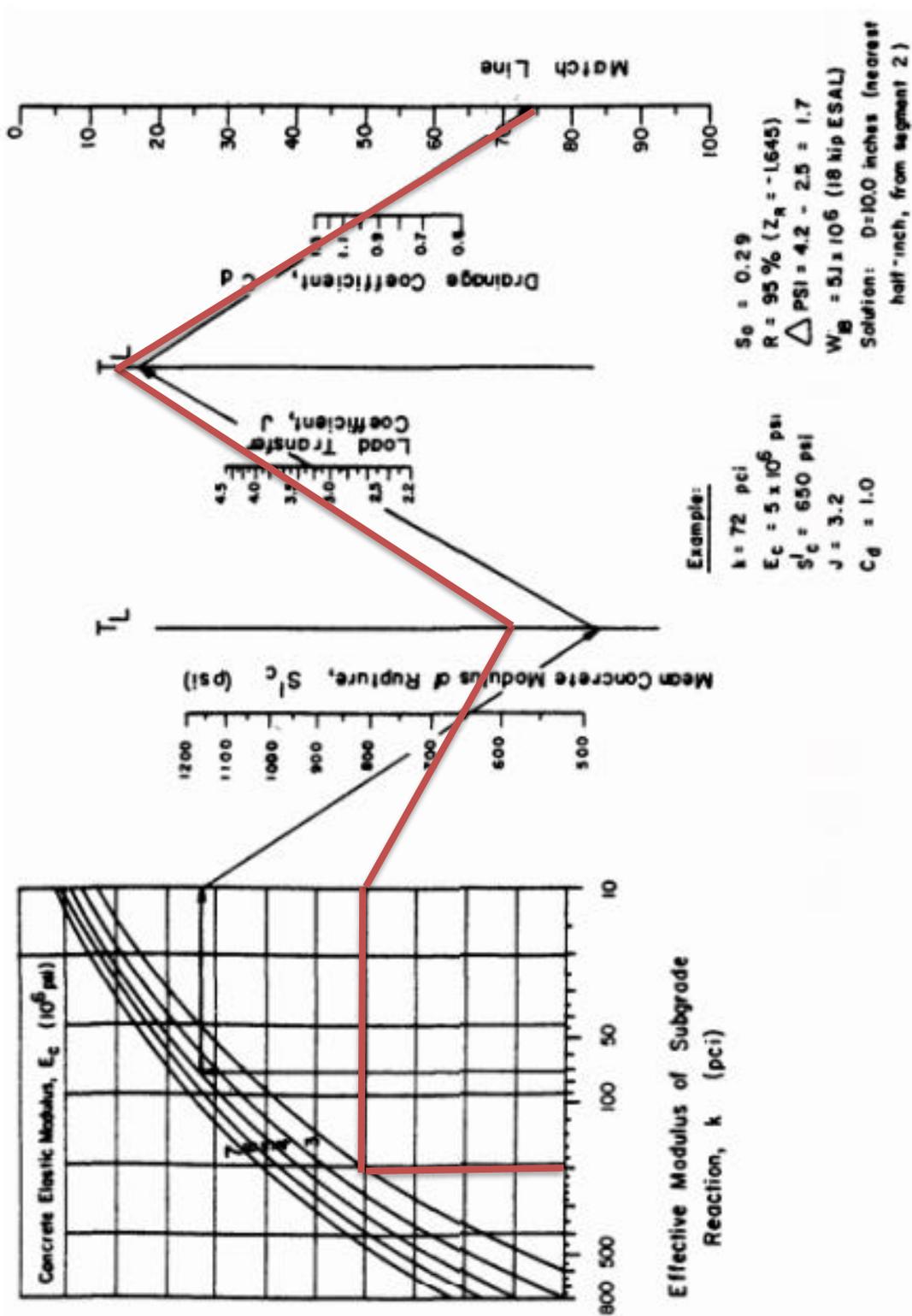
<b>5.89</b>	<b>=</b>	<b>5.9</b>
-------------	----------	------------

Por la iteración, el Numero Estructural es:

**SN = 6.5**

4.4.2.11.2 Con Uso de Nomograma para Pavimento Rígido

GRAFICO N° 6: Cálculo del Espesor de la Losa de C<sup>0</sup> en nomograma





Para el diseño del pavimento se utilizará el **D analítico** ya que es más exacto.

El espesor para la losa de concreto será de 6.50". Para la base (afirmado) 4" como mínimo así lo especifica AASHTO.

**GRAFICO N° 7: Sección del Pavimento Rígido**

<b>LOSA DE CONCRETO</b>	<b>6.5" = 15 cm</b>
<b>BASE (CON AFIRMADO)</b>	<b>4" = 10 cm</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

#### 4.4.3 DISEÑO DE PAVIMENTO SEMIRRÍGIDO CON ADOQUINES DE CONCRETO

Para el diseño de pavimento con adoquines de concreto se propone el método de diseño IPCI (Interlocking Concrete Pavement Institute), este es un proceso simplificado que toma en cuenta las siguientes guías de diseño: Structural Design of Concrete Block Pavement y la Guide for Design of Pavement Structures.

**TABLA N° 18: Espesores Mínimos de Adoquines de Concreto y Cama de Arena**

Ejes equivalentes acumulados		Capa Superficial	Cama de Arena
≤ 150,000		Adoquín de Concreto: 60mm	40 mm
150,001	7,500,000	Adoquín de Concreto: 80mm	40 mm
7,500,001	15'000,000	Adoquín de Concreto: 100mm	40 mm

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos

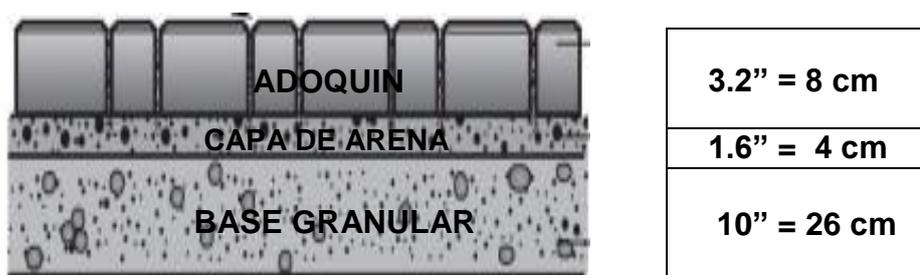
De acuerdo al catálogo de estructuras de pavimento de adoquín con base granular obtenemos los espesores para un periodo de diseño de 20 años.

**EAL= 682,941.94**

**CBR= 10.4 %**

##### 4.4.3.1 CALCULO DE ESPESORES

**GRAFICO N° 8: Sección del Pavimento Adoquinado**



Fuente: Elaboración Propia

**Figura 13.7**  
**CATALOGO DE ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO DE ADOQUIN CON BASE GRANULAR**  
**PERIODO DE DISEÑO 20 AÑOS**

EE	Tp0	Tp1	Tp2	Tp3	Tp4	Tp5	Tp6	Tp7
	75,001-150,000	150,001-300,000	300,001-500,000	500,001-750,000	750,001-1'000,000	1'000,001-1'500,000	1'500,001-3'000,000	3'000,001-5'000,000
CBR ≤ 6%								
	8cm ACB 4cm ACB 20cm 18cm 15cm 10cm							
→ 6% CBR ← 10%								
	8cm ACB 4cm ACB 20cm 17cm 15cm 10cm							
→ 10% CBR ← 20%								
	8cm ACB 4cm ACB 17cm 15cm 10cm							
→ 20% CBR ← 30%								
	8cm ACB 4cm ACB 15cm 10cm							
CBR → 30%								
	8cm ACB 4cm ACB 15cm 10cm							

Fuente: Elaboración propia en base al ICPI (Interlocking Concrete Pavement Institute) y de ecuaciones AASHOTO.  
 Nota: 1. (†) Espesor y tipo de estabilización de suelos, será definido en estudio específico.  
 2. EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.  
 3. En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar entre otros aspectos:  
 a) Evaluaciones Superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectuará al menos una vez cada año.

## 4.5 PRESUPUESTO

### 4.5.1 PRESUPUESTO PAVIMENTO FLEXIBLE

Longitud de Proyecto : 763 m

Ancho de la calzada : 12 m

#### PRESUPUESTO

Presupuesto	ANALISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL Y EVALUACION ECONOMICA ENTRE UN PAVIMENTO RIGIDO, FLEXIBLE Y ADOQUINADO UTILIZANDO EL METODO ASSHTO-93, PARA LA AV.MIGUEL GRAU, TRES DE OCTUBRE, NUEVO CHIMBOTE		Costo al	15/02/2019
SubPresupuesto	PAVIMENTO FLEXIBLE			
Cliente	UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO			
Lugar	ANCASH - SANTA - NUEVO CHIMBOTE			

PARTIDA	DESCRIPCION	UND	METRADO	PRECIO (S/.)	PARCIAL (S/.)
<b>01.00.00</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>				
01.01.00	Movilización y Desmovilización de Equipo y herramientas a la	GLB	1.00	6,450.00	6,450.00
01.02.00	Caseta de Guardiania y Almacen	GLB	1.00	2,000.00	2,000.00
01.03.00	Cartel de identificacion de Obra 4.80 x 2.40 m.	Und	1.00	1,200.00	1,200.00
01.04.00	Señalización y seguridad de obra	GLB	1.00	5,300.00	5,300.00
01.05.00	Mantenimiento y desvío de Transito	Mes	4.00	2,850.00	11,400.00
<b>02.00.00</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				
02.01.01	Trazo nivelacion y replanteo de obra	m2	9,156.00	1.40	12,818.40
<b>03.00.00</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
03.01.01	Corte a nivel subrasante c/equipo (H= 0.33m)	m3	3,021.48	6.88	20,787.78
03.02.01	Eliminacion de material excedente C/Maquinaria + 30 % espj.	m3	3,927.92	15.17	59,586.55
<b>04.00.00</b>	<b>PAVIMENTO FLEXIBLE</b>				
04.01.00	Preparacion de la sub rasante c/maquinaria	m2	9,156.00	4.62	42,300.72
04.02.00	Sub base granular e= 0.10m	m2	9,156.00	25.89	237,048.84
04.03.00	Base granular e= 0.15m	m2	9,156.00	6.63	60,704.28
04.04.00	Barrido de base para imprimacion	m2	9,156.00	0.56	5,127.36
04.05.00	Imprimacion asfaltica	m2	9,156.00	10.13	92,750.28
04.06.00	Riego de liga	m2	9,156.00	2.98	27,284.88
04.07.00	Carpeta asfaltica en caliente e= 0.08m	m2	9,156.00	45.69	418,337.64
<b>05.00.00</b>	<b>SEÑALIZACION</b>				
05.01.00	Pintado de Pavimento (simbolos y letras)	m2	1,574.93	23.80	37,483.33
05.02.00	Pintado de Pavimento (linea discontinua - blanco)	ml	763.00	6.43	4,906.09
05.03.00	Pintado de Pavimento (linea continua - amarillo)	ml	1,526.00	6.32	9,644.32
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>1,055,130.47</b>
	GASTOS GENERALES 10%				105,513.05
	UTILIDAD 5%				52,756.52
	<b>SUB TOTAL</b>				<b>1,213,400.04</b>
	I.G.V 18%				218,412.01
	<b>COSTO TOTAL</b>				<b>1,431,812.05</b>

SON: UN MILLON CUATROCIENTOS TREINTA Y UN MIL OCHOSCIENTOS DOCE Y 05/100 NUEVOS SOLES

## 4.5.2 PRESUPUESTO PAVIMENTO RIGIDO

Longitud de Proyecto : 763 m

Ancho de la calzada : 12 m

### PRESUPUESTO

Presupuesto ANALISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL Y EVALUACION ECONOMICA ENTRE UN PAVIMENTO RIGIDO, FLEXIBLE Y ADOQUINADO UTILIZANDO EL METODO ASSHTO-93, PARA LA AV.MIGUEL GRAU, TRES DE OCTUBRE, NUEVO CHIMBOTE

SubPresupuesto PAVIMENTO RIGIDO

Cliente UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO Costo al 15/02/2019

Lugar ANCASH - SANTA- NUEVO CHIMBOTE

PARTIDA	DESCRIPCION	UND	METRADO	PRECIO (S/.)	PARCIAL (S/.)
<b>01.00.00</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>				
01.01.00	Movilización y Desmovilización de Equipo y herramientas a la obra	GLB	1.00	6,450.00	6,450.00
01.02.00	Caseta de Guardiania y Almacen	GLB	1.00	2,000.00	2,000.00
01.03.00	Cartel de identificacion de Obra 4.80 x 2.40 m.	Und	1.00	1,200.00	1,200.00
01.04.00	Señalización y seguridad de obra	GLB	1.00	5,300.00	5,300.00
01.05.00	Mantenimiento y Desvio de transito	Mes	4.00	2,850.00	11,400.00
<b>02.00.00</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				
02.01.00	Trazo nivelacion y replanteo de obra	m2	9,156.00	1.40	12,818.40
<b>03.00.00</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
03.01.00	Corte hasta nivel de subrasante C/Equipo (H= 0.25 m)	m3	2,289.00	6.88	15,748.32
03.02.00	Eliminacion de material excedente C/Espojamiento	m3	2,975.70	15.17	45,141.37
<b>04.00.00</b>	<b>PAVIMENTO RIGIDO</b>				
04.01.00	Preparacion de sub rasante C/Maquinaria	m2	9,156.00	4.62	42,300.72
04.02.00	Riego y compactacion de subrasante	m2	9,156.00	4.19	38,363.64
04.03.00	Base con afirmado en pista (e= 0.10 m)	m2	9,156.00	20.19	184,859.64
04.04.00	Losa de concreto e= 0.15 m. f'c= 210 kg/cm2	m2	9,156.00	81.89	749,784.84
04.05.00	Curado de losa de concreto	m2	9,156.00	8.15	74,621.40
04.06.00	Sellado de juntas	ml	1,856.00	7.01	13,010.56
<b>05.00.00</b>	<b>SEÑALIZACION</b>				
05.01.01	Pintado de Pavimento (simbolos y letras)	m2	1,574.93	23.80	37,483.33
05.02.00	Pintado de Pavimento (linea discontinua - blanco)	ml	763.00	6.43	4,906.09
05.03.00	Pintado de Pavimento (linea continua - amarillo)	ml	1,526.00	6.32	9,644.32
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>1,255,032.63</b>
	GASTOS GENERALES	10%			125,503.26
	UTILIDAD	5%			62,751.63
	<b>SUB TOTAL</b>				<b>1,443,287.52</b>
	I.G.V	18%			259,791.75
	<b>COSTO TOTAL</b>				<b>1,703,079.28</b>

SON: UN MILLON SETECIENTOS TRES MIL SETENTA Y NUEVE Y 28/100 NUEVOS SOLES

### 4.5.3 PRESUPUESTO PAVIMENTO ADOQUINADO

Longitud de Proyecto : 763 m

Ancho de la calzada : 12 m

#### PRESUPUESTO

**Presupuesto** ANALISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL Y EVALUACION ECONOMICA ENTRE UN PAVIMENTO RIGIDO, FLEXIBLE Y ADOQUINADO UTILIZANDO EL METODO ASSHTO-93, PARA LA AV.MIGUEL GRAU, TRES DE OCTUBRE, NUEVO CHIMBOTE

**SubPresupuesto** PAVIMENTO ADOQUINADO

**Cliente** UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

**Costo al** 15/02/2019

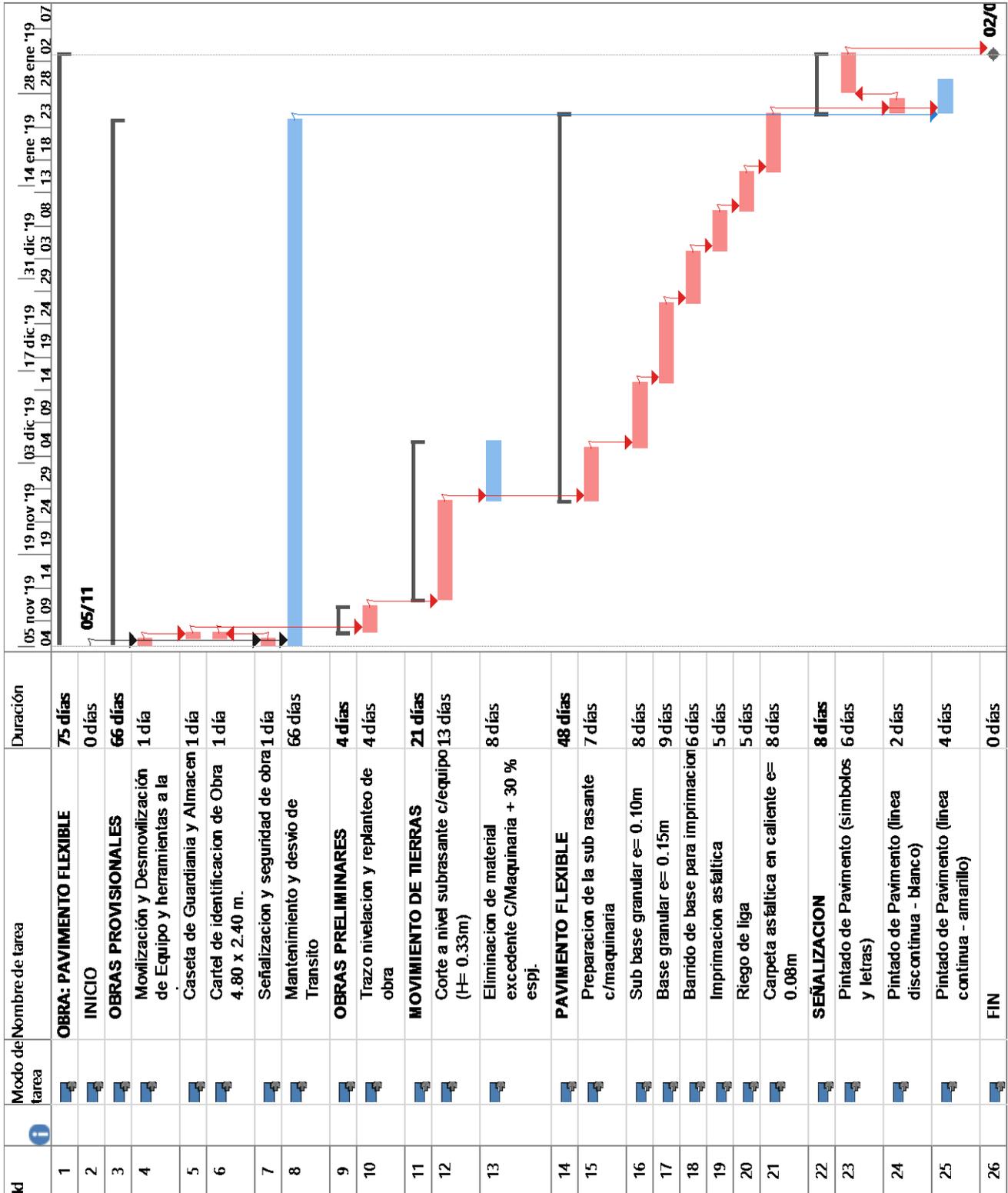
**Lugar** NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

PARTIDA	DESCRIPCION	UND	METRADO	COSTOS (S/.)	PARCIAL (S/.)
<b>01.00.00</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>				
01.01.00	Movilización y Desmovilización de Equipo y herramientas a la	GLB	1.00	6,450.00	6,450.00
01.02.00	Caseta de Guardiania y Almacen	GLB	1.00	2,000.00	2,000.00
01.03.00	Cartel de identificacion de Obra 4.80 x 2.40 m.	und	1.00	1,200.00	1,200.00
01.04.00	Señalización y seguridad de obra	GLB	1.00	5,300.00	5,300.00
01.05.00	Mantenimiento y desvío de Transito	Mes	4.00	2,850.00	11,400.00
<b>02.00.00</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				
02.01.00	Trazo nivelacion y replanteo inicial en obra	m2	9,156.00	1.40	12,818.40
<b>03.00.00</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
03.01.00	Corte hasta nivel de subrasante c/equipo (H= 0.22 m)	m3	2,014.32	6.88	13,858.52
03.02.00	Eliminacion de material excedente	m3	2,618.62	15.17	39,724.47
<b>04.00.00</b>	<b>PAVIMENTO ADOQUINADO</b>				
04.01.00	Conformacion de subrasante para adoquines	m2	9,156.00	4.62	42,300.72
04.02.00	Base granular e= 0.10 m compactacion equipo liviano	m2	9,156.00	25.89	237,048.84
04.03.00	Conformacion de cama de arena para asentado de adoquines e= 0.04m	m2	9,156.00	10.44	95,588.64
04.04.00	Piso de adoquin de concreto e= 0.08m	m2	9,156.00	79.82	730,831.92
04.05.00	Sello y compactado final de pavimento	m2	9,156.00	4.80	43,948.80
<b>05.00.00</b>	<b>SEÑALIZACION</b>				
05.01.01	Pintado de Pavimento (simbolos y letras)	m2	1,574.93	23.80	37,483.33
05.02.00	Pintado de Pavimento (linea discontinua - blanco)	ml	763.00	6.43	4,906.09
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>1,284,859.73</b>
	GASTOS GENERALES 10%				128,485.97
	UTILIDAD 5%				64,242.99
	<b>SUB TOTAL</b>				<b>1,477,588.69</b>
	I.G.V 18%				265,965.96
	<b>COSTO TOTAL</b>				<b>1,743,554.65</b>

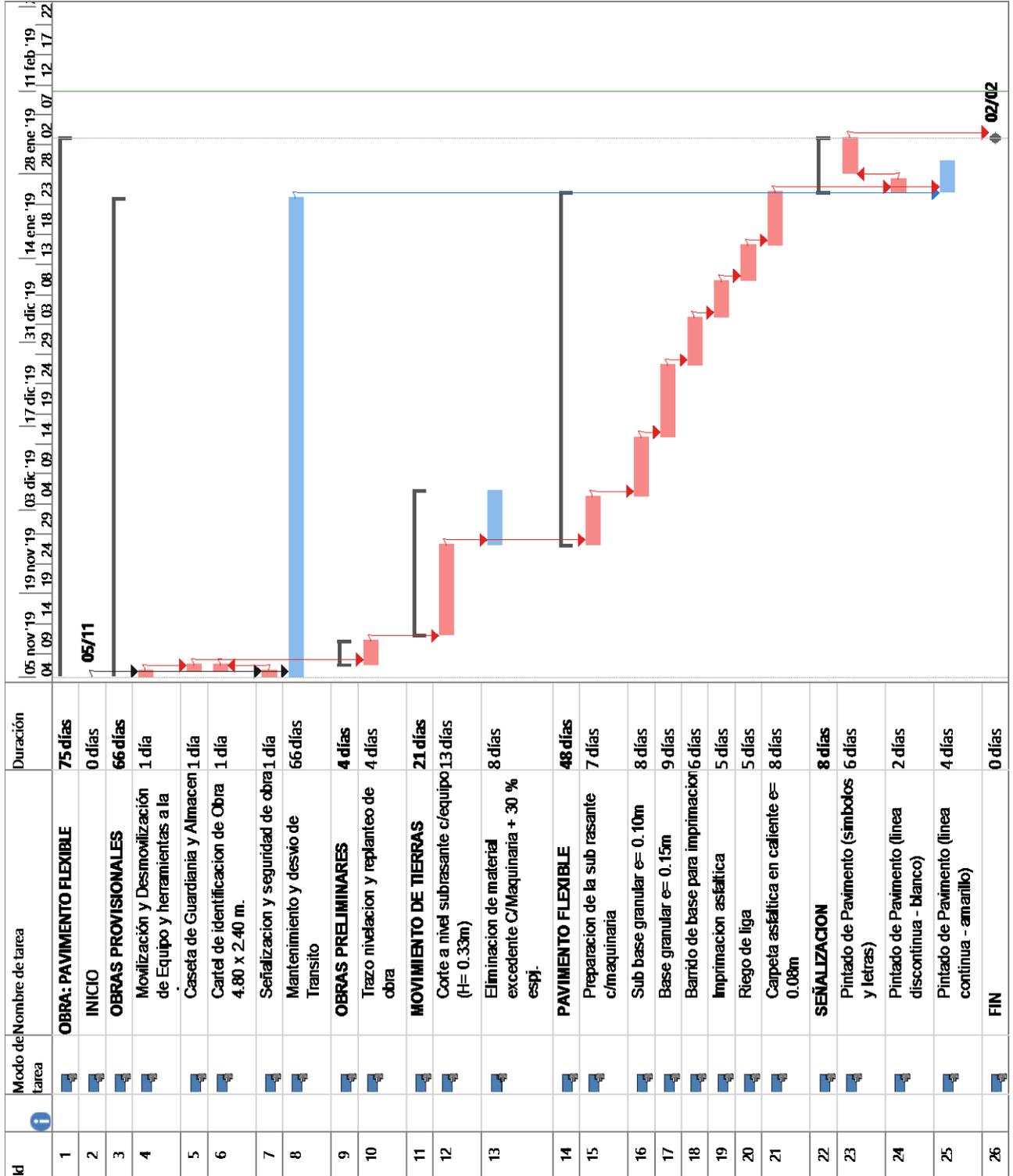
SON: UN MILLON SETECIENTOS CUARENTA Y TRES MIL QUINIENTOS CINCUENTA Y CUATRO Y 65/100 NUEVOS SOLES

## 4.6 CRONOGRAMA DE AVANCE DE OBRA

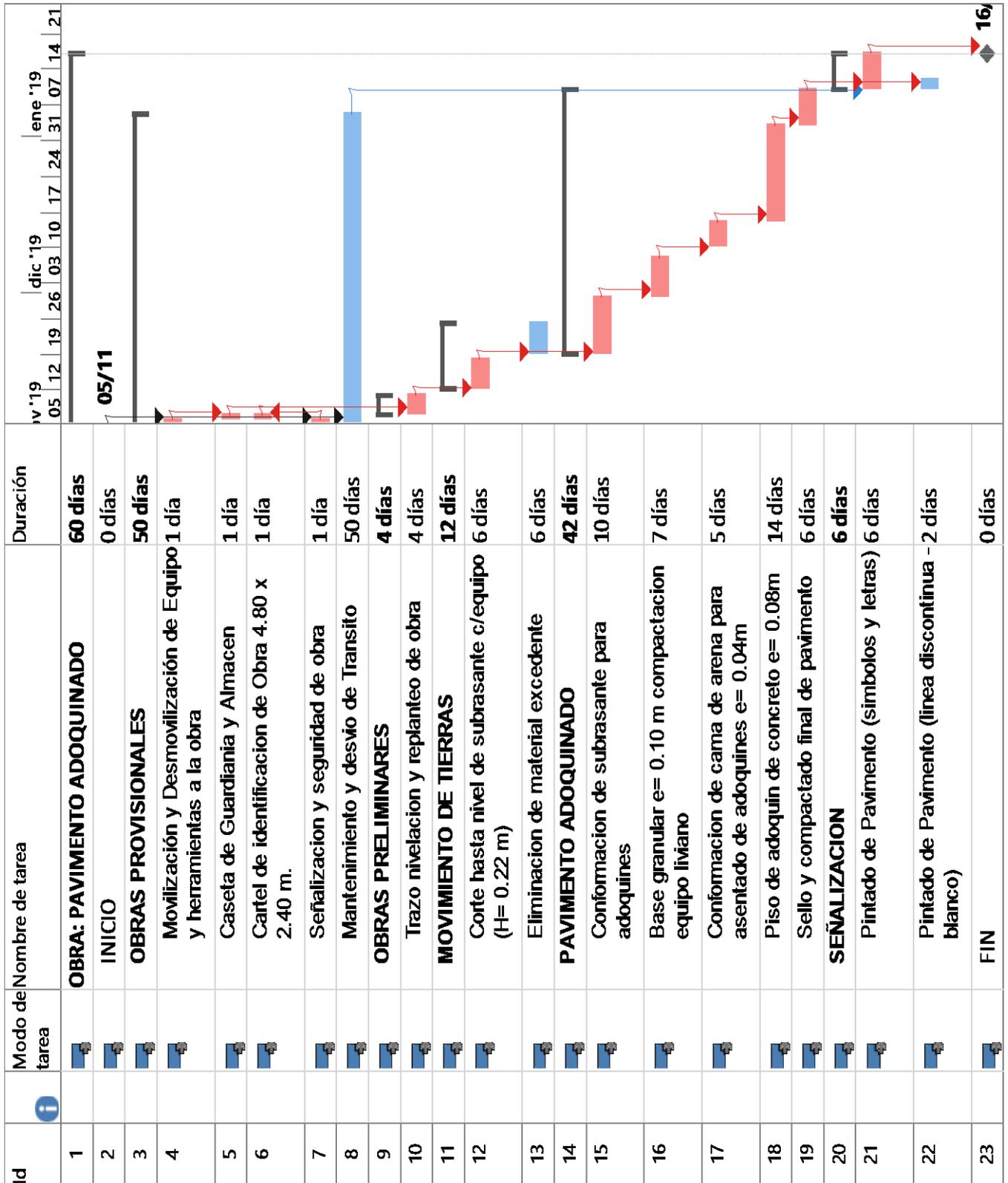
### 4.6.1 CRONOGRAMA PAVIMENTO FLEXIBLE



## 4.6.2 CRONOGRAMA PAVIMENTO RIGIDO



#### 4.6.3 CRONOGRAMA PAVIMENTO ADOQUINADO



## **v. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

- El conteo de vehículos se tomó en 7 días calendarios, desde el día lunes 10 hasta el día domingo 16 de diciembre del año 2018, también se tomó como periodo de diseño 20 años, para así poder hacer un análisis comparativo de los pavimentos, lo cual nos dio como resultado un EAL anual de:

AV. MIGUEL GRAU	PAVIMENTO FLEXIBLE PAVIMENTO ADOQUINADO	PAVIMENTO RIGIDO
Nrep de EE 8.2 Tn	682,941.94	777,519.26

- Con respecto al estudio de mecánica de suelos con fines de pavimentación, se realizó 3 calicatas a una profundidad promedio de 1.50 m, y se encontró como material predominante arena mal Graduada, por la similitud que se encontró en las muestras extraídas se colocaron los resultados solo de 2 calicatas.

Nº CALICATA	DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm3)	HUMEDAD ÓPTIMA (%)	CBR (%)
C-1	1.768	11.60	10.40
C-2	1.820	9.30	13.96

**Lo cual nos resultó un CBR de Diseño de 10.40 %.**

- Para determinar los espesores, nos apoyamos del “Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos” , del cual se obtuvo los siguientes espesores:

**TABLA Nº 19: Espesores obtenidos, para los diferentes Tipos de Pavimentos**

	FLEXIBLE	RIGIDO	ADOQUINADO
<b>ESPORES</b>	CARPETA DE RODADURA 3" = 8 cm	LOSA DE CONCRETO 6.5" = 15 cm	 3.2" = 8 cm
	BASE GRANULAR 6" = 15 cm	BASE (CON AFIRMADO) 4" = 10 cm	1.6" = 4 cm
	SUB BASE GRANULAR 4" = 10 cm		10" = 26 cm

*Fuente: Elaboración Propia*

- El diseño del pavimento se realizó con el Método de AASHTO-93, con el cual se determinaron los parámetros de diseño para los pavimentos flexibles, rígidos y adoquinado siendo estos los siguientes:

**TABLA N° 20: Parámetros de Diseño para los diferentes Tipos de Pavimentos**

PARAMETROS		PAVIMENTO FLEXIBLE PAVIMENTO ADOQUINADO	PAVIMENTO RIGIDO
<b>EAL</b>	<b>(W<sub>18</sub>)</b>	<b>682,941.94</b>	<b>777,519.26</b>
<b>Periodo de diseño</b>		20 años	20 años
<b>CBR</b>		10.40	10.40
<b>Serviciabilidad inicial</b>	<b>(Pi)</b>	3.80	4.10
<b>Serviciabilidad final</b>	<b>(Pf)</b>	2.00	2.00
<b>Factor de confiabilidad</b>	<b>(R)</b>	80 %	80 %
<b>Desviación estándar</b>	<b>(So)</b>	0.45	0.35
<b>Numero estructural</b>	<b>(SN)</b>	2.56	-
<b>Módulo de reacción de terreno</b>	<b>(K)</b>	-	206.30 psi
<b>Módulo de rotura de concreto</b>	<b>(S'c)</b>	-	655 psi
<b>Módulo de elasticidad del concreto</b>	<b>(Ec)</b>	-	3,115,169.61 psi
<b>Coeficiente de drenaje</b>	<b>(Cd)</b>	1.00	1.00
<b>Transferencia de carga</b>	<b>(J)</b>	-	3.80

*Fuente: Elaboración Propia*

- En presupuesto obtenido no se tomó en consideración el costo de mantenimiento:
  - Pavimento Flexible : S/. 1,431,812.05**
  - Pavimento Rígido : S/. 1,703,079.28**
  - Pavimento Adoquinado de Concreto : S/. 1,743,554.65**

## CUADRO COMPARATIVO TÉCNICO- ECONÓMICO

**TABLA N° 21: Cuadro Comparativo Técnico - Económico**

INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	PAVIMENTO FLEXIBLE	PAVIMENTO RIGIDO	PAVIMENTO ADOQUINADO
<b>COSTO</b>	<b>S/.</b>	<b>1,431,812.05</b>	<b>1,703,079.28</b>	<b>1,743,554.65</b>
<b>PLAZO DE EJECUCION</b>	<b>DIAS</b>	75	90	60
<b>MANTENIMIENTO PERIODICO RUTINARIO</b>	<b>AÑOS</b>	5	10	10
<b>TRAFICO</b>	<b># VEHIC.</b>	682,941.94	777,519.26	682,941.94
<b>DURABILIDAD</b>	<b>AÑOS</b>	15-20	20-40	20-40

*Fuente: Elaboración Propia*

## **vi. CONCLUSIONES**

- Concluimos que el pavimento flexible es el más económico, dependerá de las autoridades que decisión tomar sobre el tipo de pavimento a emplear para la Av. Miguel Grau.
- La condición de tráfico, para el presente proyecto se clasifica como una vía local porque transitan vehículos livianos y ocasionalmente vehículos semipesados. Para el análisis del tránsito se tuvo en cuenta un periodo de diseño de 20 años para los pavimentos flexible, rígido y adoquinado.
- Para el diseño del pavimento flexible el EAL de diseño es de 682,941.94, para el pavimento rígido 777,519.26 y para el pavimento adoquinado 682,941.94.
- Los resultados obtenidos en el diseño final de pavimentos y los costos de ejecución que demanda cada alternativa fueron los que se detalla en la TABLA N°22, utilizando la metodología AASHTO-93 para esta comparación técnica-económica entre pavimento flexible, pavimento rígido y pavimento adoquinado.

**TABLA N° 22: diseño y costo final de las alternativas**

PAVIMENTO		METODOLOGIA AASHTO 93	
PAVIMENTO FLEXIBLE	ESPESOR CAPA	CARPETA ASFALTICA	= 8 cm
		BASE GRANULAR	= 15 cm
		SUB BASE GRANULAR	= 10 cm
	COSTO EJECUCION	<b>S/. 1,431,812.05</b>	
PAVIMENTO RIGIDO	ESPESOR CAPA	LOSA DE CONCRETO	= 15 cm
		BASE (CON AFIRMADO)	= 10 cm
	COSTO EJECUCION	<b>S/. 1,703,079.28</b>	
PAVIMENTO ADOQUINADO	ESPESOR CAPA	ADOQUIN	= 8 cm
		CAPA DE ARENA	= 4 cm
		BASE GRANULAR	= 26 cm
	COSTO EJECUCION	<b>S/. 1,743,554.65</b>	

- Podemos darnos cuenta, en el análisis realizado, que el costo del pavimento adoquinado es más alto que el del pavimento flexible y pavimento rígido; en cuanto a ejecución. Para ello debe de tomarse en cuenta que se realizó la comparación con los mismos parámetros de diseño.
- Con respecto al levantamiento topográfico se determinó que su topografía es llana presentando pendiente longitudinal menor al 3%, por lo que no presenta dificultades en su trazado.
- El mantenimiento Periódico cada 10 años del Pavimento rígido y adoquinado es más barato que el mantenimiento periódico cada 5 años del Pavimento Flexible.

## **vii. RECOMENDACIONES**

- Realizar más de dos ensayos de CBR de la subrasante, para la obtención de un valor medio, el mismo nos permitirá obtener un valor óptimo del Módulo Resiliencia MR de la subrasante.
- Para lograr un análisis completo del estudio comparativo de costos para el presente trabajo, se deberá tomar en cuenta los costos de mantenimiento, para los pavimentos en estudio.
- Hablar de qué tan económico resulta un pavimento respecto al otro, es muy alusivo, ya que, si se toma en cuenta el costo total, el cual incluye la inversión inicial más el costo de mantenimiento, no se obtendrá una alternativa definitiva. Para ello se debe primero ver si se cuenta con fondos y financiamientos necesarios.
- Los tres tipos de pavimento tienen cualidades considerables que pueden ser bien aprovechadas, cada proyecto debe ser analizado a conciencia para determinar cuál es la mejor opción, haciendo un análisis cuidadoso y a conciencia de todos los factores que intervienen en dicho proyecto.
- Técnicamente el costo de ejecución de un pavimento flexible es menor al de un pavimento rígido y adoquinado, sin embargo, es necesario evaluar la zona en que se desea plantear el pavimento como las condiciones climáticas y el tráfico que se tendrá durante su periodo de vida.

## **viii. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- **Montejo, F. (1998).** *INGENIERÍA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS (2da ed.)*. Colombia: Editorial Stella Valbuena de Fierro.
- **Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2010).** *REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES – Norma CE.010 PAVIMENTOS URBANOS*. Perú [s.n.].
- **Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013).** *MANUAL DE CARRETERAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN*. Perú [s.n.].
- **Cordo, O. (2006).** *Manual de Diseño de Pavimentos (AASHTO-93)*.
- **Boy, Christian., Chiroque, Fredy. (2006).** *DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO EN CALLES DEL BALNEARIO DE HUANCHACO COMO ALTERNATIVA ECONOMICA FRENTE A PAVIMENTOS FLEXIBLES*. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo.
- **Rengifo, Kimiko. (2014).** *DISEÑO DE LOS PAVIMENTOS DE LA NUEVA CARRETERA PANAMERICANA NORTE EN EL TRAMO DE HUACHO A PATIVILCA (KM 188 A 189)*. (Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil). Pontifica Universidad Católica del Perú, Lima.
- **Cruz Luis., Uceda Luis. (2016).** *ESTUDIO COMPARATIVO TECNICO - ECONOMICO ENTRE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y RÍGIDO USANDO AASHTO 93 PARA LAS VIAS DEL SECTOR VI A DEL CENTRO POBLADO EL MILAGRO - TRUJILLO - LA LIBERTAD*. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo.
- **Ruiz, Marlon., Rodriguez, Julio. (2016)** *COMPARACION TECNICO-ECONOMICA DEL USO DE PAVIMENTO RIGIDO Y PAVIMENTO FLEXIBLE EN NICARAGUA. ESTUDIO DE CASO: TRAMO UNIKWAS-MULUKUKU*. (Monografía para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad Autonoma de Nicaragua UNAN-MANAGUA.

- **Carrera, James., Neciosup, Patricia. (2016)** *ESTUDIO COMPARATIVO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE Y RÍGIDO PARA EL MEJORAMIENTO DE TRANSITABILIDAD VIAL EN LAS CALLES DEL SECTOR LOS LAURELES I DEL DISTRITO DE EL PORVENIR - TRUJILLO - LA LIBERTAD.* (Tesis de para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo.
- **Ramos, Lorenzo. (2003)** *DISEÑO DE PAVIMENTO DE ADOQUÍN Y LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE AGUA POTABLE PARA EL CANTÓN LA CARIDAD, SAN VICENTE PACAYA.* (Tesis de para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- **Zavaleta, Roger., Ramirez, Walter. (2017)** *ESTUDIO COMPARATIVO DEL DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO, SEMIRRIGIDO CON ADOQUINES DE CONCRETO Y FLEXIBLE PARA LAS CALLES DEL SECTOR VI C- EL MILAGROTRUJILLO- LA LIBERTAD.* (Tesis de para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo.
- **Uceda,Luis., Cruz, Luis. (2016)** *ESTUDIO COMPARATIVO TECNICO - ECONOMICO ENTRE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE Y RÍGIDO USANDO AASHTO 93 PARA LAS VIAS DEL SECTOR VI A DEL CENTRO POBLADO EL MILAGRO - TRUJILLO - LA LIBERTAD.* (Tesis de para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo.
- **Socola, Marcos. (2016)** *DISEÑO Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE SEGÚN METODOLOGÍA DEL AASHTO 93, Y OTRO CON GEOMALLAS BIAXILES EN EL SECTOR LOS LAURELES DEL DISTRITO DE EL PORVENIR – TRUJILLO – LA LIBERTAD.* (Tesis de para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo.

# **ANEXOS**

## PLANO DE UBICACIÓN GEOGRAFICA

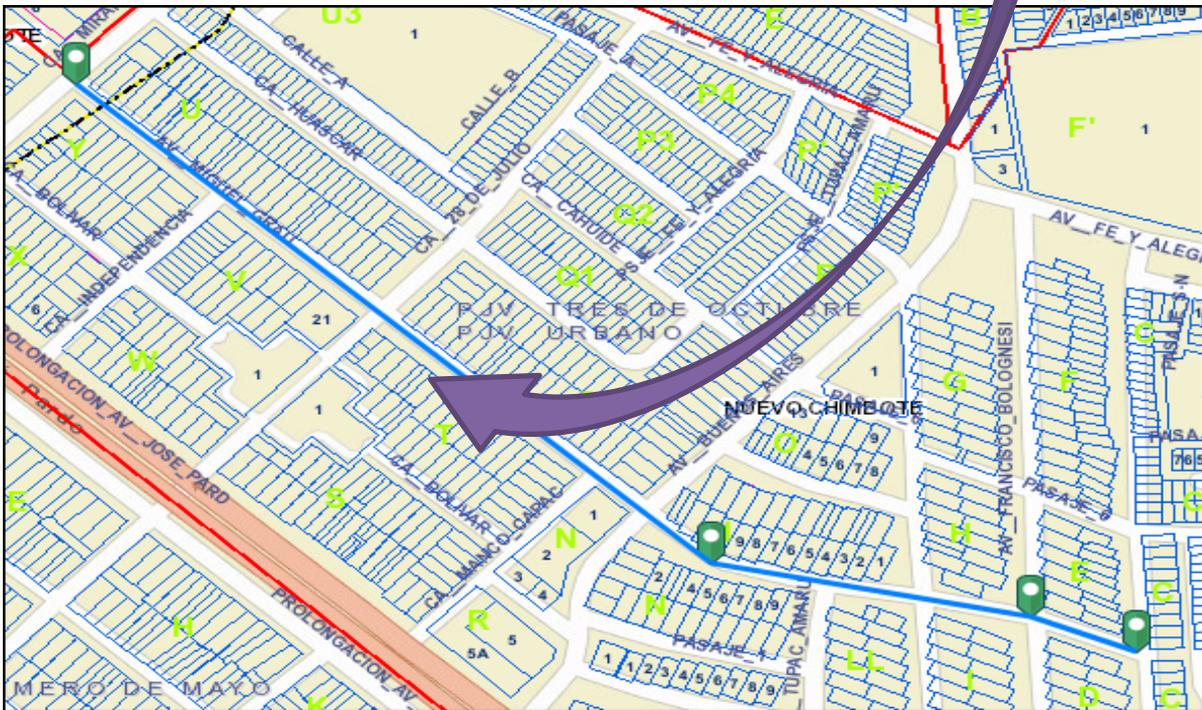
**“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE, RIGIDO Y ADOQUINADO APLICANDO LA METODOLOGIA AASHTO-93 EN LA AV. MIGUEL GRAU, TRES DE OCTUBRE, NUEVO CHIMBOTE”**



**DITRITO DE NUEVO CHIMBOTE**

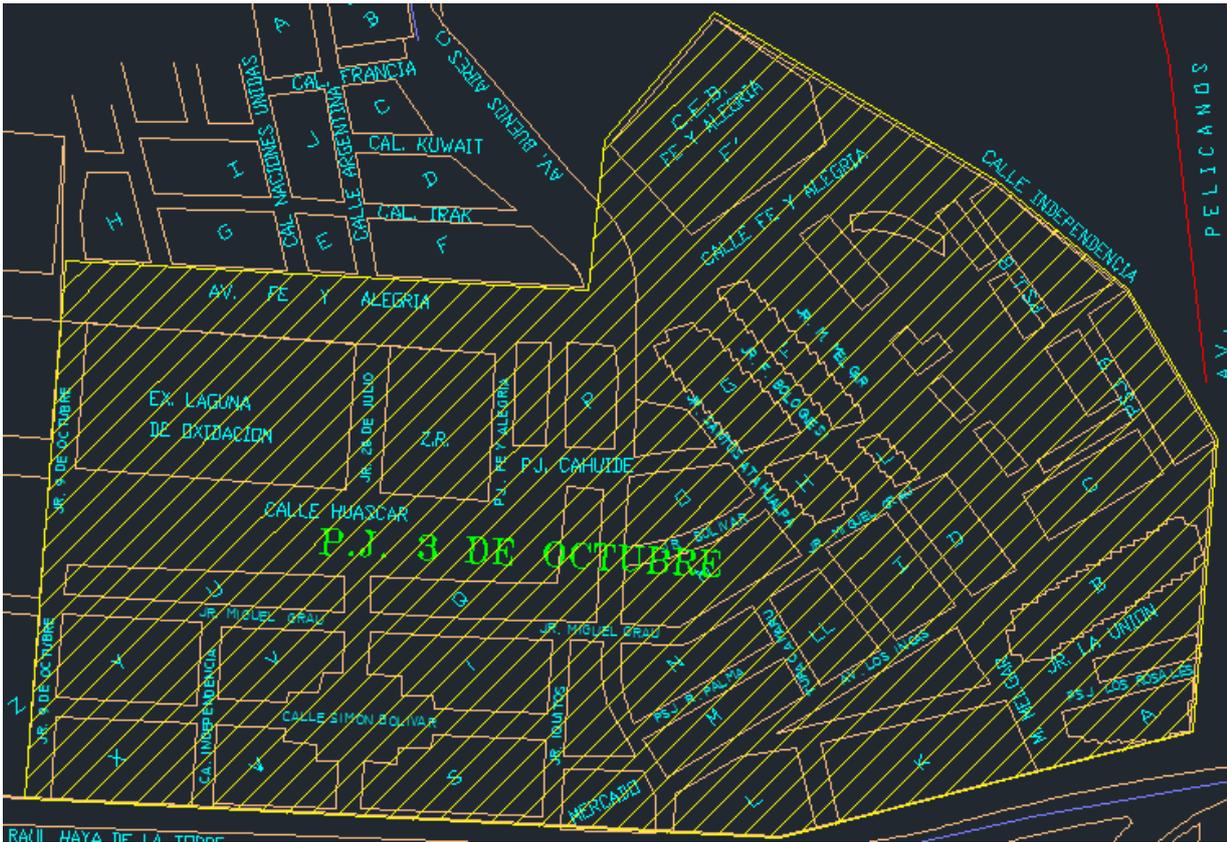


**PJV. TRES DE OCTUBRE**



**AV. MIGUEL GRAU**

## PLANO DE UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO



## PLANO DE UBICACIÓN DE CALICATAS



# ENSAYOS DE LABORATORIO

## PERFIL ESTATIGRAFICO



# INDUCONS E.I.R.L.

Industria de la Construcción

**R.U.C. 20445586707**      **Consultoría de Obras: C4893**  
**Ejecución de Obras: 14066**

Consultoría y Ejecución de Obras – Lab. Mecánica de Suelos y Concreto – Control de Calidad y Supervisión de Obras  
 Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Perfiles y Expedientes Técnicos - Geotecnia  
 Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales – Topografía – Sondeos Hidrogeológicos – Pruebas Hidráulicas



**PROYECTO :** ANALISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL Y EVALUACION ECONOMICA ENTRE UN PAVIMENTO RIGIDO, FLEXIBLE Y ADOQUINADO UTILIZANDO EL METODO ASSHTO-93, PARA LA AV. MIGUEL GRAU, TRES DE OCTUBRE, NUEVO CHIMBOTE.

**UBICACIÓN :** INTERSECCION AV. MIGUEL GRAU – CALLE 28 DE JULIO

**CALICATA :** C-01

**COORDENADAS UTM :** 770327 m E

**MUESTRA :** Obs-01, Mab-01

**COORDENADAS UTM :** 8091588 m S

**SOLICITA :** BRICEÑO ESTRADA CARLA NOELIA

**PROFUNDIDAD DE CALICATA:** -1.50 mt.

**FECHA :** DICIEMBRE 2018

**NAPA FREATICA :** NO PRESENTA

### REGISTRO DE SONDAJE

Profundidad total (metros)	Espesor de Estrato (metros)	Tipo de excavación	Tipo de extracción	Muestras obtenidas	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)	CLASIFICACIÓN (AASHTO)	HUMEDAD (w%)	L.L. (w%)	I.P. (w%)
-1.50	0.05	CALICATA	MUESTRA A CIELO ABIERTO	Obs-01		<b>PRIMER HORIZONTE: MATERIAL DE RELLENO.</b> Estrato formado por Material de relleno, mezclas de grava y arena en estado suelto. <b>Condición In situ:</b> Suelo en estado de compactación floja, en estado seco. color predominante del suelo beige claro					
	0.10										
	0.15										
	0.20										
	0.25										
	0.30										
	0.35										
	0.40										
	0.45										
	0.50										
	0.55										
	0.60										
	0.65										
	0.70										
	0.75										
	0.80										
	0.85										
	0.90										
	0.95										
	1.00										
1.05											
1.10											
1.15											
1.20											
1.25											
1.30											
1.35											
1.40											
1.45											
1.50											
	0.40										
	1.10			Mab-01		<b>SEGUNDO HORIZONTE: ARENAS MAL GRADUADAS</b> Estrato formado por Arenas Mal Graduadas, mezclas de arenas con casi nada de gravas, las mismas que presentan poca cantidad de partículas finas donde más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4 <b>Condición In situ:</b> No plástico, suelo en estado de compactación floja a medianamente compacta, presencia de bajo contenido de humedad, color beige <b>Del análisis en laboratorio dió:</b> 5.41 % de Grava 92.78 % de arena de grano uniforme 1.81 % de finos no plásticos	SP	A-2-4 (0)	3.88	N.P.	N.P.
NIVEL FREATICO : NO PRESENTA EJECUTADO POR : P.R.A.O.											
OBSERVACIONES: SE OBSERVA ARENA MAL GRADUADA CON POCOS Y/O CASI NADA DE FINOS Y PRESENCIA DE HUMEDAD NATURAL.											



# INDUGONS E.I.R.L.

Industria de la Construcción

Consultoría de Obras: C4893

R.U.C. 20445586707

Ejecución de Obras: 14066



Consultoría y Ejecución de Obras – Lab. Mecánica de Suelos y Concreto – Control de Calidad y Supervisión de Obras  
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Perfiles y Expedientes Técnicos - Geotecnia  
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales – Topografía – Sondeos Hidrogeológicos – Pruebas Hidráulicas

PROYECTO : ANALISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL Y EVALUACION ECONOMICA ENTRE UN PAVIMENTO RIGIDO, FLEXIBLE Y ADOQUINADO UTILIZANDO EL METODO ASSHTO-93, PARA LA AV. MIGUEL GRAU, TRES DE OCTUBRE, NUEVO CHIMBOTE.

UBICACIÓN : INTERSECCION AV. MIGUEL GRAU – CALLE TUPAC AMARU

CALICATA : C-02

: 770018 m E

MUESTRA : Obs-01, Mab-01

COORDENADAS UTM

: 8091407 m S

SOLICITA : BRICEÑO ESTRADA CARLA NOELIA

PROFUNDIDAD DE CALICATA : -1.55 mt.

FECHA : DICIEMBRE 2018

NAPA FREATICA : NO PRESENTA

## REGISTRO DE SONDAJE

Profundidad total (metros)	Espesor de Estrato (metros)	Tipo de excavación	Tipo de extracción	Muestras obtenidas	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)	CLASIFICACIÓN (AASHTO)	HUMEDAD (w%)	L.L. (w%)	I.P. (w%)
0.05	0.40	C A L I C A T A	MUESTRA A CIELO ABIERTO	Obs-01		PRIMER HORIZONTE: MATERIAL DE RELLENO. Estrato formado por Material de relleno, mezclas de grava y arena en estado suelto. Condición In situ: Suelo en estado de compactación floja, en estado seco. color predominante del suelo beige claro					
0.10											
0.15											
0.20											
0.25											
0.30											
0.35											
0.40											
0.45	1.15	C A L I C A T A	MUESTRA A CIELO ABIERTO	Mab-01		SEGUNDO HORIZONTE: ARENAS MAL GRADUADAS Estrato formado por Arenas Mal Graduadas, mezclas de arenas con casi nada de gravas, las mismas que presentan poca cantidad de partículas finas donde mas de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4 Condición In situ: No plastico, suelo en estado de compactación floja a medianamente compacta, presencia de bajo contenido de humedad, color beige Del analisis en laboratorio dio: 1.20 % de Grava 95.21 % de arena de grano uniforme 3.59 % de finos no plásticos	SP	A-2-4 (0)	1.10	N.P.	N.P.
0.50											
0.55											
0.60											
0.65											
0.70											
0.75											
0.80											
0.85											
0.90											
0.95											
1.00											
1.05											
1.10											
1.15											
1.20											
1.25											
1.30											
1.35											
1.40											
1.45											
1.50											
1.55											

NIVEL FREATICO : NO PRESENTA  
EJECUTADO POR : P.R.A.O.

OBSERVACIONES: SE OBSERVA ARENA MAL GRADUADA CON POCOS Y/O CASI NADA DE FINOS Y PRESENCIA DE HUMEDAD NATURAL.

POL RAIN AGUILAR OLGUIN  
ING. CIVIL - CIP. N° 81029  
CONSULTOR - REG. C4009



# INDUGONS E.I.R.L.

Industria de la Construcción

Consultoría de Obras: C4893

R.U.C. 20445586707

Ejecución de Obras: 14066



Consultoría y Ejecución de Obras – Lab. Mecánica de Suelos y Concreto – Control de Calidad y Supervisión de Obras  
 Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Perfiles y Expedientes Técnicos - Geotecnia  
 Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales – Topografía – Sondeos Hidrogeológicos – Pruebas Hidráulicas

PROYECTO : ANALISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL Y EVALUACION ECONOMICA ENTRE UN PAVIMENTO RIGIDO, FLEXIBLE Y ADOQUINADO UTILIZANDO EL METODO ASSHTO-93, PARA LA AV. MIGUEL GRAU, TRES DE OCTUBRE, NUEVO CHIMBOTE.

UBICACIÓN : INTERSECCION AV. MIGUEL GRAU – CALLE MARIANO MELGAR

CALICATA : C-03

MUESTRA : Obs-01, Mab-01

SOLICITA : BRICEÑO ESTRADA CARLA NOELIA

FECHA : DICIEMBRE 2018

COORDENADAS UTM : 770015 m E

: 8001514 m S

PROFUNDIDAD DE CALICATA: -1.50 mt.

NAPA FREATICA: NO PRESENTA

## REGISTRO DE SONDAJE

Profundidad total (metros)	Espesor de Estrato (metros)	Tipo de excavación	Tipo de extracción	Muestras obtenidas	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)	CLASIFICACIÓN (AASHTO)	HUMEDAD (w%)	LL. (w%)	I.P. (w%)		
0.05	0.40	CALICATA	MUESTRA A CIELO ABIERTO	Obs-01		PRIMER HORIZONTE: MATERIAL DE RELLENO. Estrato formado por Material de relleno, mezclas de grava y arena en estado suelto. Condición In situ: Suelo en estado de compactación floja, en estado seco. color predominante del suelo beige claro							
0.10													
0.15													
0.20													
0.25													
0.30													
0.35													
0.40													
0.45	1.10					Mab-01		SEGUNDO HORIZONTE: ARENAS MAL GRADUADAS Estrato formado por Arenas Mal Graduadas, mezclas de arenas con casi nada de gravas, las mismas que presentan poca cantidad de partículas finas donde mas de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4 Condición In situ: No plástico, suelo en estado de compactación floja a medianamente compacta, presencia de bajo contenido de humedad, color beige Del analisis en laboratorio dio: 0.75 % de Grava 96.88 % de arena de grano uniforme 2.37 % de finos no plásticos	SP	A-2-4 (0)	2.44	N.P.	N.P.
0.50													
0.55													
0.60													
0.65													
0.70													
0.75													
0.80													
0.85													
0.90													
0.95													
1.00													
1.05													
1.10													
1.15													
1.20													
1.25													
1.30													
1.35													
1.40													
1.45													
1.50													
NIVEL FREATICO : NO PRESENTA													
EJECUTADO POR : P.R.A.O.													
OBSERVACIONES: SE OBSERVA ARENA MAL GRADUADA CON POCOS Y/O CASI NADA DE FINOS Y PRESENCIA DE HUMEDAD NATURAL.													

POL RAIN AGUILAR OLGUIN  
 ING. CIVIL - CIP. N° 81029  
 CONSULTOR - REG. C4009

# ANALISIS GRANULOMETRICO



## INDUGONS E.I.R.L.

Industria de la Construcción

Consultoría de Obras: C4893

R.U.C. 20445586707

Ejecución de Obras: 14066



Consultoría y Ejecución de Obras – Lab. Mecánica de Suelos y Concreto – Control de Calidad y Supervisión de Obras  
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Perfiles y Expedientes Técnicos - Geotecnia  
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales – Topografía – Sondeos Hidrogeológicos – Pruebas Hidráulicas

**PROYECTO :** ANALISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL Y EVALUACION ECONOMICA ENTRE UN PAVIMENTO RIGIDO, FLEXIBLE Y ADOQUINADO UTILIZANDO EL METODO ASSHTO-93, PARA LA AV. MIGUEL GRAU, TRES DE OCTUBRE, NUEVO CHIMBOTE.

**UBICACION :** INTERSECCION AV. MIGUEL GRAU – CALLE 28 DE JULIO

**CALICATA :** C-01

**MUESTRA :** M-F

**SOLICITA :** BRICEÑO ESTRADA CARLA NOELIA

**FECHA :** DICIEMBRE 2018

**NAPA FREATICA:** N.P.

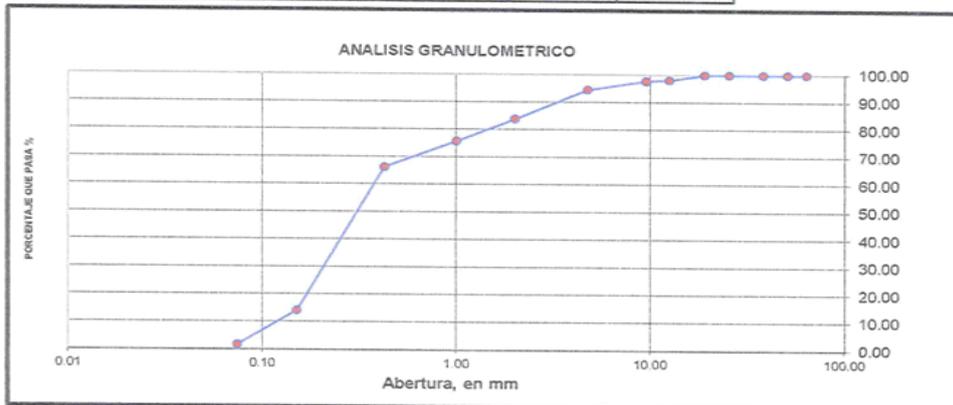
**ESPEJOR DE ESTRATO:** 1.10 m.

**PROFUNDIDAD DE CALICATA:** -1.50 m.

### RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

#### 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
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
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	12.10	1.91	1.91	98.09
3/8"	9.500	1.90	0.30	2.21	97.79
Nº 4	4.750	20.30	3.20	5.41	94.59
Nº 10	2.000	68.10	10.73	16.14	83.86
Nº 20	1.000	50.90	8.02	24.16	75.84
Nº 40	0.425	60.20	9.49	33.65	66.35
Nº 100	0.150	330.30	52.06	85.71	14.29
Nº 200	0.074	79.20	12.48	98.19	1.81
< Nº 200	---	11.50	1.81	100.00	0.00



Grava (%) = 5.41      Arena (%) = 92.78      Finos (%) = 1.81

$$D_{10} = 0.16 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 5.00 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 0.66$$

$$U_{30} = 0.29$$

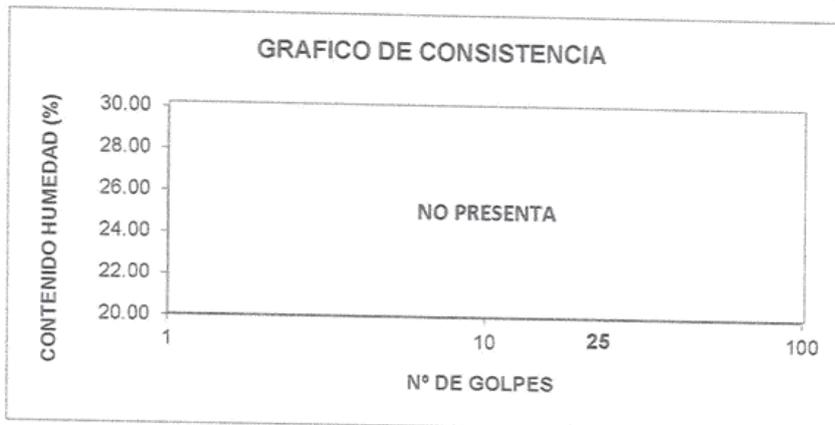
$$D_{60} = 0.80$$

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SP	ARENAS MAL GRADUADAS
AASHTO	A-2-4 (0)	MATERIALES GRANULARES CON PARTÍCULAS FINAS LIMOSAS.



## 2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO			LIM. PLASTICO	CONSISTENCIA
	Tara Nº 01	Tara Nº 02	Tara Nº 03		
1. No de Golpes				Tara Nº 05	
2. Peso Tara, [gr]	NO PRESENTA				LL = N.P.
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]					
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]					
5. Peso Agua, [gr]					
6. Peso Suelo Seco, [gr]			(3)-(4)		IP = N.P.
7. Contenido de Humedad, [%]			(4)-(2)		
			(5)/(6)x100		



Límite Líquido Método un Punto

$$LL = W^n \left( \frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

N: Numero de golpes que causan el cierre de la ranura para el contenido de humedad

Wn: Contenido de humedad del suelo, para N golpes.

Wn: 0.00

N: 0

LL: 0.00 %

## 3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara No 01	Tara No 02	Tara No 03	
1. Peso Tara, [gr]	28.310	27.480	27.330	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	214.64	251.71	234.10	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	207.59	243.46	226.37	
4. Peso Agua, [gr]	7.05	8.25	7.73	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	179.28	215.98	199.04	PROMEDIO
6. Contenido de Humedad, [%]	3.932	3.820	3.884	3.879

## 4. RESUMEN DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

Grava (No.4 < Diam < 3")	5.41%
Arena (No.200 < Diam < No 4)	92.78%
Finos (Diam < No 200)	1.81%
Límite Líquido	N.P.
Límite Plástico	N.P.
Índice Plasticidad	N.P.
Contenido de Humedad	3.88%
Clasificación SUCS:	SP
Clasificación AASHTO:	A-2-4 (0)



Consultoría y Ejecución de Obras – Lab. Mecánica de Suelos y Concreto – Control de Calidad y Supervisión de Obras  
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Perfiles y Expedientes Técnicos - Geotecnia  
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales – Topografía – Sondeos Hidrogeológicos – Pruebas Hidráulicas

PROYECTO : ANALISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL Y EVALUACION ECONOMICA ENTRE UN PAVIMENTO RIGIDO, FLEXIBLE Y ADOQUINADO UTILIZANDO EL METODO ASSHTO-93, PARA LA AV. MIGUEL GRAU, TRES DE OCTUBRE, NUEVO CHIMBOTE

UBICACIÓN : INTERSECCION AV. MIGUEL GRAU – CALLE TUPAC AMARU

CALICATA : C-02

MUESTRA : M-F

SOLICITA : BRICEÑO ESTRADA CARLA NOELIA

FECHA : DICIEMBRE 2018

NAPA FREATICA: N.P.

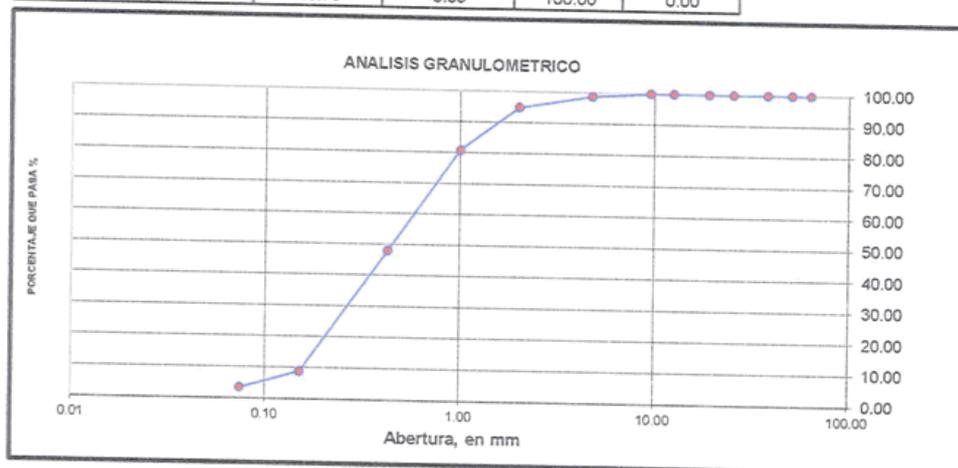
ESPESOR DE ESTRATO: 1.15 m.

PROFUNDIDAD DE CALICATA: -1.55 m.

## RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

### 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
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
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.750	5.60	1.20	1.20	98.80
Nº 10	2.000	17.80	3.82	5.02	94.98
Nº 20	1.000	65.20	14.00	19.02	80.98
Nº 40	0.425	153.00	32.85	51.87	48.13
Nº 100	0.150	182.60	39.20	91.07	8.93
Nº 200	0.074	24.90	5.35	96.41	3.59
< Nº 200	---	16.70	3.59	100.00	0.00



Grava (%) = 1.20

Arena (%) = 95.21

Finos (%) = 3.59

$D_{10} = 0.16$

$U_{30} = 0.27$

$D_{60} = 0.58$

$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 3.63$

$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = 0.79$

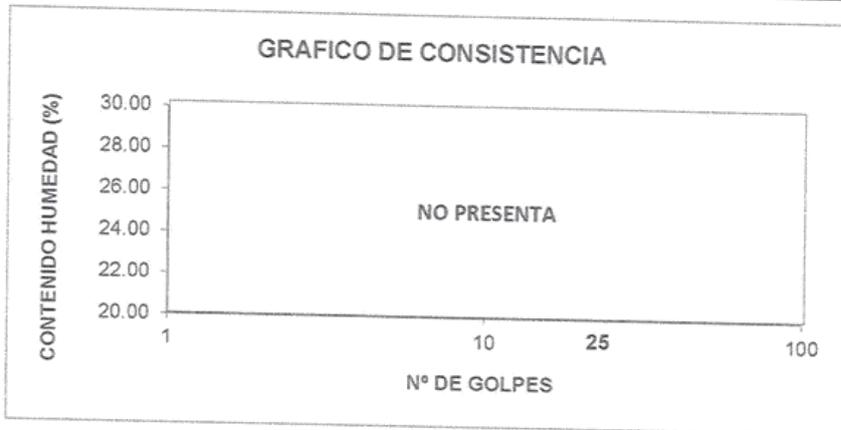
SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SP	ARENAS MAL GRADUADAS
AASHTO	A-2-4 (0)	MATERIALES GRANULARES CON PARTÍCULAS FINAS LIMOSAS.

POL RAINAGUILAR OLGUIN  
ING. CIVIL - CIP. N° 81029  
CONSULTOR - REG. C4009



## 2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO			LIM. PLASTICO Tara Nº 05	CONSISTENCIA
	Tara Nº 01	Tara Nº 02	Tara Nº 03		
1. No de Golpes					LL = N.P.
2. Peso Tara, [gr]					
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]					
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]					
5. Peso Agua, [gr]					LP = N.P.
6. Peso Suelo Seco, [gr]				(3)-(4)	IP = N.P.
7. Contenido de Humedad, [%]				(4)-(2)	
				(5)/(6)x100	



Límite Líquido Método un Punto

$$LL = W^n \left( \frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

N: Numero de golpes que causan el cierre de la ranura para el contenido de humedad

Wn: Contenido de humedad del suelo, para N golpes.

Wn: 0.00

N: 0

LL: 0.00 %

## 3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara No 01	Tara No 02	Tara No 03	
1. Peso Tara, [gr]	28.170	27.020	27.780	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	291.33	262.50	241.95	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	288.46	259.96	239.63	
4. Peso Agua, [gr]	2.87	2.54	2.32	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	260.29	232.94	211.85	PROMEDIO
6. Contenido de Humedad, [%]	1.103	1.090	1.095	1.096

## 4. RESUMEN DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

Grava (No.4 < Diam < 3")	1.20%
Arena (No.200 < Diam < No 4)	95.21%
Finos (Diam < No 200)	3.59%
Límite Líquido	N.P.
Límite Plástico	N.P.
Índice Plasticidad	N.P.
Contenido de Humedad	1.10%
Clasificación SUCS:	SP
Clasificación AASHTO:	A-2-4 (0)



# INDUGONS E.I.R.L.

Industria de la Construcción

Consultoría de Obras: C4893

R.U.C. 20445586707

Ejecución de Obras: 14066



Consultoría y Ejecución de Obras – Lab. Mecánica de Suelos y Concreto – Control de Calidad y Supervisión de Obras  
 Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Perfiles y Expedientes Técnicos – Geotecnia  
 Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales – Topografía – Sondeos Hidrogeológicos – Pruebas Hidráulicas

PROYECTO : ANALISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL Y EVALUACION ECONOMICA ENTRE UN PAVIMENTO RIGIDO, FLEXIBLE Y ADOQUINADO UTILIZANDO EL METODO ASSHTO-93, PARA LA AV. MIGUEL GRAU, TRES DE OCTUBRE, NUEVO CHIMBOTE

UBICACIÓN : INTERSECCION AV. MIGUEL GRAU – CALLE MARIANO MELGAR  
 CALICATA : C-03

MUESTRA. : M-F

NAPA FREATICA: N.P.

SOLICITA : BRICEÑO ESTRADA CARLA NOELIA

ESPESOR DE ESTRATO: 1.10 m.

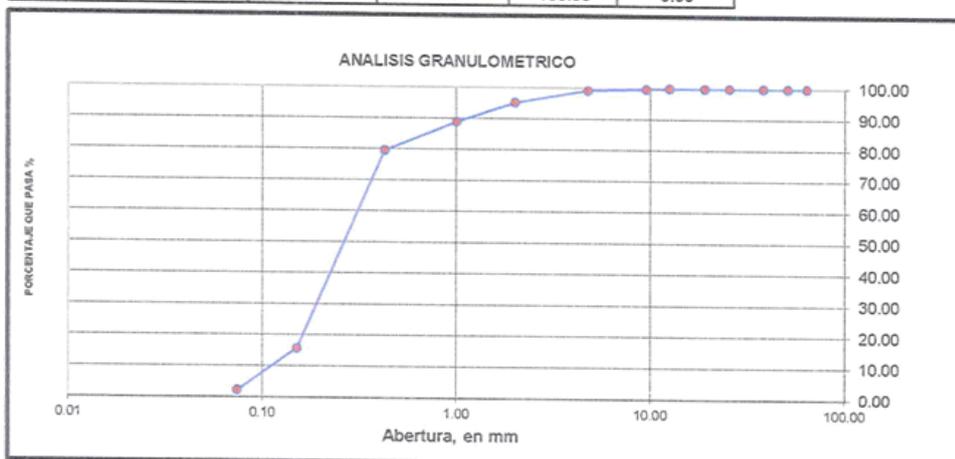
FECHA : DICIEMBRE 2018

PROFUNDIDAD DE CALICATA: -1.50 m.

## RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

### 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
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
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	1.10	0.22	0.22	99.78
Nº 4	4.750	2.70	0.53	0.75	99.25
Nº 10	2.000	20.40	4.03	4.79	95.21
Nº 20	1.000	31.70	6.27	11.05	88.95
Nº 40	0.425	46.90	9.27	20.33	79.67
Nº 100	0.150	322.50	63.77	84.10	15.90
Nº 200	0.074	68.40	13.53	97.63	2.37
< Nº 200	---	12.00	2.37	100.00	0.00



Grava (%) = 0.75      Arena (%) = 96.88      Finos (%) = 2.37

$D_{10} = 0.11$   
 $U_{30} = 0.19$   
 $D_{60} = 0.30$

$Cu = \frac{D_{60}}{U_{10}} = 2.73$

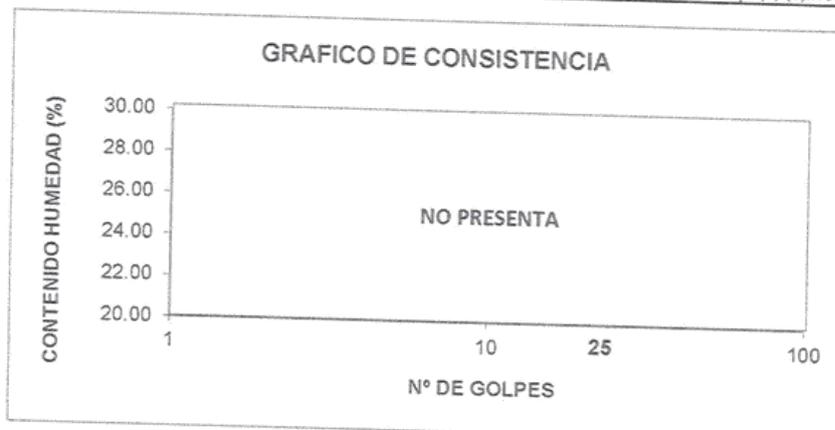
$Cc = \frac{(D_{30})^2}{U_{10} \times U_{60}} = 1.09$

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	SP	ARENAS MAL GRADUADAS
AASHTO	A-2-4 (0)	MATERIALES GRANULARES CON PARTÍCULAS FINAS LIMOSAS.



## 2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERGBER (ASTM - D4318)

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO				LIM. PLASTICO	CONSISTENCIA
	Tara Nº 01	Tara Nº 02	Tara Nº 03	Tara Nº 05		
1. No de Golpes	<b>NO PRESENTA</b>					LL = N.P.
2. Peso Tara, [gr]						
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]						
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]						
5. Peso Agua, [gr]						LP = N.P.
6. Peso Suelo Seco, [gr]				(3)-(4)		
7. Contenido de Humedad, [%]				(4)-(2)		IP = N.P.
				(5)/(6)x100		



Límite Líquido Método un Punto

$$LL = W^n \left( \frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

N: Numero de golpes que causan el cierre de la ranura para el contenido de humedad

Wn: Contenido de humedad del suelo, para N golpes.

Wn: 0.00

N: 0

LL: 0.00 %

## 3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara No 01	Tara No 02	Tara No 03	
1. Peso Tara, [gr]	27.490	27.940	28.080	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	214.74	224.43	209.73	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	210.43	219.52	205.45	
4. Peso Agua, [gr]	4.31	4.91	4.28	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	182.94	191.58	177.37	PROMEDIO
6. Contenido de Humedad, [%]	2.356	2.563	2.413	2.444

## 4. RESUMEN DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

Grava (No.4 < Diam < 3")	0.75%
Arena (No.200 < Diam < No.4)	96.88%
Finos (Diam < No.200)	2.37%
Límite Líquido	N.P.
Límite Plástico	N.P.
Índice Plasticidad	N.P.
Contenido de Humedad	2.44%
Clasificación SUCS:	SP
Clasificación AASHTO:	A-2-4 (0)

  
**POL RAIN AGUILAR OLGUIN**  
 ING. CIVIL - CIP. N° 81029  
 CONSULTOR - REG. C4009

# ENSAYO PROCTOR MODIFICADO



**INDUCONS E.I.R.L.**  
Industria de la Construcción

Consultoría de Obras: C4893

R.U.C. 20445586707

Ejecución de Obras: 14066



Consultoría y Ejecución de Obras – Lab. Mecánica de Suelos y Concreto – Control de Calidad y Supervisión de Obras  
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Perfiles y Expedientes Técnicos - Geotecnia  
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales – Topografía – Sondeos Hidrogeológicos – Pruebas Hidráulicas

PROYECTO : ANALISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL Y EVALUACION ECONOMICA ENTRE UN PAVIMENTO RIGIDO, FLEXIBLE Y ADOQUINADO UTILIZANDO EL METODO ASSHTO-93, PARA LA AV. MIGUEL GRAU, TRES DE OCTUBRE, NUEVO CHIMBOTE.  
UBICACION : INTERSECCION AV. MIGUEL GRAU – CALLE 28 DE JULIO  
CALICATA : CALICATA C-01  
MUESTRA : TERRENO NATURAL  
SOLICITA : BRICENO ESTRADA CARLA NOELIA  
FECHA : DICIEMBRE 2018

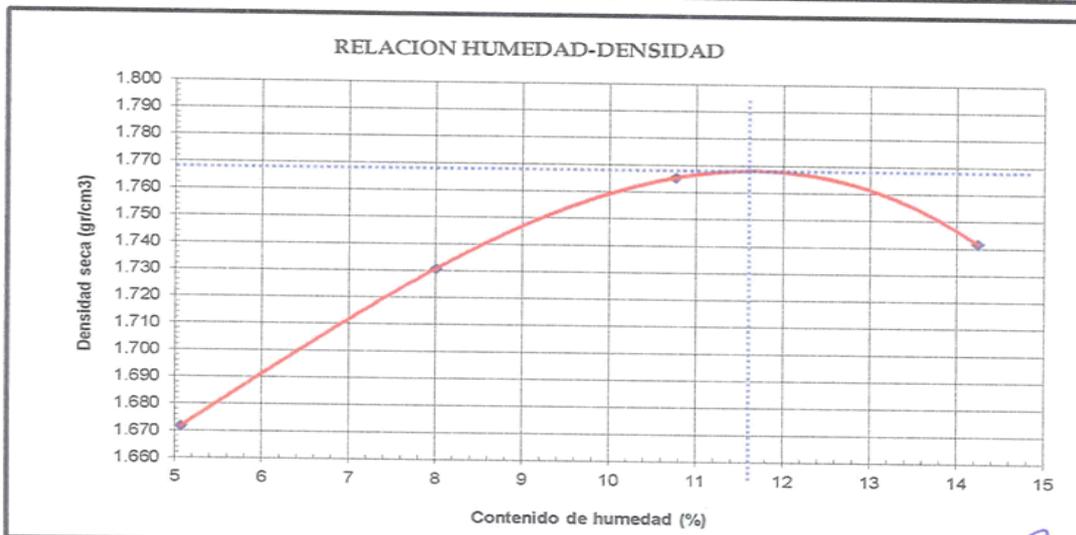
## ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM-D1557

### DENSIDAD HUMEDA

Peso suelo + molde	gr	14233.00	14595.00	14872.00	14982.00
Peso molde	gr	8591.00	8591.00	8591.00	8591.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	5642.00	6004.00	6281.00	6391.00
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	3212.00	3212.00	3212.00	3212.00
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	1.76	1.87	1.96	1.99

### CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Recipiente N°		1	2	3	4	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	230.03	238.31	216.73	216.17	
Peso del suelo seco + tara	gr	220.250	222.700	198.350	192.620	
Peso de la Tara	gr	27.384	27.656	27.656	27.251	
Peso de agua	gr	9.780	15.610	18.380	23.550	
Peso del suelo seco	gr	192.866	195.044	170.694	165.369	
Porcentaje de Humedad	%	5.07	8.00	10.77	14.24	
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.672	1.731	1.765	1.742	
					Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	1.768
					Humedad óptima (%)	11.60





# INDUCONS E.I.R.L.

Industria de la Construcción

Consultoría de Obras: C4893

R.U.C. 20445586707

Ejecución de Obras: 14066

Consultoría y Ejecución de Obras – Lab. Mecánica de Suelos y Concreto – Control de Calidad y Supervisión de Obras  
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Perfiles y Expedientes Técnicos - Geotecnia  
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales – Topografía – Sondeos Hidrogeológicos – Pruebas Hidráulicas



**PROYECTO** : ANALISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL Y EVALUACION ECONOMICA ENTRE UN PAVIMENTO RIGIDO, FLEXIBLE Y ADOQUINADO UTILIZANDO EL METODO ASSHTO-93, PARA LA AV. MIGUEL GRAU, TRES DE OCTUBRE, NUEVO CHIMBOTE.  
**UBICACION** : INTERSECCION AV. MIGUEL GRAU - CALLE 28 DE JULIO  
**CALICATA** : CALICATA C-01  
**MUESTRA** : TERRENO NATURAL  
**SOLICITA** : BRICEÑO ESTRADA CARLA NOELIA  
**FECHA** : DICIEMBRE 2015

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA

Tamiz	N° 10 (%)		N° 40 (%)		N° 200 (%)		ENSAYO DE COMPACTACION			
	LL	IP	NIP	MP	Clasificación	SUCS =	SP	Metodo	Densidad Maxima	Humedad Optima
Pasa %	83.86		66.35		1.81			ASSTHO = A-2-4 (0)	1.77	11.60
Molde N°			1		2		3			
Altura Molde			17.600		17.700		17.700			
Diametro Molde			15.255		15.300		15.200			
Altura disco Espaciador			6.055		5.960		6.055			
Diametro disco espaciador			14.965		15.025		14.935			
Capas N°			5		5		5			
Golpes por capa N°			56		25		12			
Condición de la muestra			antes de mojar		despues de mojado		antes de mojar		despues de mojado	
Peso humedo de la probeta + molde (g)			8258		8308		8939		8982	
Peso de molde (g)			4104		4104		4830		4886	
Peso del suelo húmedo (g)			4154		4204		4109		4152	
Volumen del molde (cm³)			2110		2110		2158		2113	
Densidad húmeda (g/cm³)			1.969		1.992		1.904		1.924	
Recipiente (N°)			PO		TR		1		3	
Peso del Recipiente + suelo húmedo (g)			202.30		237.51		209.06		231.68	
Peso Recipiente + suelo seco			184.20		212.09		190.65		208.05	
Peso Recipiente			27.68		27.57		27.88		27.57	
Peso de agua (g)			18.10		25.42		18.41		23.63	
Peso de suelo seco (g)			156.52		184.12		162.77		180.48	
Contenido de humedad (%)			11.56		13.81		11.31		13.09	
Densidad seca (g/cm³)			1.765		1.751		1.710		1.701	

## DETERMINACION DE LA EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%

## C. B. R. FACTOR DE DEFORMACION DEL ANILLO

Penetración		Carga Estándar	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
			CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION	
mm.	pulg.	Kg/cm2	Kg	kg	% CBR	kg	kg	% CBR	kg	kg	% CBR
0.000	0.000		0			0			0		
0.635	0.025		14.5			7.8			6.0		
1.270	0.050		40.9			23.7			18.7		
1.905	0.075		87.5			50.5			37.8		
2.540	0.100	70.455	154.8	269.6	19.8	93.3	188.8	13.8	62.0	103.1	7.6
3.175	0.125		239.3			149.7			91.9		
3.810	0.150		331.2			216.3			128.5		
4.445	0.175		416.4			295.6			188.4		
5.080	0.200	105.68	512.7	524.6	25.6	359.8	302.2	19.2	201.1	244.6	12.0
5.715	0.225		590.4			425.7			251.4		
6.350	0.250		841.7			472.2			293.3		
6.985	0.275		956.7			505.8			328.5		
7.620	0.300		663.2			519.6			358.9		
8.890	0.350		678.9			524.9			380.1		
10.160	0.400		705.2			539.2			394.3		
12.700	0.500		715.2			552.2			403.8		

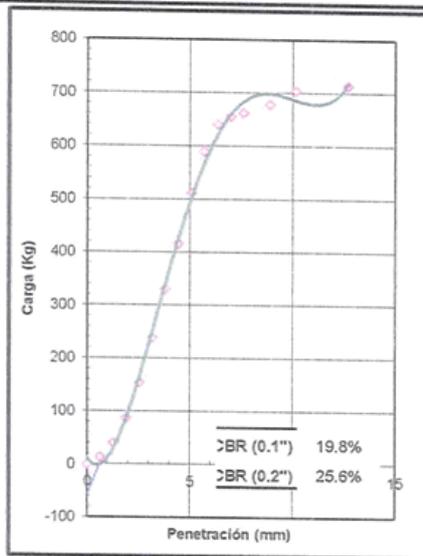


Consultoría y Ejecución de Obras – Lab. Mecánica de Suelos y Concreto – Control de Calidad y Supervisión de Obras  
 Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Perfiles y Expedientes Técnicos - Geotecnia  
 Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales – Topografía – Sondeos Hidrogeológicos – Pruebas Hidráulicas

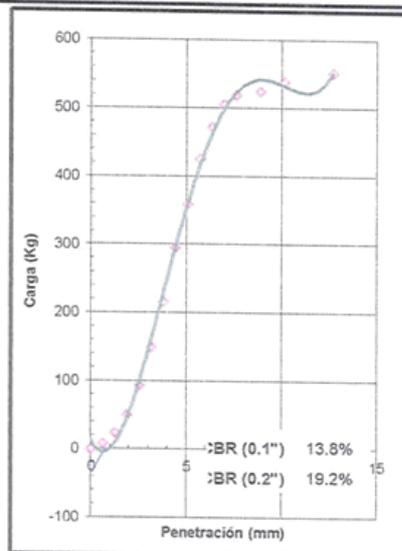


**PROYECTO** : ANALISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL Y EVALUACION ECONOMICA ENTRE UN PAVIMENTO RIGIDO, FLEXIBLE Y ADOQUINADO UTILIZANDO EL METODO ASSHTO-93, PARA LA AV. MIGUEL GRAU, TRES DE OCTUBRE, NUEVO CHIMBOTE  
**UBICACION** : INTERSECCION AV. MIGUEL GRAU – CALLE 26 DE JULIO  
**CALICATA** : CALICATA C-01  
**MUESTRA** : TERRENO NATURAL  
**SOLICITA** : BRICENO ESTRADA CARLA NOELIA  
**FECHA** : DICIEMBRE 2018

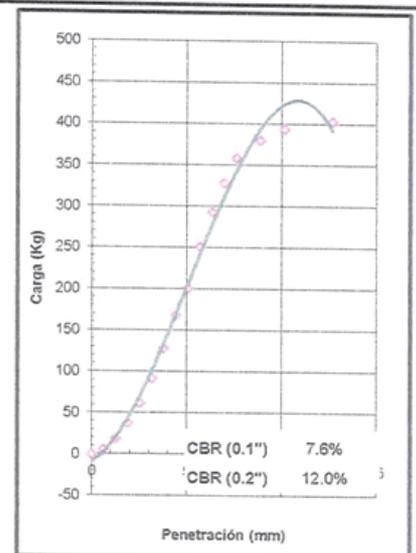
## RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) ASTM D-1883



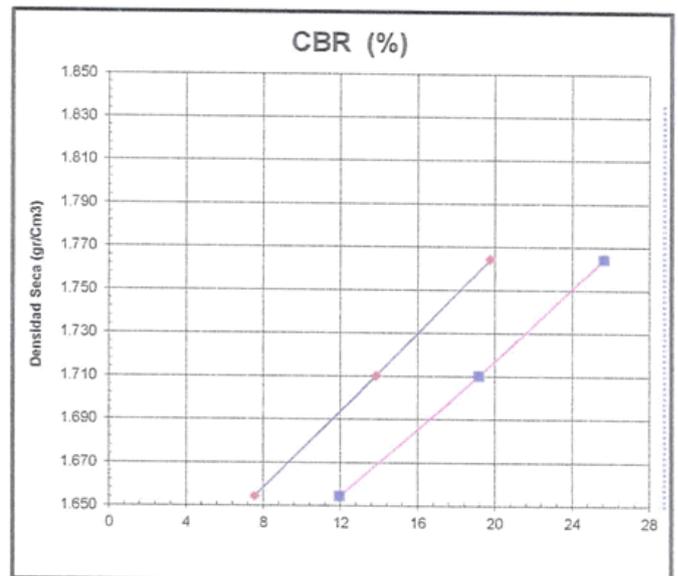
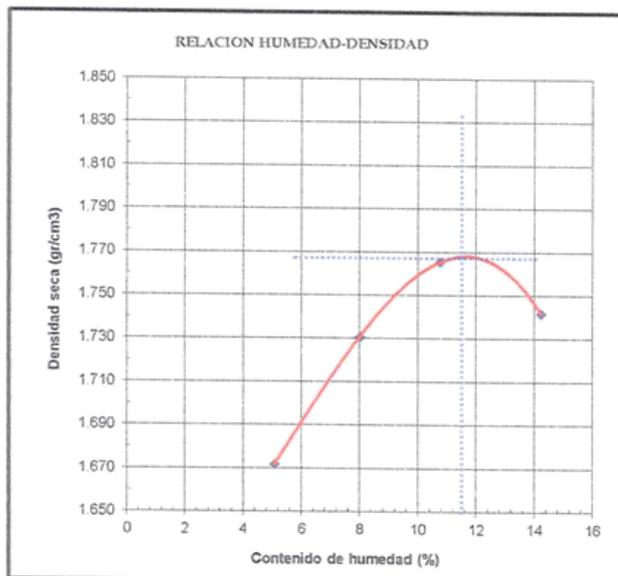
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



CLASIFICACION (SUCS) = SP  
 CLASIFICACION (AASHTO) = A-2-4 (0)  
 METODO DE COMPACTACION = ASTM D1557  
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>) = 1.768  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) = 11.60

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	20.13	0.2"	26.04
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	10.40	0.2"	15.28



# INDUCONS E.I.R.L.

Industria de la Construcción

Consultoría de Obras: C4893

R.U.C. 20445586707

Ejecución de Obras: 14066



Consultoría y Ejecución de Obras – Lab. Mecánica de Suelos y Concreto – Control de Calidad y Supervisión de Obras  
 Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Perfiles y Expedientes Técnicos - Geotecnia  
 Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales – Topografía – Sondeos Hidrogeológicos – Pruebas Hidráulicas

PROYECTO : ANALISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL Y EVALUACION ECONOMICA ENTRE UN PAVIMENTO RIGIDO, FLEXIBLE Y ADOQUINADO UTILIZANDO EL METODO ASSHTO-93, PARA LA AV. MIGUEL GRAU, TRES DE OCTUBRE, NUEVO CHIMBOTE.  
 UBICACION : INTERSECCION AV. MIGUEL GRAU – CALLE 28 DE JULIO  
 CALICATA : CALICATA C-03  
 MUESTRA : TERRENO NATURAL  
 SOLICITA : BRICENO ESTRADA CARLA NOELIA  
 FECHA : DICIEMBRE 2018

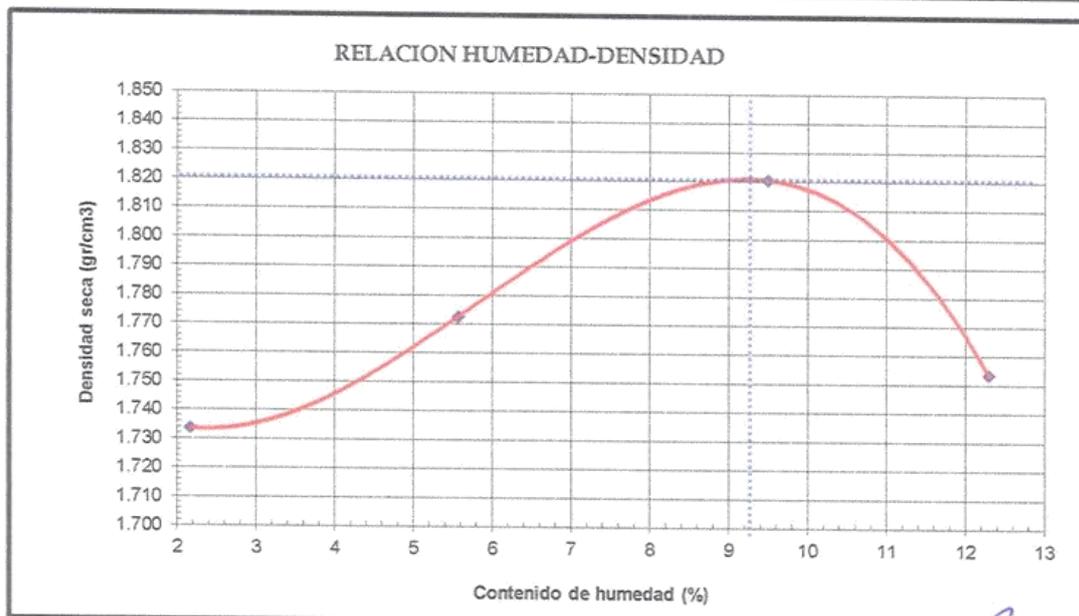
## ENSAYO PROCTOR MODIFICADO ASTM-D1557

### DENSIDAD HUMEDA

Peso suelo + molde	gr	14280.00	14602.00	14994.00	14916.00
Peso molde	gr	8591.00	8591.00	8591.00	8591.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	5689.00	6011.00	6403.00	6325.00
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	3212.00	3212.00	3212.00	3212.00
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	1.77	1.87	1.99	1.97

### CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA

Recipiente N°		1	2	3	4	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	251.430	274.850	265.000	286.980	
Peso del suelo seco + tara	gr	246.690	261.820	244.440	258.620	
Peso de la Tara	gr	27.860	27.950	27.930	27.930	
Peso de agua	gr	4.740	13.030	20.560	28.360	
Peso del suelo seco	gr	218.830	233.870	216.510	230.690	
Porcentaje de Humedad	%	2.17	5.57	9.50	12.29	
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.734	1.773	1.821	1.754	
					Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	1.820
					Humedad óptima (%)	9.30

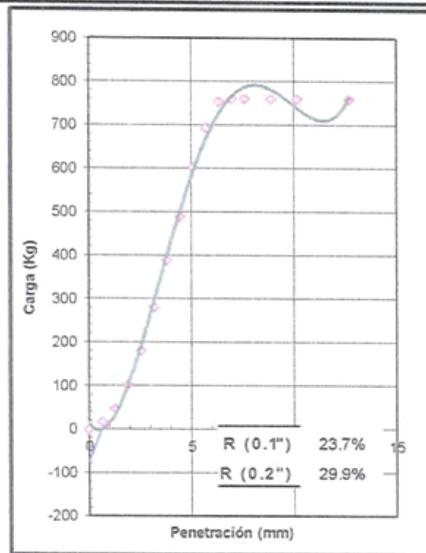




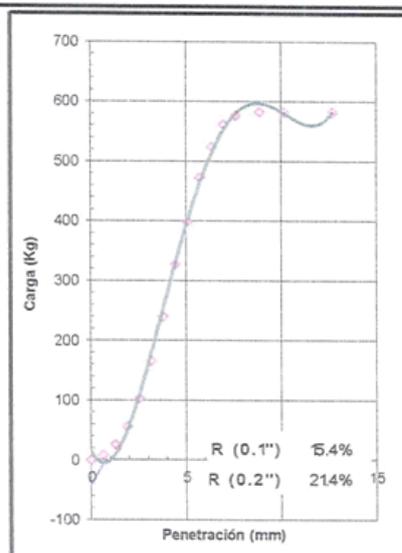
Consultoría y Ejecución de Obras – Lab. Mecánica de Suelos y Concreto – Control de Calidad y Supervisión de Obras  
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Perfiles y Expedientes Técnicos - Geotecnia  
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales – Topografía – Sondeos Hidrogeológicos – Pruebas Hidráulicas

**PROYECTO** : ANALISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL Y EVALUACION ECONOMICA ENTRE UN PAVIMENTO RIGIDO, FLEXIBLE Y ADOQUINADO UTILIZANDO EL METODO ASSHTO-93, PARA LA AV. MIGUEL GRAU, TRES DE OCTUBRE, NUEVO CHIMBOTE  
**UBICACION** : INTERSECCION AV. MIGUEL GRAU – CALLE 28 DE JULIO  
**CALICATA** : CALICATA C-03  
**MUESTRA** : TERRENO NATURAL  
**SOLICITA** : BRICENO ESTRADA CARLA NOELIA  
**FECHA** : DICIEMBRE 2018

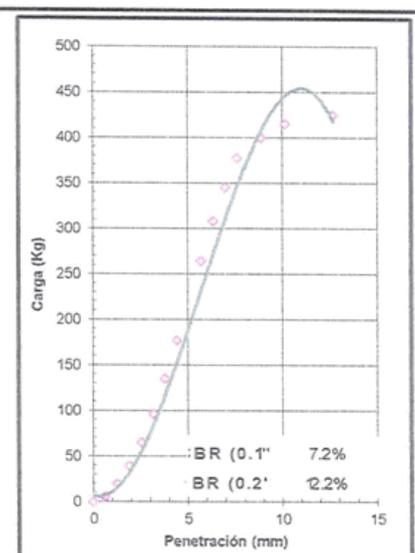
## RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) ASTM D-1883



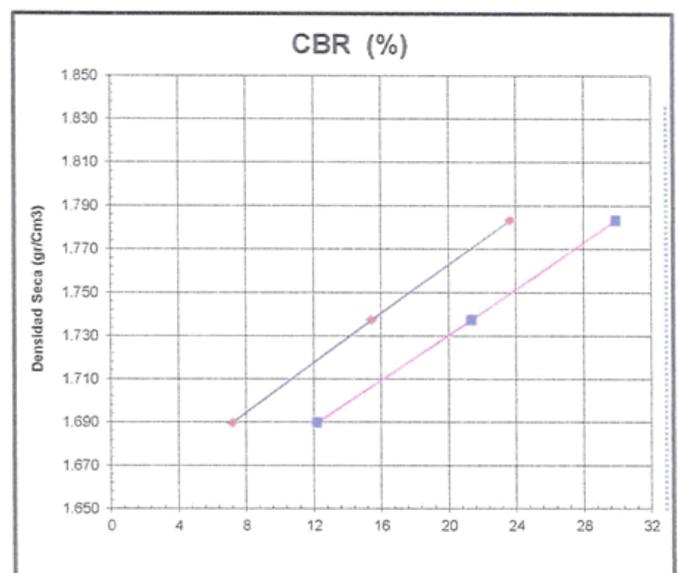
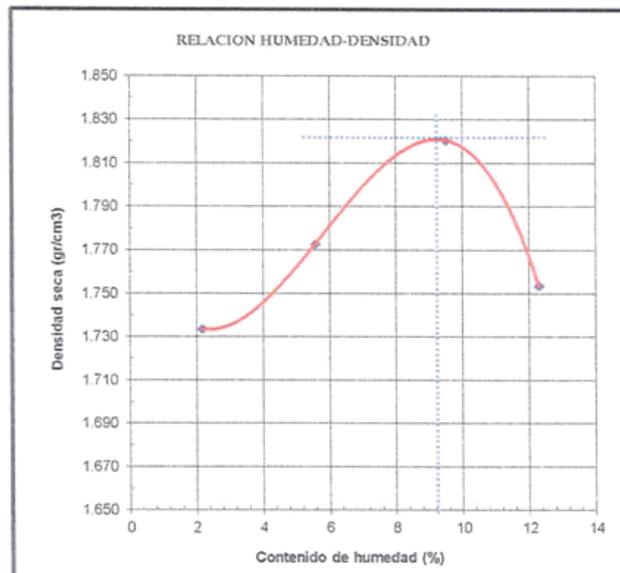
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



CLASIFICACION (SUCS) = SP  
CLASIFICACION (AASHTO) = A-2-4 (0)  
METODO DE COMPACTACION = ASTM D1557  
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>) = 1.820  
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) = 9.30

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	30.40	0.2":	36.53
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	1.396	0.2":	19.27



# INDUCONS E.I.R.L.

Industria de la Construcción

Consultoría de Obras: C4893

R.U.C. 20445586707

Ejecución de Obras: 14066



Consultoría y Ejecución de Obras – Lab. Mecánica de Suelos y Concreto – Control de Calidad y Supervisión de Obras  
Alquiler y/o Venta de Bienes en General – Prestación de Servicios Generales – Perfiles y Expedientes Técnicos - Geotecnia  
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales – Topografía – Sondeos Hidrogeológicos – Pruebas Hidráulicas

**PROYECTO** : ANALISIS COMPARATIVO DEL DISEÑO ESTRUCTURAL Y EVALUACION ECONOMICA ENTRE UN PAVIMENTO RIGIDO, FLEXIBLE Y ADOQUINADO UTILIZANDO EL METODO ASSHTO-93, PARA LA AV. MIGUEL GRAU, TRES DE OCTUBRE, NUEVO CHIMBOTE  
**UBICACIÓN** : INTERSECCION AV. MIGUEL GRAU – CALLE 25 DE JULIO  
**CALICATA** : CALICATA C-03  
**MUESTRA** : TERRENO NATURAL  
**SOLICITA** : BRICEÑO ESTRADA CARLA NOELIA  
**FECHA** : DICIEMBRE 2015

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA

Tamiz	N° 10 (%)	N° 40 (%)	N° 200 (%)	ENSAYO DE COMPACTACION		
Pasa %	95.21	79.67	2.37	Metodo	Densidad Maxima	Humedad Optima
LL / IP	NP	NP	Clasificación	SUCS =	ASSTHO = A-2-4 (0)	1.82
				SP		9.30

Molde N°	1		2		3	
Altura Molde	17.600		17.700		17.700	
Diámetro Molde	15.255		15.300		15.200	
Altura disco Espaciador	6.055		5.960		6.055	
Diámetro disco espaciador	14.965		15.025		14.935	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	antes de mojar	despues de mojado	antes de mojar	despues de mojado	antes de mojar	despues de mojado
Peso húmedo de la probeta + molde (g)	8220	8401	8939	9071	8790	8962
Peso de molde (g)	4104	4104	4830	4830	4886	4886
Peso del suelo húmedo (g)	4116	4297	4109	4241	3904	4076
Volumen del molde (cm³)	2110	2110	2158	2158	2113	2113
Densidad húmeda (g/cm³)	1.951	2.036	1.904	1.965	1.848	1.929
Recipiente (N°)	RX	RS	X1	X5	UJ	UK
Peso del Recipiente + suelo húmedo (g)	289.94	288.78	269.85	270.52	281.94	289.15
Peso Recipiente + suelo seco	267.40	254.54	248.72	238.00	260.24	251.68
Peso Recipiente	26.93	27.85	27.90	27.86	27.71	27.56
Peso de agua (g)	22.54	34.24	21.13	32.52	21.70	37.47
Peso de suelo seco (g)	240.47	226.69	220.82	210.14	232.53	224.12
Contenido de humedad (%)	9.37	15.10	9.57	15.48	9.33	16.72
Densidad seca (g/cm³)	1.783	1.769	1.737	1.702	1.680	1.653

## DETERMINACION DE LA EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%

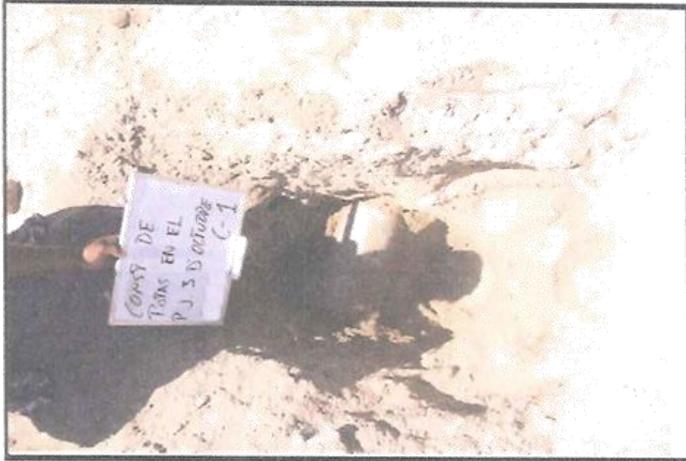
## C. B. R. FACTOR DE DEFORMACION DEL ANILLO

Penetración		Carga Estándar	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
			CARGA	CORRECCION	% CBR	CARGA	CORRECCION	% CBR	CARGA	CORRECCION	% CBR
mm.	pulg.	Kg/cm2	Kg	kg	% CBR	kg	kg	% CBR	kg	kg	% CBR
0.000	0.000		0			0			0		
0.635	0.025		17.1			8.7			6.3		
1.270	0.050		48.1			26.3			19.7		
1.905	0.075		102.9			58.1			39.6		
2.540	0.100	70.455	162.1	322.8	23.7	103.7	210.6	15.4	65.3	98.1	7.2
3.175	0.125		281.5			166.3			96.7		
3.810	0.150		389.7			240.3			135.3		
4.445	0.175		489.9			326.4			177.3		
5.080	0.200	105.68	603.2	612.2	29.9	399.8	437.1	21.4	22.2	249.8	12.2
5.715	0.225		694.6			473.0			264.6		
6.350	0.250		754.9			524.7			308.7		
6.985	0.275		780.8			562.0			345.8		
7.620	0.300		760.8			577.3			377.8		
8.255	0.325		760.8			583.2			400.1		
8.890	0.350		760.8			583.2			415.1		
9.525	0.375		760.8			583.2			425.0		



**PANEL FOTOGRAFICO**

**ZONA:** P.J. TRES DE OCTUBRE



**FOTO 01**

CALICATA C-01  
 VISTA DEL FONDO DE CALICATA SIN PRESENCIA DE NAPA FREATICA

**COORDENADAS**

Zona 770327 m E  
 17L 8991588 m S



**FOTO 02**

CALICATA C-01  
 VISTA GENERAL DE LA ZONA DE CALICATA

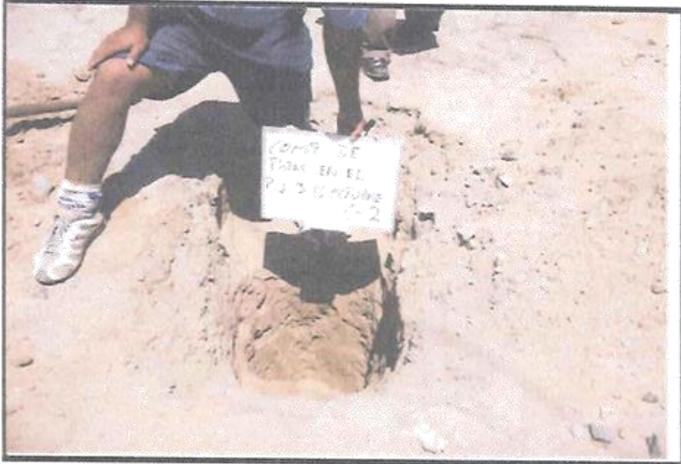
INTERSECCION AV. MIGUEL GRAU –  
 CALLE 28 DE JULIO

**OBSERVACIONES:**



**PANEL FOTOGRAFICO**

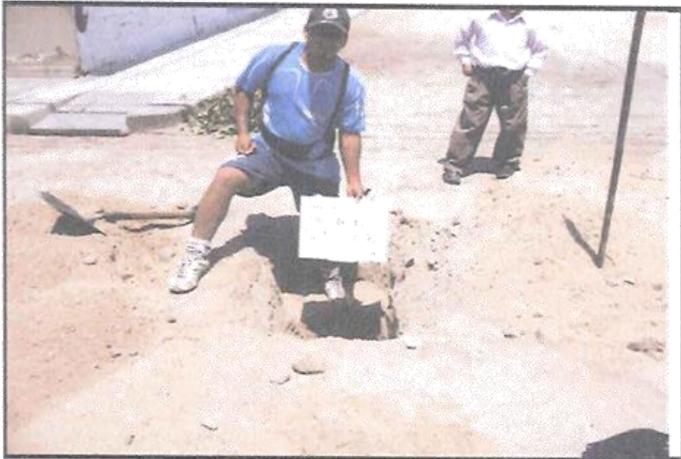
**ZONA:** P.J. TRES DE OCTUBRE



**FOTO 03**

CALICATA C-02  
 VISTA DEL FONDO DE CALICATA SIN  
 PRESENCIA DE NAPA FREATICA

**COORDENADAS**  
 Zona 770618 m E  
 17L 8991407 m S



**FOTO 04**

CALICATA C-02  
 VISTA GENERAL DE LA ZONA DE CALICATA

INTERSECCION AV. MIGUEL GRAU –  
 CALLE TUPAC AMARU

**OBSERVACIONES:**



**PANEL FOTOGRAFICO**

**ZONA:** P.J. TRES DE OCTUBRE

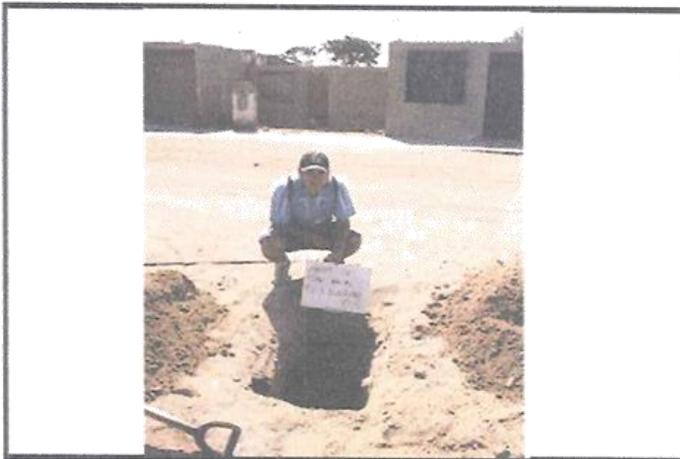


**FOTO 05**

CALICATA C-03  
 VISTA DEL FONDO DE CALICATA SIN  
 PRESENCIA DE NAPA FREATICA

**COORDENADAS**

Zona 770615 m E  
 17L 8991514 m S



**FOTO 06**

CALICATA C-03  
 VISTA GENERAL DE LA ZONA DE CALICATA

**UBICACIÓN:**

INTERSECCION AV. MIGUEL GRAU –  
 CALLE MARIANO MELGAR

**OBSERVACIONES:**

**PANEL FOTOGRÁFICO**

