



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

“Análisis comparativo de cálculo estructural vial utilizando los métodos AASHTO: empírico 1993 y mecanístico-empírico 2008, en el diseño del pavimento flexible de los jirones oriental e independencia en el distrito de Morales”

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

**AUTOR:**

Grandez Armas, Octavio (ORCID: 0000-0002-1089-1885)

**ASESOR:**

Mg. Ing. Del Águila Panduro, Artemio (ORCID: 0000-0002-5767-1804)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**TARAPOTO - PERÚ**

2017

## **Dedicatoria**

A Dios, verdadera fuente de amor y sabiduría.

A mi padre, porque gracias a él sé que la responsabilidad se la debe vivir como un compromiso de dedicación y esfuerzo, aunque ya no esté en estos momentos a mi lado.

A mi madre, cuyo vivir me ha mostrado que en el camino hacia la meta se necesita de la dulce fortaleza para aceptar las derrotas y del sutil coraje para derribar miedos.

A mis hermanos, el incondicional abrazo que me motiva y recuerda que detrás de cada detalle existe el suficiente alivio para empezar nuevas búsquedas.

A mis familiares, viejos amigos y a quienes recién se sumaron a mi vida para hacerme compañía con sus sonrisas de ánimo.

**Octavio.**

## **Agradecimiento**

Agradezco a todas las personas que de una u otra forma estuvieron conmigo, porque cada una aportó con un granito de arena; y es por ello que a todos y cada uno de ustedes les dedico todo el esfuerzo, sacrificio y tiempo que entregué a esta tesis.

A ti Papi, por ser mi apoyo espiritual, en el camino que me propuse seguir; gracias Papa por ser ejemplo de arduo trabajo y tenaz lucha en la vida.

A ti Mami, que tienes algo de Dios por la inmensidad de tu amor, y mucho de ángel por ser mi guarda y por tus incansables cuidados. Porque si hay alguien que está detrás de todo este trabajo. A mis queridos hermanos, porque juntos aprendimos a vivir, crecimos como cómplices día a día y somos amigos incondicionales de toda la vida, compartiendo triunfos y fracasos. Doy gracias a Dios porque somos hermanos.

A ti, amor de mi vida, ANITA, que has sido fiel amiga y compañera, que me has ayudado a continuar, haciéndome vivir los mejores momentos de mi vida. Gracias a ti por ser mi apoyo y mi fortaleza, por tu cariño y comprensión, porque sé que siempre contaré contigo.

**El autor.**

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
RESUMEN .....	v
ABSTRACT .....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO.....	35
2.1. Diseño de investigación.....	35
2.2. Variables y Operacionalización.....	35
2.3 Población y muestra.....	35
2.4. Método de investigación.....	32
2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	33
2.6. Método de análisis de datos.....	38
III. RESULTADOS .....	39
IV. DISCUSIÓN .....	66
V. CONCLUSIONES .....	69
VI. RECOMENDACIONES .....	70
REFERENCIAS .....	71
ANEXOS.....	74

## RESUMEN

La ciudad de Tarapoto es una de las localidades más importante de la región San Martín. Debido a los procesos migratorios de otros departamentos como Cajamarca, Amazonas, Zona norte del país y otros colindantes hacia Tarapoto; en los últimos años ha generado un crecimiento poblacional significativo que contribuye al déficit de la cobertura a los servicios de saneamiento. Se requiere en consecuencia mejorar el acceso a los servicios viales a través de proyectos de inversión elaborados con base a parámetros, metodologías y procedimientos que promuevan el desarrollo sustentable conjugando aspectos técnicos, ambientales, económicos y sociales para garantizar el bienestar de la población a través de una vida sana y digna. El presente proyecto llamado “Análisis Comparativo de Cálculo Estructural Vial Utilizando los Métodos AASHTO: empírico 1993 y Mecánico-Empírico 2008, en el Diseño del Pavimento Flexible de los Jirones Oriental e Independencia en el Distrito de Morales”, pretende contribuir en la solución de los problemas de transporte en dicho sector; poniendo en práctica nuestros conocimientos adquiridos como alumnos de la Escuela de Ingeniería Civil. A continuación, se presenta una comparación de diseños de pavimentos flexibles nuevos según el método de diseño AASHTO 93, la normativa vigente en Perú y la Guía de Diseño de Pavimentos Empírico-Mecánica M-E PDG. En la guía de diseño del proyecto M-E PDG se introduce un nuevo concepto en cuanto a los datos de tránsito se refiere: el espectro normalizado de carga por eje en reemplazo de los ejes equivalentes. Para obtener esta nueva variable se aplica la metodología propuesta en la guía utilizando la información de plazas fijas de pesaje localizadas en la Región San Martín. La variable asociada al clima se incorpora al diseño mediante la utilización de una estación climática que se ajusta a la región en estudio, creada a partir de datos de temperatura, velocidad del viento, precipitación y humedad relativa. A partir de los resultados obtenidos por los dos programas puede comentarse, como resumen, que la estructuración no varía sustancialmente, existiendo sí una diferencia en los diseños basados en los programas AASHTO 93 este no predice el comportamiento en cuanto a los deterioros se refiere, contrastando con las predicciones obtenidas mediante la guía norteamericana. A modo de comentario, cabe destacar que, en el empleo del procedimiento empírico-mecanicista, los modelos de deterioro no han sido calibrados para la realidad nacional, lo cual incide en los resultados obtenidos en este estudio.

**Palabras Clave:** Métodos AASHTO, mecánico-empírico, pavimento flexible

## ABSTRACT

The city of Tarapoto is one of the most important in the region San Martín. Due to immigration from other departments such as Cajamarca, Amazonas, northern area and other adjacent to Tarapoto, and in recent years has led to significant population growth that contributes to deficit coverage to sanitation. Accordingly is required to improve road access to services through investment projects drafted based on parameters, methodologies and procedures that promote sustainable development combining technical, environmental, economic and social to ensure the welfare of the population through healthy and dignified life. This project called "Comparative Analysis Vial Structural Calculation Methods Using the AASHTO Mechanistic-Empirical 1993 and 2008 in Flexible Pavement Design Wisps of Oriental and Independence in the District of Morales", aims to contribute in solving the transportation problems in this sector, putting into practice our knowledge and students of the School of Civil Engineering. Below is a comparison of new flexible pavement designs according to the AASHTO design method 93, the Peruvian current regulations and Pavement Design Guide Empirical-Mechanistic ME PDG. In the design guide ME PDG project introduces a new concept in data traffic is concerned: the spectrum normalized axle load equivalent replacement shafts. For this new variable applies the methodology proposed in the guide using information from fixed weigh places located in the Metropolitan Region. The climate variable associated with the design is incorporated using a weather station that fits the region under study, created from data on temperature, wind speed, cloudiness, precipitation and relative humidity. From the results obtained by the two programs can be discussed as a summary that the structure does not vary substantially whether a difference exists in the designs based on 93 AASHTO programs do not predict this behavior in terms of damage is concerned, contrasting with the predictions obtained using U.S. guidance. By way of comment, note that, in the use of mechanistic-empirical procedure, deterioration models have not been calibrated to the national situation, which affects the results obtained in this study.

Keywords: AASHTO methods, mechanistic-empirical, flexible pavement.

## **I. INTRODUCCIÓN**

Las vías de tráfico ligero son una parte importante de la red vial interurbana de nuestro país y tienen diferentes estándares tanto en términos de geometría como de calidad de la superficie. Los estándares de carreteras ligeras peruanas varían desde caminos de tierra hasta caminos de grava y estructuras de pavimento con diferentes tipos de pavimento.

Un problema clave para muchas carreteras de poco tráfico está relacionado con la calidad funcional y estructural relativamente deficiente de las aceras o superficies, lo que resulta en una mala capacidad de mantenimiento y durabilidad. Este problema está relacionado en gran medida con los limitados fondos de inversión para mejorar los estándares de este tipo de vías y los limitados fondos para su mantenimiento. Todo ello lleva a que muchas vías de poco tráfico realicen funciones con importantes limitaciones funcionales (movilidad, accesibilidad y seguridad) y elevados costes de explotación.

Otro problema asociado a este tipo de vías es la imposibilidad de realizar proyectos de ingeniería integrados para estandarizar y optimizar las soluciones de diseño. El nivel de ingeniería básica realizada para el diseño de este tipo de caminos generalmente no es del mismo nivel que los grandes proyectos de construcción de caminos, pero los recursos limitados que existen para este tipo de inversión. Proporciona una fiabilidad mínima para su proyecto. Una estrategia utilizada en algunos países desarrollados es utilizar diseños estándar para las condiciones variables que presentan las carreteras con poco tráfico.

Sin embargo, países como Gran Bretaña (1), Sudáfrica (2), Australia (3), Francia (4) y España (5) utilizan varios manuales que presentan soluciones estructurales estandarizadas en forma de guías de diseño, materiales y otros factores, se recomienda un diseño de edificio único, además de ir actualizándolos constantemente en las nuevas técnicas de diseño y así poder utilizar métodos con estándares superiores.

Los Ingenieros de la zona utilizan diferentes métodos de cálculo para diseñar pavimentos (método del instituto del asfalto, AASHTO, otros), los cuales no garantizan la durabilidad en el tiempo de la obra ya que todos estos son métodos empíricos que dan solo resultados mas no indicadores en que va a fallar la estructura propuesta.

Falta de información estadística y libre para los diseñadores de pavimentos en cuanto al comportamiento de las estructuras existentes a nivel nacional.

#### 1.1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

- Falta de una política de mejoras en la red vial local por parte de las autoridades municipales en los últimos años.
- Deterioro constante de la vía debido al tráfico mal mantenimiento y lluvias periódicas constantes.
- Incremento de la población en los últimos años.

formulación del problema

Las necesidades de definir por un diseño que asuma un método adecuado a las características de la obra que beneficie tanto en tiempo como económicamente, hace que en la presente investigación se proponga la siguiente interrogante:

¿Cuál de los métodos AASHTO, es el más adecuado para diseñar la estructura del pavimento flexible de los jirones Oriental e Independencia en el Distrito de Morales?

Justificación del Problema

Justificación teórica.

Con el proyecto de investigación pretendemos validar los principios teóricos de los métodos AASHTO, aplicados al cálculo estructural vial en zonas urbanas y con ello demostrar que estos fundamentos teóricos se pueden desarrollar y aplicar a la realidad.



### Justificación práctica

Esta investigación permitirá desarrollar cómo y en qué medida solucionará los problemas estructurales de los pavimentos flexibles en la zona de estudio, evitando que dicho pavimento se deteriore en un corto tiempo, garantizando obras seguras y duraderas para dotar de mejores condiciones de vida para los pobladores del lugar.

### Justificación social.

El desarrollo de esta investigación contribuirá a mejorar las condiciones de viabilidad de la zona de estudio, cuyos resultados podrán ser extensibles a otras obras de la comunidad, contribuyendo así al desarrollo integral de la sociedad.

### Limitaciones

Los métodos de diseño considerados en el análisis, han sido calibrados para ciertas condiciones climáticas, las cuales difieren con respecto a las de nuestro país.

### Hipótesis

El método más adecuado para realizar el diseño y análisis estructural en los Jirones Oriental e Independencia en el Distrito de Morales, es el método Mecánico – Empírico AASTO 2008 MEPDG.

### Objetivos

#### Objetivo General

Comparar los métodos de diseño AASHTO: Empírico 1993 y Mecánico - Empírico 2008, para el diseño de pavimentos flexibles sobre la base real de una obra de pavimentación.

### Objetivos Específicos

- ✓ Determinar la capacidad portante de los suelos en la zona destinada para la obra.
- ✓ Identificar los parámetros o variables más incidentes en cada uno de los métodos de diseño para estructuras de pavimento flexible.
- ✓ Realizar el diseño estructural del pavimento, aplicando los dos métodos de cálculo en estudio.
- ✓ Recomendar el método de diseño de estructuras de pavimento flexible más adecuado a los requerimientos técnicos de la obra.

El tema en desarrollo del proyecto es de ámbito Internacional, Nacional y Local, tiene los siguientes antecedentes, que van a servir para comparar las propuestas, resultados y ser de utilidad para la población.

#### A nivel internacional

Cornejo & Velásquez (2009) análisis comparativo entre métodos de diseño de estructuras de pavimento rígido” Con base en los resultados del análisis de sensibilidad del módulo de falla del concreto sobre el espesor de la losa, se puede asumir que valores superiores a 42 kg/cm<sup>2</sup> producirán espesores menores utilizando la metodología AASHTO, edición 1993. Usando la versión PCA de 1984 de la metodología, estos espesores permanecen constantes. Sin embargo, en este último caso, aumentar el módulo no aumenta la capacidad portante del pavimento. Sin embargo, cuanto mayor sea la resistencia, mejor será la durabilidad. Con base en las recomendaciones anteriores y en el documento "Guía para la Construcción de Pavimentos de Concreto y Cimientos de Concreto" ACI 325.9R, se recomienda un valor de módulo de ruptura de 45 kg /cm<sup>2</sup> o mayor al diseñar y construir losas de concreto. Del mismo modo, la agencia recomienda que las propiedades de los materiales disponibles permitan el uso de una resistencia a la flexión mínima de 42 si existen problemas económicos para lograr esta resistencia.

#### A nivel nacional

Flores & Ruíz (2005) “pavimentación del sector los jazmines” Los resultados obtenidos en el laboratorio de suelos, con respecto a las muestras de suelo y al estudio de la cantera de Huanchaco, nos indican que en la clasificación SUCS, pertenecen al grupo SM y en la clasificación AASHTO pertenecen al grupo A-3, estas clasificaciones cumplen con los requerimientos de las especificaciones técnicas, quedando habilitado para su utilización en la pavimentación.

Se diseñó a través del método AASHTO debido a la sencillez y rapidez para obtener estos parámetros en el campo y que además están relacionadas entre sí como son: El índice de tráfico, tipos de suelos, clase de vehículos y las especificaciones técnicas recomendadas en el Perú. La mezcla asfáltica a emplearse en la ejecución de este proyecto será mezcla en frío por la facilidad en la elaboración de la mezcla y por el bajo costo que representaría los insumos a emplearse. La visibilidad de parada y de sobre paso están aseguradas por la presencia de calles cortas y uniformidad de sus pendientes.

A nivel local.

E. Flores (2009) : “Diseño de pavimento flexible del jirón José Olaya” Las propiedades del asfalto pueden tener un impacto significativo en el comportamiento de deformación plástica de las mezclas asfálticas de alta temperatura. Las mezclas que contienen el mismo tamaño de grano y tipo de agregado pétreo, con el mismo contenido de asfalto y porosidad, pueden o no ser resistentes a la deformación plástica, dependiendo de las propiedades del ligante asfáltico agregado. mezcla a pesar de que tenía una penetración similar. La porción elástica del ligante asfáltico contribuye al aumento del comportamiento elástico de la mezcla. Los ligantes también tienen un gran impacto en el componente viscoso, aumentando este componente debido a su mayor presencia en la mezcla.

Analizando el efecto de diferentes composiciones granulométricas sobre la susceptibilidad a la deformación de las mezclas asfálticas, la curva granulométrica superior, es decir, las mezclas con mayor contenido de finos de H. se comportaron mejor que las preparadas con curvas granulométricas inferiores. con menos multas. Esto hace que la mezcla sea más densa cuando se compacta.

Gatica V. (2007) “diseño de pavimento flexible del jirón Perú tercera cuadra”. Se logró el diseño del pavimento flexible del jirón Perú tercera cuadra a nivel de carpeta asfáltica en frío con un porcentaje en peso de 5.54 % de RC (diluido en 20 % de kerosene) y 94.46 % de agregados del Río Huallaga, de los cuales el 48 % es piedra y el 52 % es arena, obteniéndose un volumen de componentes por metro cuadrado de carpeta asfáltica de 0.033 m<sup>3</sup> de piedra, 0.035 m<sup>3</sup> de arena y 7 litros de RC-250

Comprobando la pavimentación de asfalto en caliente con asfalto en frío se reduce los costos de producción en S/. 17.42 por m<sup>2</sup>, sin considerar el ahorro por los gastos indebidos de combustible que se utiliza para derretir el cemento asfáltico solo para asfaltar dos o tres cuadras en asfalto en caliente. En este diseño de pavimento, se puede tomar como referencia para trabajos futuros en condiciones similares, lo cual permitirá brindar un nivel de servicio seguro, económico y funcional.

Las oficinas de infraestructura de los Distritos municipales de nuestra Provincia, estuvieron tomando como opción de pavimentos el tratamiento superficial sin tener en cuenta el tipo de tránsito, motivo por el cual no están siendo duraderos. El tratamiento superficial es el más económico, pero solo se utiliza para tránsito liviano; mientras que la mezcla asfáltica en frío se utiliza desde tránsito liviano hasta tránsito pesado y es conveniente para las vías de nuestra Localidad. La pavimentación con asfalto en frío es menos contaminante que los procedimientos en caliente y no origina desperdicios.

Teorías relacionadas al tema:

## TOPOGRAFÍA

Es la medición de la superficie de la tierra utilizando la geodesia y representado en un papel a escala, denominado planos topográficos.

Los levantamientos topográficos representan la determinación de la morfología del suelo y los accidentes en el sitio del proyecto y deben realizarse utilizando instrumentos de precisión como teodolitos, estaciones totales, etc. y niveles topográficos.

### **Levantamiento Planimétrico:**

Los levantamientos planimétricos se realizan para determinar la configuración de la superficie del terreno en planta, localizando los accidentes naturales y artificiales; mediante la medición de ángulos y distancias.

#### **a). Levantamiento Planimétrico por Radiación:**

Estacionando el teodolito en un punto conveniente dentro de la poligonal, desde la cual puede verse todos los puntos que interesan situar. Se mide la distancia de la estación a cada punto visado y se anota el ángulo horizontal correspondiente (medido en sentido horario). Además, se mide y se anota el azimut de cualquier punto a partir de la primera estación para empezar el trabajo, poniendo el teodolito en un ángulo de  $00^{\circ}00'00''$  con un jalón.

#### **b). Levantamiento Planimétrico por Taquimetría:**

Por medio de la taquimetría se puede determinar en forma indirecta distancias horizontales y desniveles, se aplica el método cuando las características del terreno son tales que no permitan el uso de la wincha y del nivel; el procedimiento se realiza de la forma siguiente:

Estacionado el teodolito a partir del cual se va a realizar el levantamiento, se mide la altura del instrumento con la mira, desde el nivel del terreno natural hasta el nivel medio del anteojo, dicha medida de la altura instrumental se marca en la mira. Luego se hace una vista atrás al BM, con el anteojo en forma horizontal.

Posteriormente el portamira va colocando la mira en los cambios de pendiente del terreno, en cada estación de la mira se hace coincidir el hilo central estadimétrico del anteojo del teodolito con la señal marcada en la mira (altura del instrumento), luego se realiza las siguientes lecturas:

1. Hilo estadimétrico superior (HES)
2. Hilo estadimétrico Inferior (HEI)
3. Ángulo vertical ( $\alpha$ )

#### 4. Ángulo horizontal

##### FÓRMULAS:

$$Di = (HES - HEI) \times 100$$

Di = Distancia inclinada

Para Teodolitos Verticales:

$$DH = DI \times \cos^2 \alpha$$

$$DV = DH \times \operatorname{Tg} \alpha$$

Para Teodolitos Cenitales:

$$DH = DI \times \operatorname{SEN}^2 \alpha$$

$$DV = DH \times \operatorname{Cotg} \alpha$$

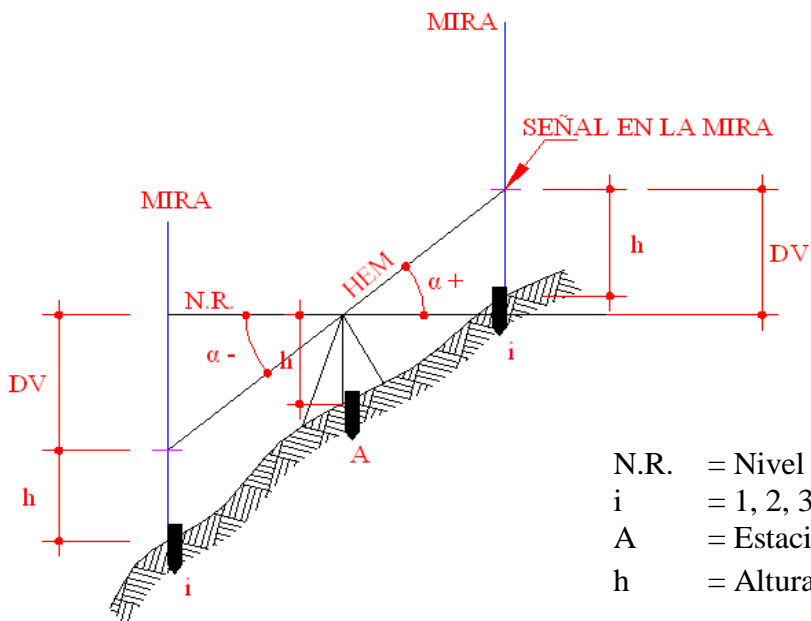
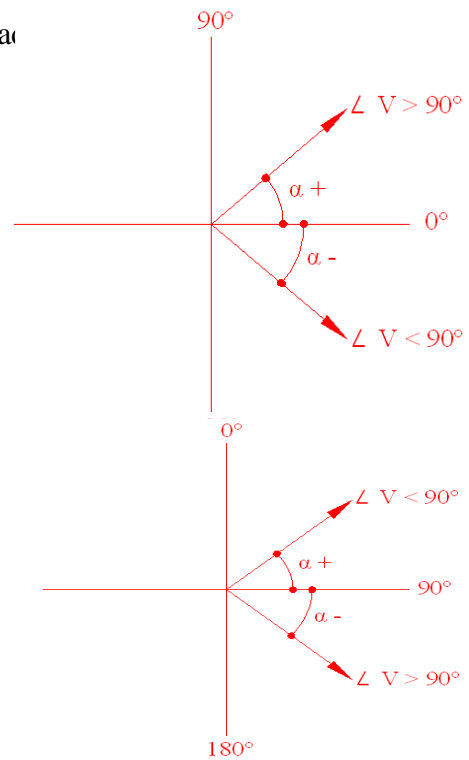
Para ambos casos:

Di = Distancia Inclinada

DH = Distancia Horizontal

DV = distancia vertical o diferencia de nivel

$\alpha$  = Ángulo vertical leído con el teodolito



- N.R. = Nivel de Referencia
- i = 1, 2, 3, 4, 5, ....
- A = Estación
- h = Altura del Instrumento

$$\text{COTA } i = \text{Cota de Estación} \pm DV$$

<b>ÁNGULO DEL TERRENO A LA HORIZONTAL</b>	<b>TIPO DE TOPOGRAFÍA</b>
0° A 10°	Llana
10° a 20°	Ondulada
20° a 30°	Accidentada
Mayor a 30°	Montañosa

Tabla. Clasificación topográfica de un terreno

## **GEOTÉCNIA Y SUELOS**

Se refiere a la determinación de las condiciones de calidad y estabilidad de los suelos.

Los estudios de suelo y los ensayos de laboratorio de los diversos materiales utilizados en la capa de pavimento juegan un papel muy importante a la hora de evaluar los pavimentos existentes. Esto se debe a que brinda información valiosa para la toma de decisiones sobre el estado de los pavimentos donde se encuentran los materiales de construcción de pavimentos.

Para obtener información mecánica del suelo, se deben realizar experimentos de campo y laboratorio para determinar su distribución y propiedades físicas. Un estudio de suelo debe incluir:

### **Trabajos de Campo:**

- Reconocimiento
- Excavación de calicatas
- Toma de Muestras

### **Pruebas en Laboratorio:**

- Cuarteo de la Muestra
- Secado de la Muestra
- Pesado de los Materiales
- Determinación del peso específico
- Prueba del contenido de Humedad
- Análisis granulométrico
- Límites de Atterberg

Dichos análisis nos permitirán determinar la clasificación general de los suelos, según las normas SUCS Y ASSHTO.

### **Trabajos de Campo:**

- **Reconocimiento:**

Etapa en la que se recopila la información básica del terreno, para lo cual nos ubicamos en la zona en que vamos a realizar los estudios y hacemos un recorrido del área.

Esta fase de reconocimiento es muy importante porque recorriendo el lugar vamos a tener una idea clara y precisa de cómo es el suelo en su superficie.

**Según la norma técnica Peruana CE. 010 Pavimentos Urbanos**, el número de puntos de investigación será de acuerdo con el tipo de vía según se indica en la siguiente tabla.

TIPO DE VÍA	NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACION	ÁREA (m <sup>2</sup> )
Expresas	1	1000
Arteriales	1	1200
Colectoras	1	1500
Locales	1	1800



Los puntos topográficos se colocan preferentemente en las intersecciones y los puntos intermedios se pueden utilizar para crear estratigrafía a lo largo de las calles. La profundidad mínima de reconocimiento es de 1,50 m por debajo de la cuota final del camino.

Estas excavaciones nos permiten observar en el sitio las distintas variaciones de la estratigrafía del terreno, la presencia de capa freática y medir los espesores de las capas de los distintos tipos de suelos.

**Determinación del perfil del suelo:** Después de excavar el pozo de prueba, se determina la cantidad y extensión de los diferentes tipos de suelos, su estratificación y la determinación del nivel freático. Lógicamente, la ubicación, profundidad y número de excavaciones deben ser tales que se puedan detectar cambios significativos en la calidad del suelo.

▪ **Toma de muestras de las diferentes capas de suelos:**

En cada perforación se debe tomar una muestra representativa de las diversas formaciones encontradas. Hay dos tipos de muestras: modificadas y no modificadas.

Estas muestras se obtienen cortando un pedazo de suelo de 15x15x15cm y cubriéndola con tres capas de parafina, aplicada con brocha con un espesor de 1/8", y luego se coloca en cajas de madera empaquetadas para su transporte al laboratorio.

En carreteras, se recomienda perforar a intervalos de 350-600 m, dada la similitud de material de una de las excavaciones existentes. Generalmente, las muestras obtenidas se utilizan para determinar las propiedades y clasificación de los materiales extraídos a través de las siguientes pruebas.

- Peso Específico
- Humedad natural
- Granulometría
- Límites de consistencia.

**Pruebas en Laboratorio:**

- **Cuarteo de la Muestra:**

Es el proceso de reducir una muestra representativa a un tamaño conveniente, o dividir una muestra en dos o más muestras chicas para las pruebas.

▪ **Secado de la Muestra:**

Todas las muestras que se usan en las pruebas deben secarse ya sea al aire o a la estufa mediante el siguiente procedimiento:

- a. **Secado al aire:** Para secar al aire un material de suelo se coloca en vasijas o se esparce en una lona y se pone directamente bajo los rayos del sol o de una corriente de aire. Si se agita o remueve frecuentemente la muestra se acelera el secado.
- b. **Secado en la estufa:** Para secar las muestras en la estufa coloque el suelo en una vasija destapada y consérvese la temperatura entre 105 a 130° C. Algunas muestras se secan en pocas horas, otras requieren estar en la estufa toda la noche. No debe colocarse la muestra muy junto a la llama.

▪ **Pesado de los Materiales:**

Es el proceso por el cual se determina el peso de las muestras de suelos utilizando las balanzas de precisión. Debe usarse la que más convenga para cada pesada, dependiendo del peso del objeto y de la precisión que se necesite.

▪ **Determinación del Peso específico:**

Es llamado también peso real del suelo o peso específico de las partículas sólidas y el volumen del mismo. El peso específico se expresa generalmente en forma de peso específico relativo de los sólidos del suelo o densidad.

a). **Aparatos Necesarios:**

- Balanza de torsión
- Estufa
- Fiola de capacidad 1 Litro
- Plato

**b).Procedimiento:**

1. Previo chancado el material se cuartea y se pasa por la malla de 3/8”.
2. Secar en la estufa aprox. entre 50 a 150 gramos de la muestra de suelo por espacio de 24 horas a 105°C.
3. Pese la vasija de volumen constante con la aproximación de 0.1g., Esto es (Peso de Fiola).
4. Coloque la muestra secada a la estufa en la vasija y pese con la aproximación de 0.1g., Esto es (Peso de fiola + Suelo seco).
5. Agréguese agua, para llenar más o menos la mitad de la vasija. Hacer hervir suavemente en la estufa durante 30 minutos por lo menos; durante el proceso se debe dar un sacudimiento discontinuo, en caso de que se presente materia orgánica eliminar esto con un papel.
6. Quite la vasija de la estufa y sumerja en un plato lleno de agua y que tenga la temperatura de la habitación. Deje que se enfríe.
7. Quite la vasija del baño, seque con una toalla la parte exterior y cuidadosamente llene con agua hasta el borde (1000ml.). Pese con la aproximación de 0.1g. Esto es (Peso de Fiola + Suelo + Agua).
8. Vacíe el contenido de la vasija, lávela y llene con agua hasta la marca de 1000ml. Seque la parte exterior de la fiola y pese con la aproximación de 0.1g. Esto es (Peso de fiola + Agua)
9. Calcule el peso específico con la expresión:

<b>Peso Específico =</b> $\frac{\text{Peso del suelo seco}}{(\text{Peso Suelo seco}) + (\text{Peso Fiola + Agua}) - (\text{Peso Fiola + Suelo + Agua})}$
--

**▪ Prueba de Contenido de Humedad:**

La humedad o contenido de agua de una muestra de suelo es la relación entre el peso del agua en la muestra y el peso de la muestra secada al horno, expresada como porcentaje.

**a).Aparatos Necesarios:**

Balanza electrónica

Estufa

Espátula

Tarros de metal

### b).Procedimientos:

1. Limpie, seque y pese los tarros de metal con la precisión de 0.01g. y anote este peso en la hoja respectiva. Esto será (**Peso del tarro o tara**)
2. Pese la muestra húmeda aprox. 50g. con el tarro con la precisión de 0.01g. Esto será (Peso de la muestra húmeda + Tarro)
3. Coloque la Tarros en la estufa para que se seque la muestra a una temperatura de 110° C. por espacio de 24 horas.
4. Sáquela de la estufa y póngala a un lado para que se enfríe a la temperatura de la habitación.
5. Pese el tarro con la muestra seca con una precisión de 0.01g. y anote el peso en la hoja respectiva. Esto será (Peso de la muestra seca + Tarro).
6. Calcule la humedad contenida con las siguientes expresiones:

$$\text{Peso del agua} = (\text{Peso de la muestra húmeda} + \text{Tarro}) - (\text{Peso de la muestra seca} + \text{Tarro})$$

$$\text{Peso de la muestra seca} = (\text{Peso de la muestra seca} + \text{Tarro}) - (\text{Peso del Tarro})$$

$$\% \text{ Humedad Contenida} = 100 \times \text{Peso del Agua} / \text{Peso de la muestra seca al horno}$$

Tabla 1. Límites de tamaño de suelos separados

Nombre de la organización	Tamaño del grano (mm)			
	Grava	Arena	Limo	Arcilla
Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT)	>2	2 a 0.06	0.06 a 0.002	<0.002
Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA)	>2	2 a 0.05	0.05 a 0.002	<0.002
Asociación Americana de Funcionarios del Transporte y Carreteras Estatales (AASHTO)	76.2 a 2	2 a 0.075	0.075 a 0.002	<0.002
Sistema unificado de clasificación de suelos (U.S. Army Corps of Engineers; U.S. Bureau of Reclamation; American Society for Testing and Materials)	76.2 a 4.75	4.75 a 0.075	Finos (limos y arcillas) <0.075	

Tabla. Límites de tamaño de suelos separados

#### ▪ Análisis Granulométrico:

Este es el proceso de determinar la distribución del tamaño de las partículas del suelo. La distribución del tamaño de las partículas de los suelos gruesos generalmente se determina mediante el análisis del tamaño de la malla. Para

suelos de grano fino, la distribución del tamaño de las partículas se puede obtener por sedimentación utilizando análisis de gravedad específica.

**a. Aparatos Necesarios:**

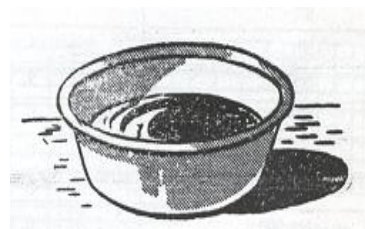
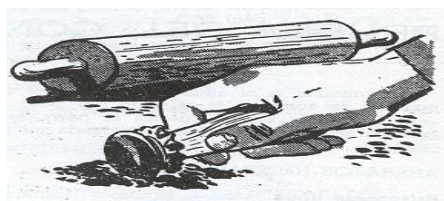
Balanza electrónica	Platos o vasijas chatas
Juego de Mallas portátiles	Estufa
Brocha de pintor	Balanza triple brazo
Rodillo de madera	Triturador de goma

La cantidad de muestra para el ensayo depende del tipo de suelo:

<b>Suelo fino</b>	100 – 200g
<b>Suelo arenoso</b>	200 – 500g
<b>Suelo gravoso</b>	1000 – 3000g

**b. Procedimiento:**

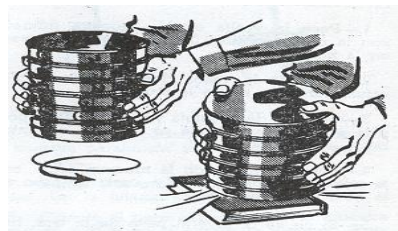
1. Secar la muestra a la estufa
2. Pesar la muestra después que se ha enfriado y anotar su peso con la aproximación de un gramo.
3. Romper todos los terrones con el rodillo de ejes, pasando sobre el material en una superficie limpia y suave. Pulverizar completamente el material fino con el triturador de goma.



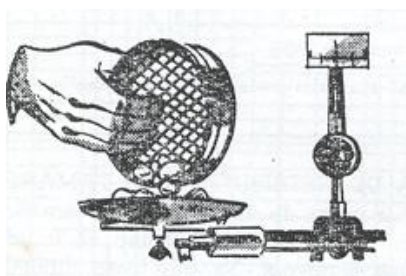
4. Poner la muestra en un plato y echar agua hasta que la cubra completamente y dejarla que se remoje hasta que se desintegre, para esto puede necesitarse de 2 a 24 horas.

5. Agitar la muestra con los dedos y luego vaciar cuidadosamente el agua sucia a través de la malla N° 100 o la N° 200. Debe cuidarse de no votar ninguna de las partículas visibles que están en el fondo del plato.
6. Agregar agua fresca a la vasija y repetir la operación de lavado hasta que el agua salga clara. Las piedras grandes pueden lavarse separadamente y colocarse en una vasija aparte.

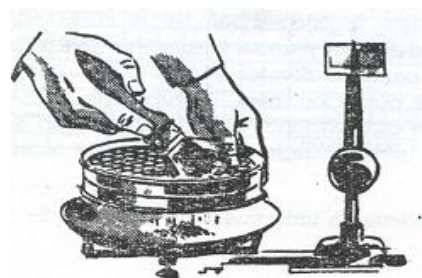
7. Secar la muestra en la estufa a 110°C incluido el material retenido en la malla N°100 o 200 si es que lo hubiera por espacio de 24 horas y luego volver a pesar.



8. Poner la muestra en las mallas las de mayor abertura arriba y las más finas abajo en el siguiente orden especificado: (2", 1½", 1", ¾", ½", ⅜", ¼", N°4, N°6, N°8, N°10, N°20, N°30, N°40, N°50, N°60, N°80, N°100, N°200), y el plato de las mallas en el fondo. Colocar la tapa en la parte superior y agitar todo el conjunto vigorosamente por un movimiento de rotación horizontal. Las mallas pueden golpearse ligeramente de vez en cuando sobre un cuerpo suave como una revista. No debe golpearse directamente sobre la banca o la mesa porque puede dañarse las mallas. El tiempo que debe agitarse depende de la cantidad de material fino que tenga la muestra, pero no debe ser menos de 15 minutos para la mayoría de los suelos de grano fino.



9. Poner el material retenido en las mallas de mayor tamaño al platillo de la balanza y pesar con la aproximación de 5 g. Anotar el tamaño de la partícula. Colocar este material en una



vasija aparte y guardarlo hasta que termine la prueba.

10. Repita el procedimiento sucesivamente con todas las mallas de menor tamaño. Las partículas o piedras que son atrapadas en los alambres de las mallas no deben forzarse a pasar a través de ellas, sino que deben quitarse con las manos y agregarse a la fracción retenida antes de pesarla. Las mallas más finas deben voltearse sobre el platillo de la balanza y limpiarse con la brocha.
11. La diferencia de peso entre el peso de la muestra original secada a la estufa y la muestra lavada y secada a la estufa se añade al peso del material retenido en el plato para determinar el peso del material que pasa la malla N° 200.
12. Obtener la suma de los pesos del material retenido en cada malla y controlar este peso total con el peso de la muestra seca después de lavar.
13. Si el error excede del 1% volver a pesar cada fracción y repetir la prueba. Si el error es menor del 1% sumar el valor numérico del error al peso de la fracción de mayor tamaño.
14. Con los pesos de suelos retenidos en cada malla, se determina los porcentajes parciales respecto al peso de la muestra de suelo antes de lavar.
15. Dibujar la curva de distribución del tamaño de las partículas de suelo en un papel, la cual el eje de las ordenadas a escala aritmética, representa a los porcentajes retenidos en las diferentes mallas; el eje de las abscisas representa a escala logarítmica la abertura en mm., de las diferentes mallas. La calidad de la gradación de un suelo se determina con la curva granulométrica y se evalúa en base a dos parámetros.

**Arena Gruesa : 5.2 de Cu**

**Arena Media : 4.2 de Cu**

**Arena Fina : 2.2 de Cu**

A) Coeficiente de Uniformidad (Cu)

Propuesto por Allem Hazen como una medida simple de la uniformidad del suelo.

$$\mathbf{Cu = D_{60} / D_{10}}$$

Dónde:

$D_{60}$  = 60% del diámetro de las partículas en la granulometría.

$D_{10}$  = Diámetro efectivo, es el 10% del diámetro de las partículas en la granulometría.

B) Coeficiente de Curvatura ( $C_c$ )

Es un dato complementario, necesario para definir la graduación y está dado por la expresión.

$$C_c = (D_{30})^2 / (D_{60})(D_{10})$$

Dónde:

$D_{30}$  = Se define análogamente que  $D_{10}$  y  $D_{60}$  anteriores.

Tanto  $D_{10}$ ,  $D_{30}$  y  $D_{60}$  son valores que se obtienen de la curva granulométrica.

### Curva de distribución granulométrica

Figura 1. Curvas de distribución del tamaño de partículas (curvas granulométricas)

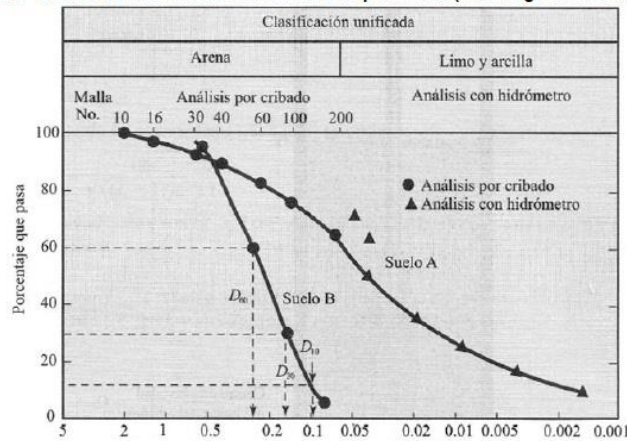


Gráfico N° 2.0.- Curva de Distribución Granulométrica

**Limite líquido (LL):** Se define como el contenido de agua de un suelo de grano fino con una resistencia al corte de aproximadamente 25 g/cm<sup>2</sup>.

a. Aparatos requeridos:

Copa de Casagrande

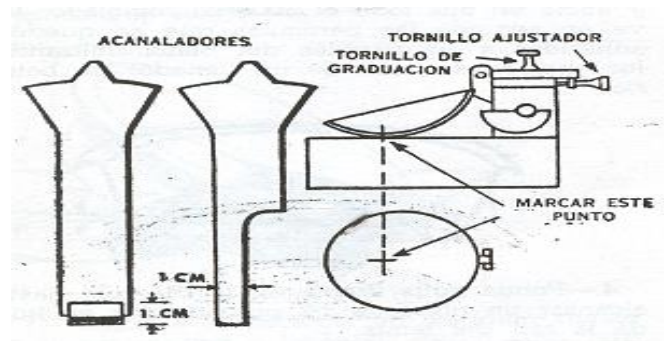
Acalanador



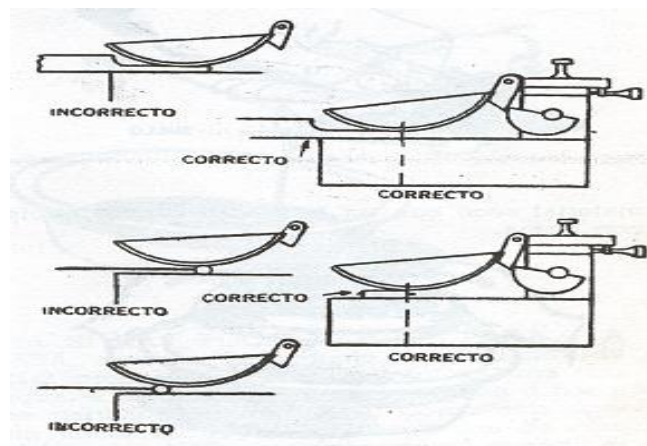
Espátula	Cápsula de porcelana
Estufa	Tarros de metal
Malla N°40	Gotero o pipeta
Balanza electrónica	Triturador de goma

**b. Ajuste de la Copa de Casagrande para límite líquido:**

Antes de usar la copa de casagrande debe calibrarse, de modo que la copa, en la cual se coloca el suelo, caiga exactamente desde un centímetro. El mango del acalanador tiene un espesor de un centímetro, para facilitar la medida de esta distancia.



1. Retire la copa del artefacto y haga con el lápiz una cruz (aspa) en el centro de la mancha brillante causada por los golpes de la copa en la base
2. Vuelva a colocar la cápsula en el artefacto y gire el manubrio hasta que este alcance su punto más elevado.
3. Introduzca el calibrador y controle la distancia de la marca del lápiz a la base, tal como se indica.



Afloje el tornillo de cierre y gire el tornillo de ajuste hasta que la distancia sea exactamente de un centímetro.

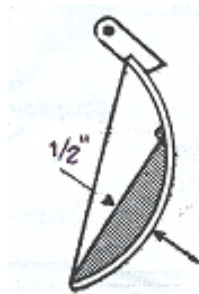
**c. Preparación de la muestra:**

Teniendo la muestra chancada con el rodillo se debe cuartear hasta llegar a un aproximado de 1 kilogramo. Las pruebas de límite de Atterberg se hacen solamente con la fracción de suelo que pasa la malla N°40. La separación del material se hace en esta malla por tamizado.

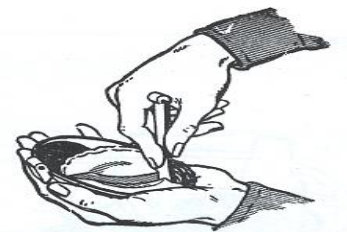
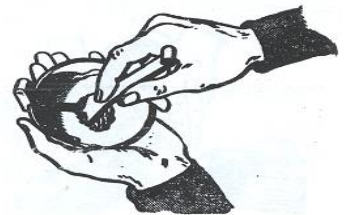


**d. Procedimiento:**

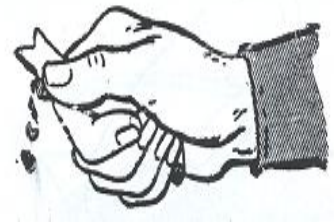
1. Colóquese la muestra de suelo entre 150 a 200 gramos en la cápsula de porcelana y Mezcle con agua hasta que su consistencia sea la de una pasta uniforme y muy densa. Cúbrala con un papel o tela húmeda y déjala en reposo por un periodo no menor de una hora.
2. Transcurrido el tiempo vuelva a homogeneizar la muestra con una espátula tan completamente como sea posible para que el material tenga la misma consistencia de una pasta uniforme y densa.
3. Transfiera de la cápsula donde se hizo la mezcla a la copa de Casagrande para la prueba de límite líquido, la cantidad suficiente de material para llenarla hasta su tercera parte.



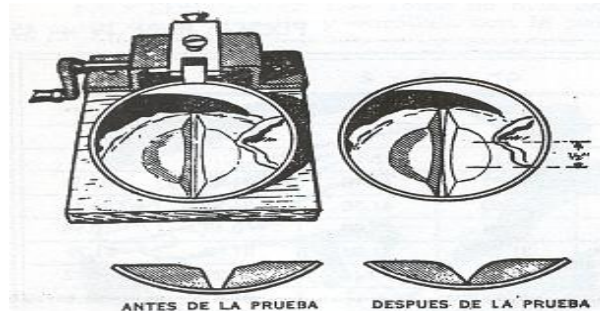
4. Sostenga la copa de Casagrande y use la espátula para mezclar y extender el material, formando una pastilla alisada de cerca de 1/2" de profundidad en su centro.



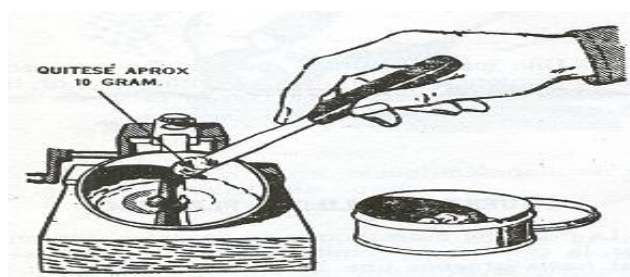
5. Coloque la punta del acanalador sobre la superficie de la pastilla de suelo, manteniéndola perpendicular a la superficie de la copa de casagrande.
6. Tire hacia abajo y de modo continuo el acanalador, en el centro de la pastilla y a lo largo de una línea que se extiende desde el punto medio del asa de la copa. Tenga cuidado, al mismo tiempo, de ir volteando ligeramente el acanalador sin modificar su posición perpendicular a la superficie del fondo.
7. Saque el acanalador y límpielo, frotando el borde cortante con el dedo pulgar. Si esta operación se deja para más tarde y el suelo se llega a secar en el acanalador, se pierde tiempo para limpiarlo.



8. Estando la base donde golpea la cápsula del artefacto, limpia y seca y la altura de caída convenientemente ajustada, gire el manubrio a razón de 2 vueltas por segundo y cuente el número de golpes necesarios para juntar los bordes de la muesca, 1/2" en su fondo.



**Nota:-** Si la acanaladura no se cierra 1/2" entre los 25 y 35 golpes, retire la muestra de la copa de casagrande y colóquela en la cápsula de porcelana, agréguele agua de 1 a 3ml o muestra seca y vuelva a mezclar, hasta obtener la consistencia comprendida dentro de ese estado. Teniendo en consideración que a mayor cantidad de golpes menor será el contenido de humedad y viceversa.



9. Obtenida el resultado deseado en el ensayo, saque aproximadamente 10g de material de la porción de la acanaladura que se cerró; coloque este material en un tarro de metal y pésele.
10. Realizar otros dos ensayos con la consideración del contenido de humedad y consistencia del suelo para obtener resultados entre 20-30 y 15-25 golpes. Repitiendo los pasos ya mencionados para el ensayo.
11. Los tarros con las muestras de las pruebas óptimas deben secarse en la estufa a 105°C por un espacio de 24 horas, para luego transcurrido el tiempo y con las muestras frías a temperatura ambiente, realizar el pesado respectivo de las muestras de suelo y los tarros de metal numeradas apropiadamente.
12. Calcule el contenido de humedad del suelo, expresándolo como porcentaje del peso del suelo secado en la estufa, como sigue:

$$\% \text{Contenido de Humedad} = 100 \times \text{Peso del Agua} / \text{Peso de la muestra seca al horno}$$

13. Dibuje una curva de flujo que represente la relación entre el contenido de humedad del vidrio Casagrande y el número correspondiente de golpes en papel semilogarítmico. Trace el contenido de humedad en el eje vertical de la escala aritmética y el número de golpes en el eje horizontal. escala logarítmica. Una curva de flujo es una línea recta promedio que pasa por tres o más puntos trazados con la mayor precisión posible.
14. El límite líquido toma el contenido de agua correspondiente a la intersección de la curva de flujo y la ordenada de 25 rayas como el límite líquido del suelo y aproxima este valor a un número entero.

**Límite de contracción (SL):** La masa del suelo se está reduciendo a medida que la humedad del suelo se pierde gradualmente. A medida que continúa perdiéndose agua, se alcanza un estado de equilibrio en el que una mayor pérdida de agua no cambia el volumen.

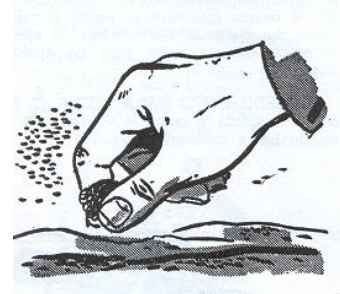
$$SL = w_i (\%) - \Delta w (\%)$$

**a. Aparatos necesarios:**

Espátula	Cápsula de porcelana
Balanza electrónica	Estufa
Tamiz N°40	Agua
Vidrio esmerilado	Tarros de metal

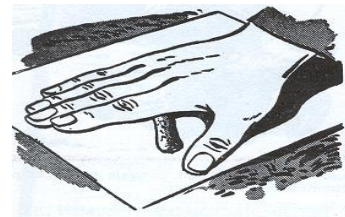
**Procedimientos:**

1. Se toman aproximadamente 20g de la muestra que pase por el tamiz N°40, preparado para el ensayo de límite líquido.

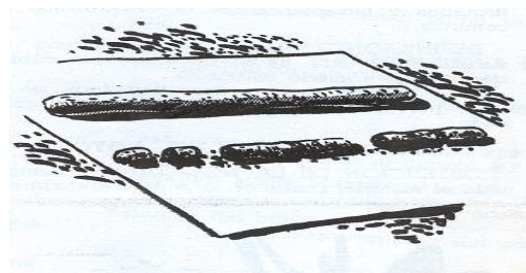


2. Se amasa con la cantidad suficiente de agua la muestra de suelo, hasta que se pueda formar fácilmente con ella una esfera, sin que se pegue demasiado a los dedos al aplastarla.

3. Tomar una porción de 1.5 a 2g de dicha esfera como muestra para el ensayo.



4. Se moldea la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar rollitos.



5. Si antes de llegar el rollito a un diámetro de unos 3.18mm (1/8”) no se ha desmoronado, se vuelve a hacer una elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.

6. La porción así obtenida se coloca en un tarro de metal tarado, se continúa el proceso hasta reunir unos 6gr. de suelo y se determina el contenido de humedad
7. Se repite otra prueba de límite plástico para controlar el primer resultado, usando la porción de material primitivo que no se usó al comenzar la prueba.
8. La hoja de datos es la misma que la que se usa en la determinación del límite líquido.
9. El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones. Se expresa como porcentaje de humedad, con aproximación a un entero y se calcula así:

$$\text{Límite Plástico (L.P)} = 100 \times \text{Peso del Agua} / \text{Peso de la muestra seca al horno}$$

10. Se puede calcular el índice de plasticidad (I.P.) de un suelo como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico.

$$\text{I.P.} = \text{L.L.} - \text{L.P.}$$

L.L. y L.P., son números enteros

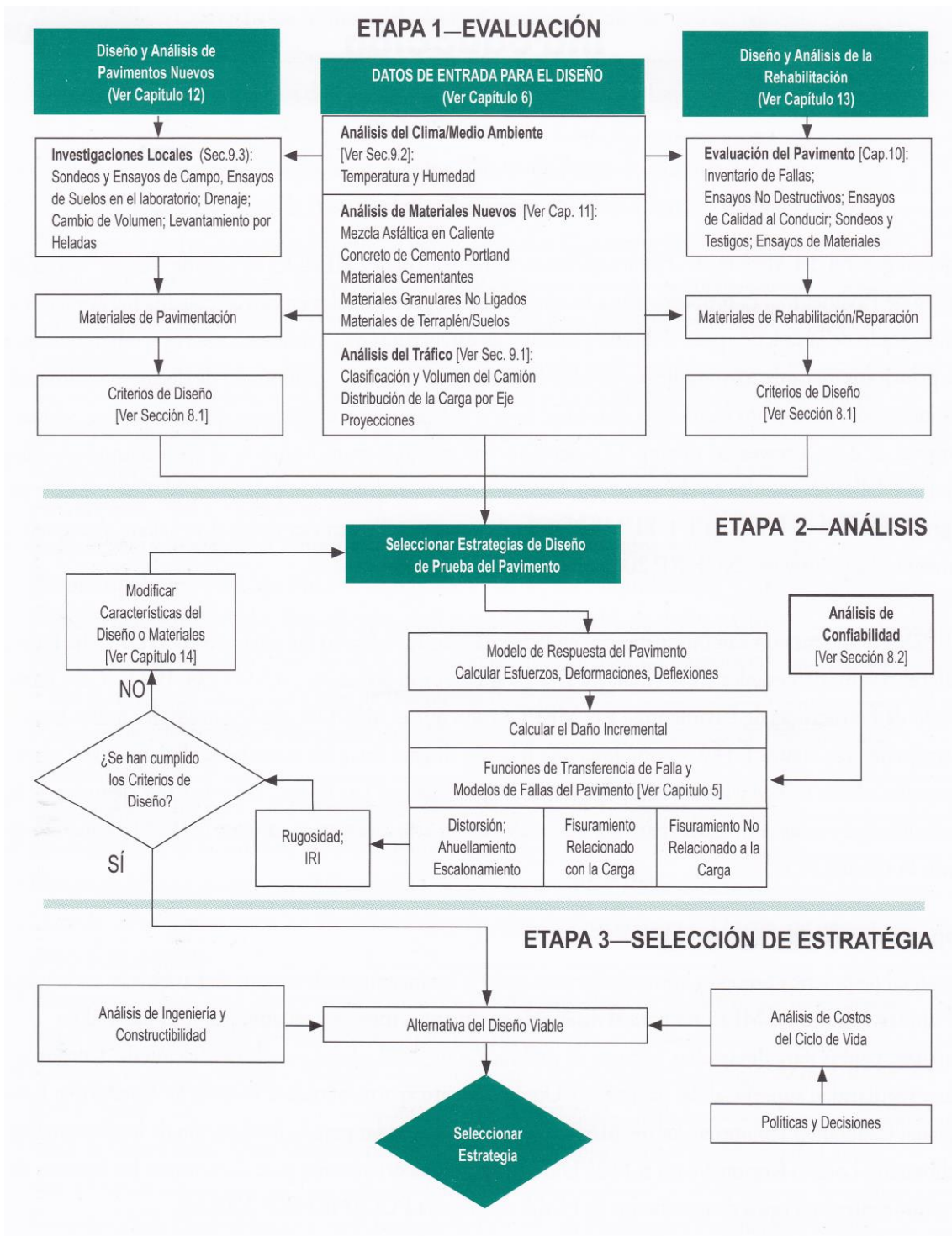
11. Cuando el límite líquido o el límite plástico no puedan determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP (no plástico).
12. Así mismo, cuando el límite plástico resulte igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se informará como NP (no plástico).

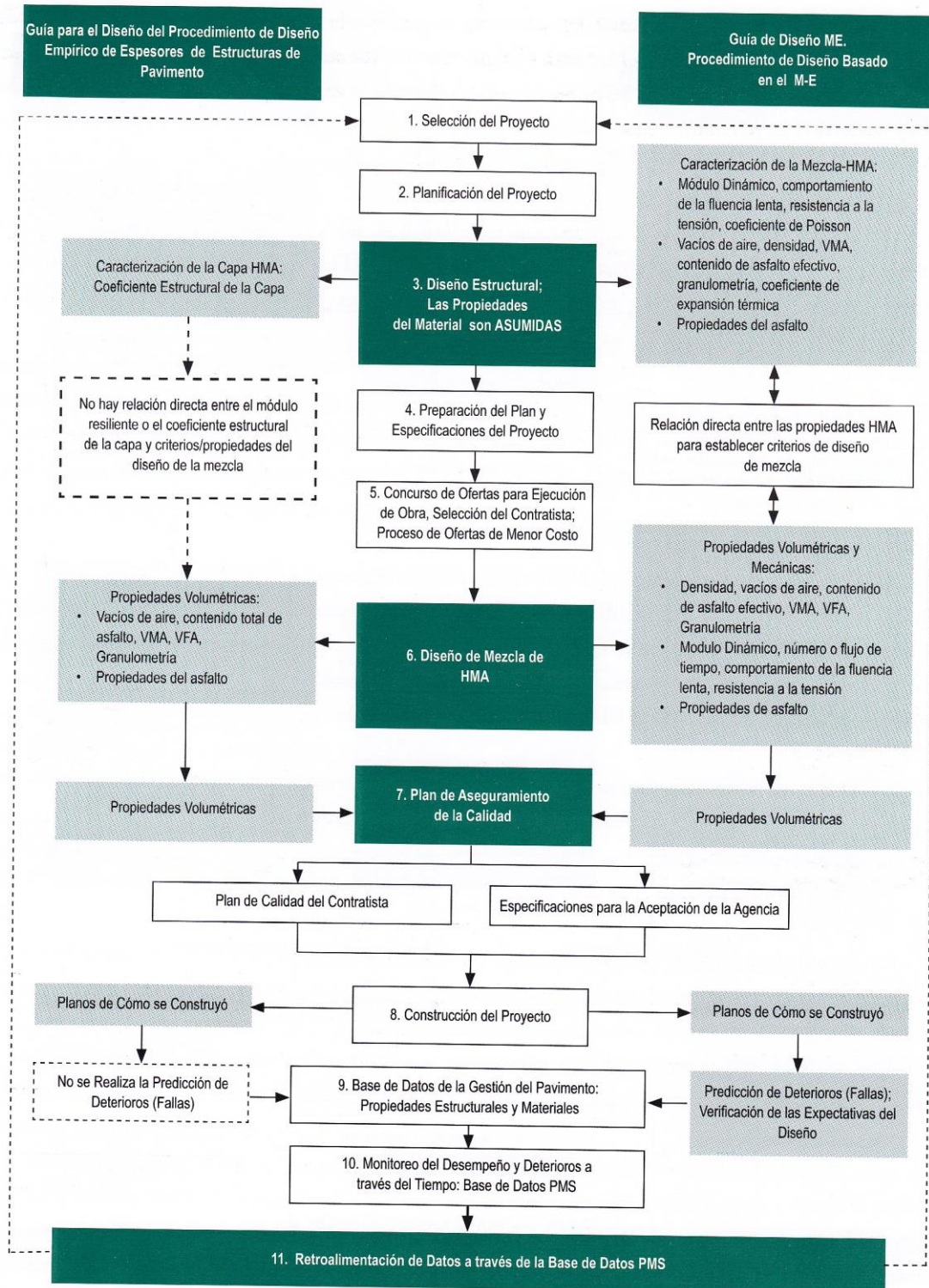
## **SISTEMA AASHTO**

El sistema de clasificación de suelos AASHTO fue propuesto originalmente por el comité sobre clasificación de materiales para subrasantes y caminos de tipo granular en el año 1945. De acuerdo con la forma actual de este sistema, los suelos pueden clasificarse según ocho grupos principales, A-1 al A-8, con base en su distribución granulométrica, límite líquido e índice de plasticidad. Los suelos comprendidos en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales de grano grueso y aquellos en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 son de grano fino. La turba,

compuestos orgánicos y otros suelos altamente orgánicos quedan clasificados en el grupo A-8. Estos se identifican por inspección visual.

Gráfico N° 2.4.- Diagrama de flujo conceptual de las tres etapas del proceso de diseño/análisis para MEPDG







## CRITERIOS DE DISEÑO

Vida útil de diseño, fecha de construcción, fecha de habilitación al tránsito.

Naturaleza del proyecto:

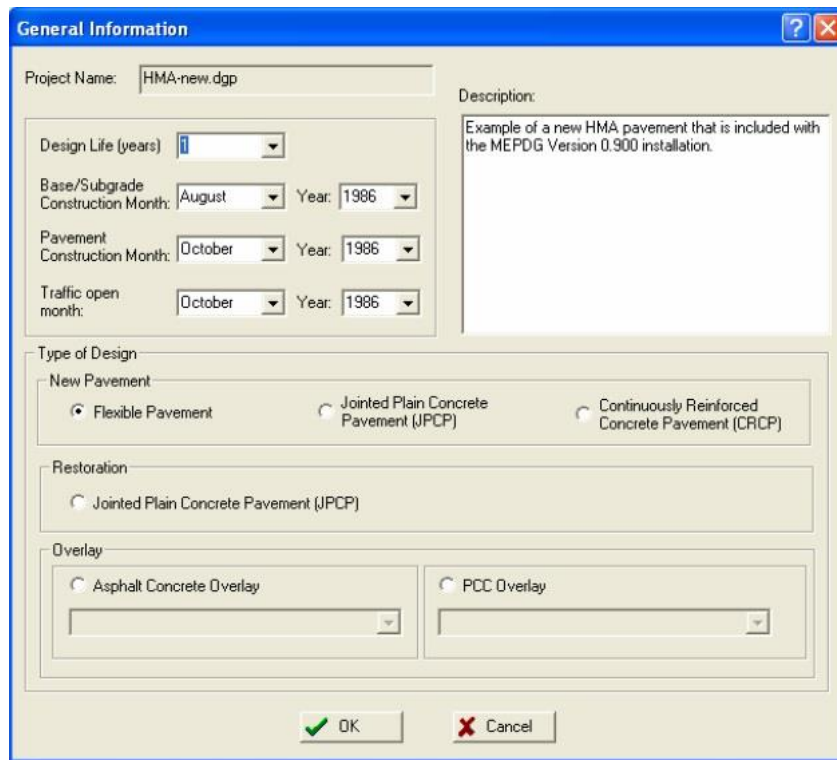
Pavimento nuevo

Reconstrucción

Rehabilitación.

Tipo de pavimento: rígido o flexible.

Tres niveles de jerarquía para diseño



The screenshot shows a 'General Information' dialog box with the following fields and options:

- Project Name: HMA-new.dgp
- Design Life (years): [dropdown]
- Base/Subgrade Construction Month: August, Year: 1986
- Pavement Construction Month: October, Year: 1986
- Traffic open month: October, Year: 1986
- Description: Example of a new HMA pavement that is included with the MEPDG Version 0.900 installation.
- Type of Design:
  - New Pavement:
    - Flexible Pavement
    - Jointed Plain Concrete Pavement (JPCP)
    - Continuously Reinforced Concrete Pavement (CRCP)
  - Restoration:
    - Jointed Plain Concrete Pavement (JPCP)
  - Overlay:
    - Asphalt Concrete Overlay
    - PCC Overlay

Buttons: OK, Cancel

Gráfico. Datos Generales de Entrada

- Pavimentos Semi – Rígidos.-** Son HMA colocados sobre materiales estabilizados cementantes. Los materiales cementantes pueden incluir cal, cenizas volantes y estabilizadores de cemento Portland. Este tipo de pavimento también es conocido como pavimento compuesto en el MEPDG. Los pavimentos semi-rígidos no se incluyeron en el proceso de calibración global y no se recomiendan para el análisis utilizando MEPDG hasta que este tipo de pavimento haya sido calibrado.

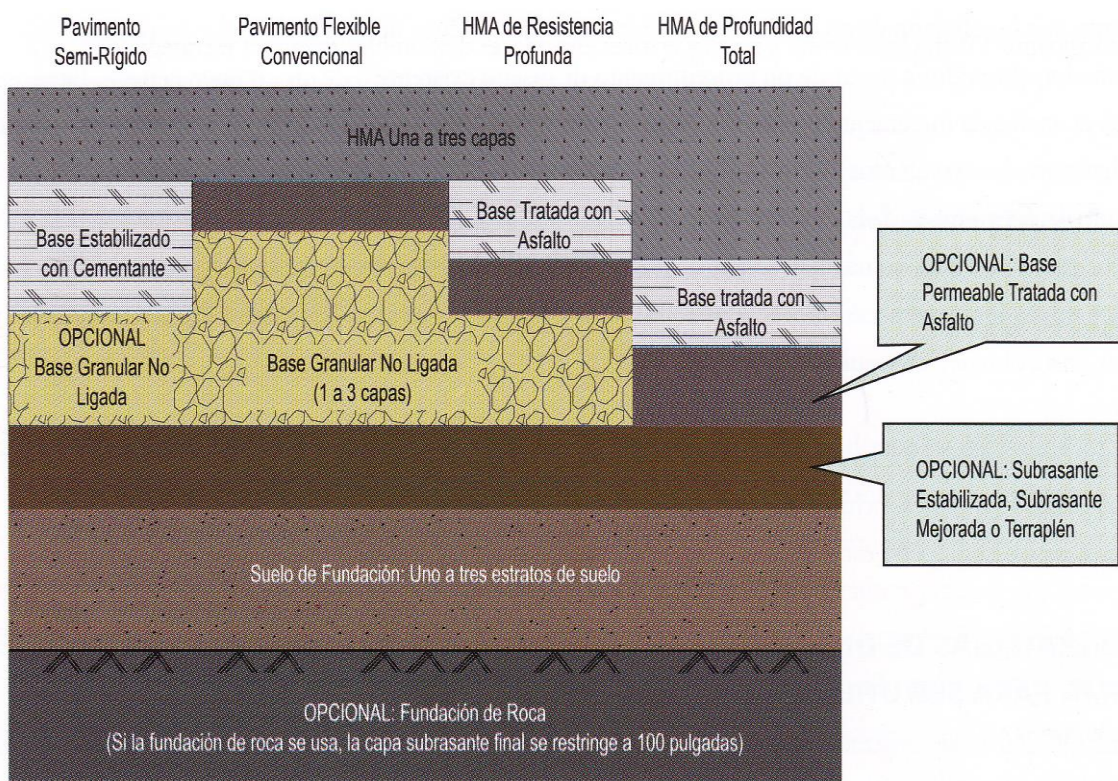


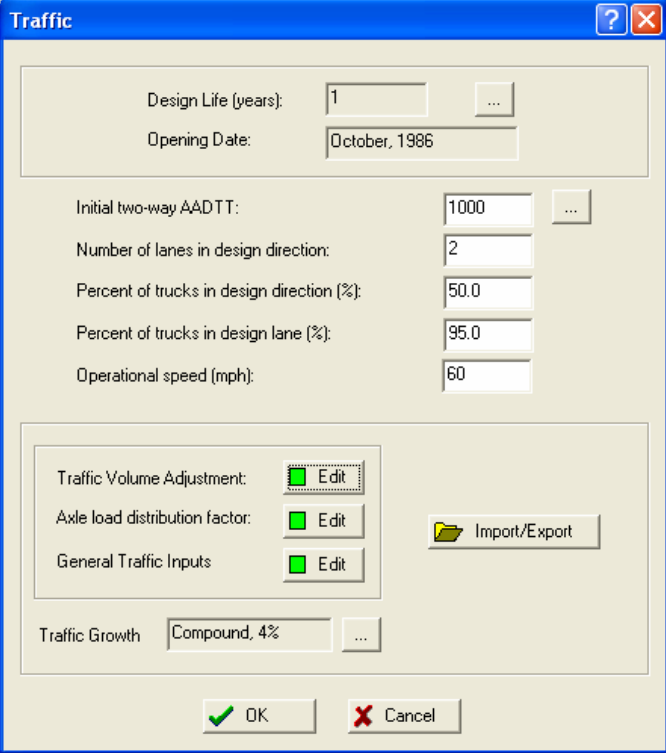
Gráfico - Estrategias de diseño de pavimentos flexibles nuevos que pueden ser simulados con el MEPDG.

## ✚ DETERMINACIÓN DE CONDICIONES Y FACTORES LOCALES

### ➤ DATOS DE TRÁNSITO

#### Volumen

- Distribución de cargas por eje.
- Configuración.
- Presión de inflado. Pasa de 85 psi (AASHO Road Test) a 115-120 psi.
- Velocidad operativa de los vehículos. Muy importante en lo concerniente a respuesta de los materiales.



The screenshot shows a dialog box titled "Traffic" with the following fields and controls:

- Design Life (years): 1
- Opening Date: October, 1986
- Initial two-way AADTT: 1000
- Number of lanes in design direction: 2
- Percent of trucks in design direction (%): 50.0
- Percent of trucks in design lane (%): 95.0
- Operational speed (mph): 60
- Traffic Volume Adjustment: Edit
- Axle load distribution factor: Edit
- General Traffic Inputs: Edit
- Traffic Growth: Compound, 4%
- Buttons: OK, Cancel, Import/Export

- Distribución horaria y estacional del tránsito.

**Factor de distribución por camión:** distribución normalizada de tipos de camiones durante el año. (Niveles 1 y 2).

Determinado mediante datos de censos de tránsito y WIM o dividiendo el número de camiones de una determinada clase por el número total de camiones, medidos en un día típico del año.

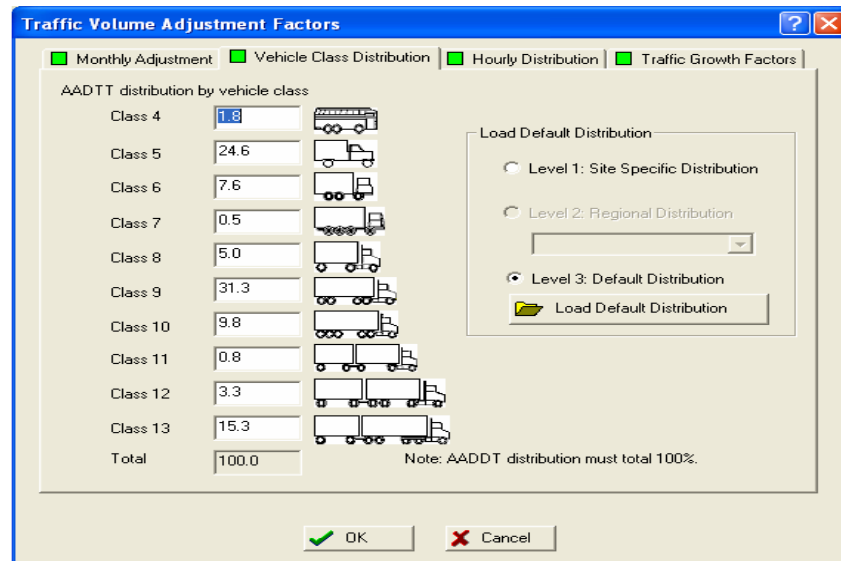


Gráfico N° 2.13.- Ingreso de datos de Tránsito de Vehículos

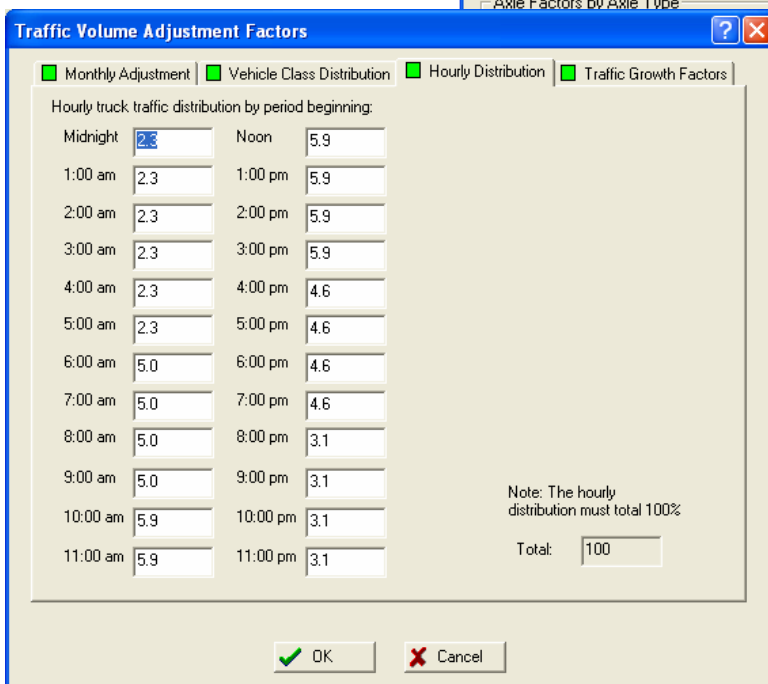
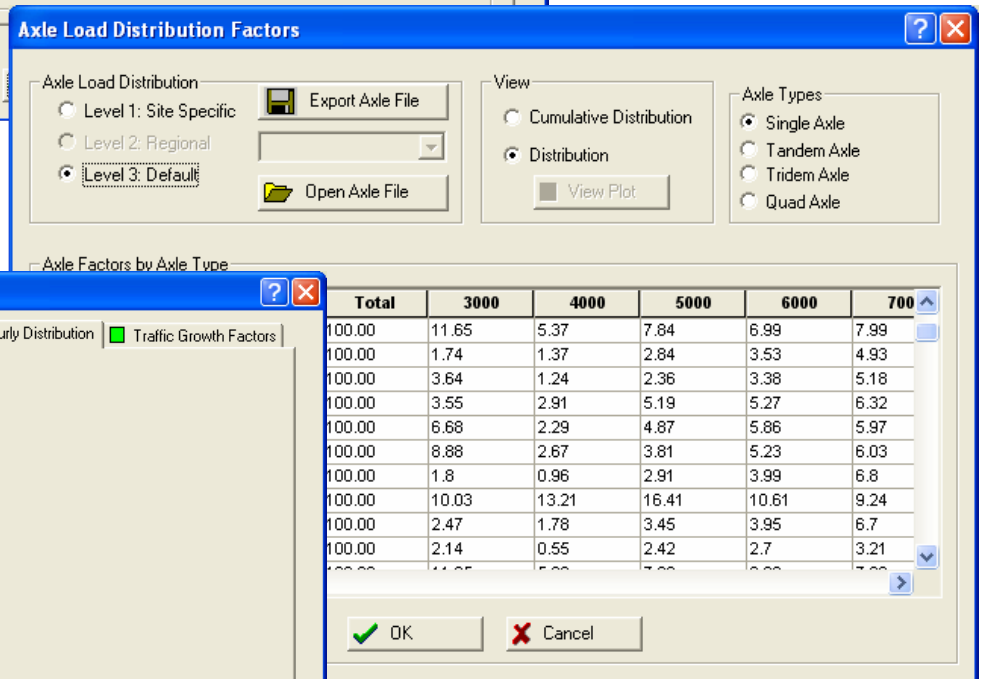
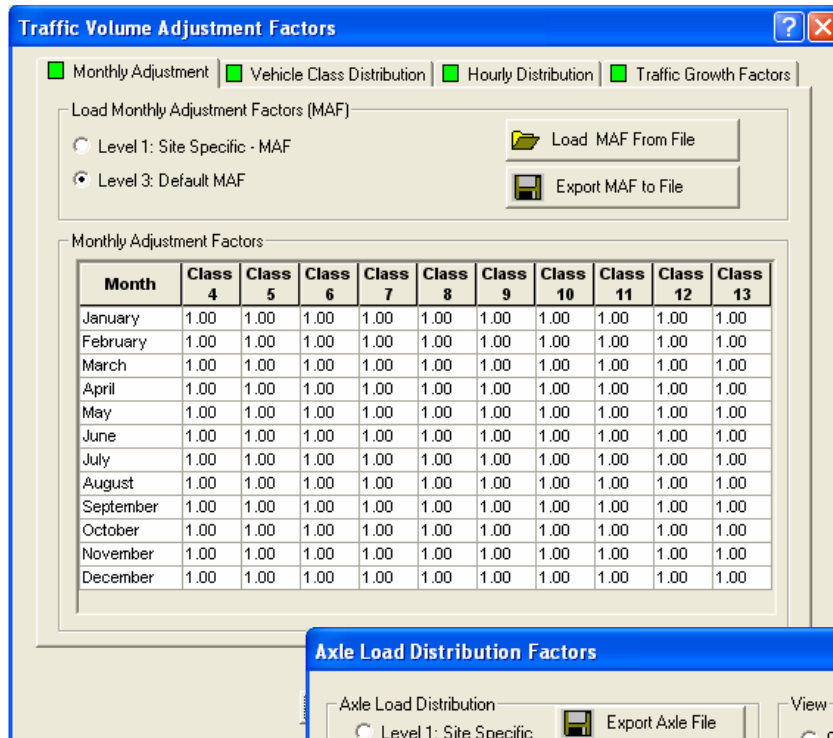
### Otros factores de ajuste del tránsito:

**Factor de distribución mensual de camiones:** relación que ajusta el promedio diario anual de camiones en cada mes del año.

**Factor de distribución horaria:** porcentaje de tránsito medio diario anual de camiones en cada hora del día.

**Factores de distribución por dirección y por pista:** iguales conceptos que en AASHTO '93.

**Factor de distribución de carga por eje:** dependen del tipo de camión y grupo de cargas. Se define como el número de ejes en cada intervalo de carga por tipo de eje (simple, tándem, trídem, quad) para cada clase de camión.



**EICM (Enhanced Integrated Climatic Model o Modelo Climático Integrado y Ampliado)**

Permite predecir el perfil horario de la temperatura a través del pavimento.

Se basa en datos climáticos horarios.

Gradiente de humedad a través del paquete estructural, determinado mensualmente.

## PANTALLAS DE MANEJO DATOS CLIMÁTICOS

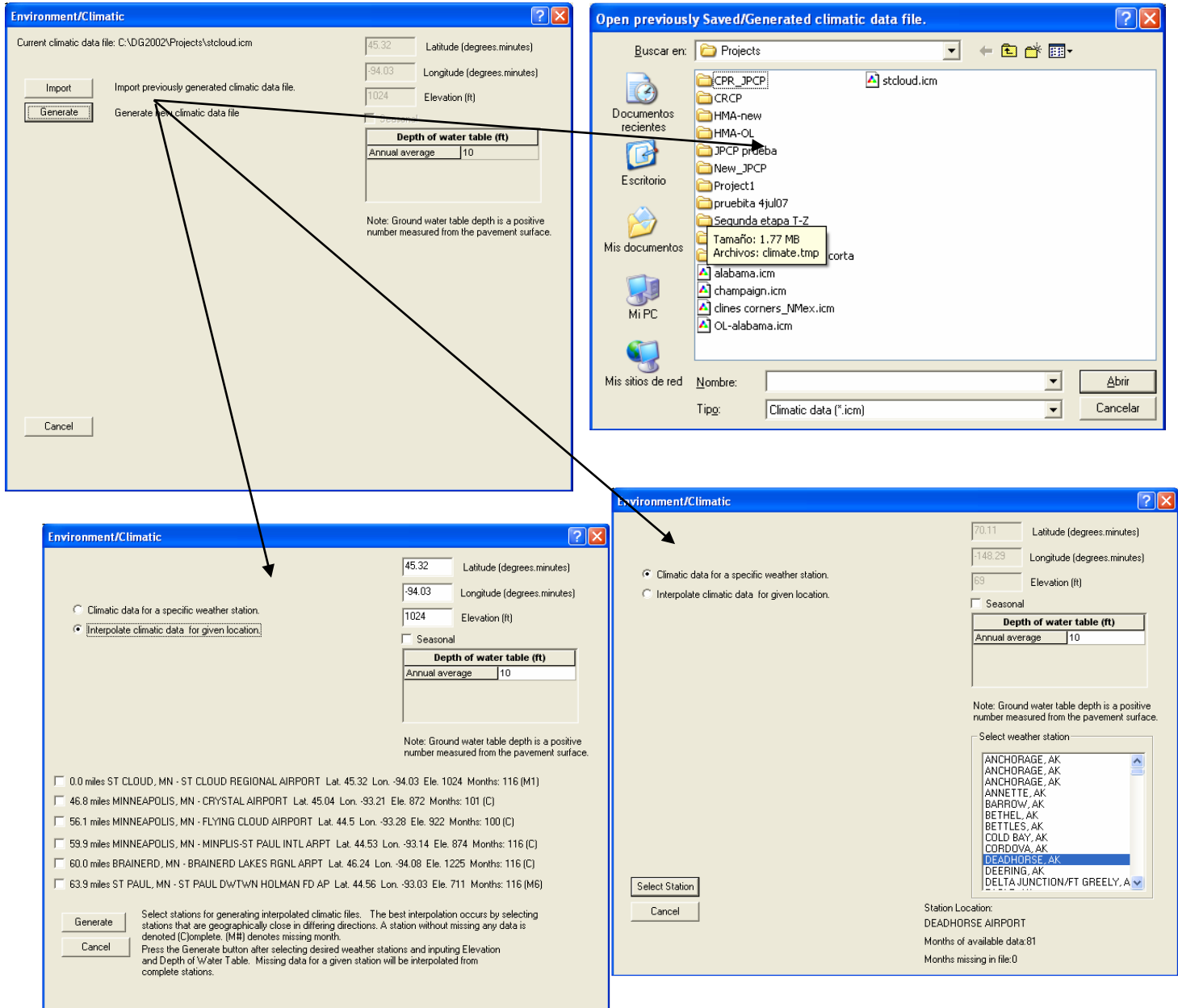


Gráfico. Pantalla de manejo de Datos Climáticos

➤ **ESTRUCTURA**

El proyectista debe proponer un diseño de prueba definiendo capas, espesores y materiales para conformarlas.

Análisis y método de diseño son independientes del nivel de entrada de datos (Nivel 1, 2 ó 3)

Un bajo nivel de datos de entrada va a dar como resultado una mayor incertidumbre ➡ correspondería adoptar criterios de fallas más conservadores.

Surface short-wave absorptivity:

Layers

Layer	Type	Material	Thicknes	Interface
1	Asphalt	Asphalt concrete	1.0	1
2	Asphalt	Asphalt concrete	2.6	1
3	Asphalt	Asphalt concrete	3.0	1
4	Granular Base	A-1-b	5.5	1
5	Subgrade	A-2-4	12.0	1
6	Subgrade	A-2-4	Semi-infini	n/a

Insert Delete Edit

Opening Date:  Design Life (years):  ...

Gráfico N° 2.17.- Ingreso de Datos de la Estructura del Pavimento

➤ **MATERIALES**

**Concreto asfáltico:**

Hay que considerar las propiedades de todos sus componentes.

El concreto asfáltico es muy sensible a la temperatura y tiempo de aplicación de cargas.

El betún sufre un proceso de oxidación en el tiempo ➡ endurecimiento.

**Asphalt Material Properties**

Level: 3    Asphalt material type: Asphalt concrete  
 Layer thickness (in): 1

Asphalt Mix    Asphalt Binder    Asphalt General

Aggregate Gradation

Cumulative % Retained 3/4 inch sieve: 0  
 Cumulative % Retained 3/8 inch sieve: 12  
 Cumulative % Retained #4 sieve: 36  
 % Passing #200 sieve: 4

OK    Cancel

**Asphalt Material Properties**

Level: 3    Asphalt material type: Asphalt concrete  
 Layer thickness (in): 1

Asphalt Mix    Asphalt Binder    Asphalt General

Options

Superpave binder grading  
 Conventional viscosity grade  
 Conventional penetration grade

High Temp (°C)	Low Temp (°C)						
	-10	-16	-22	-28	-34	-40	-46
46							
52							
58							
64							
70							
76							
82							

A: 9.5140    VTS: -3.1280

OK    Cancel

**Asphalt Material Properties**

Level: 3    Asphalt material type: Asphalt concrete  
 Layer thickness (in): 1

Asphalt Mix    Asphalt Binder    Asphalt General

General

Reference temperature (F°): 70

Poisson's Ratio

Use predictive model to calculate Poisson's ratio.  
 Poisson's ratio: 0.35

Volumetric Properties as Built

Effective binder content (%): 11.6  
 Air voids (%): 8  
 Total unit weight (pcf): 150

Parameter a:   
 Parameter b:   
 Thermal Properties

Thermal conductivity asphalt (BTU/hr-ft-F°): 0.67  
 Heat capacity asphalt (BTU/lb-F°): 0.23

OK    Cancel



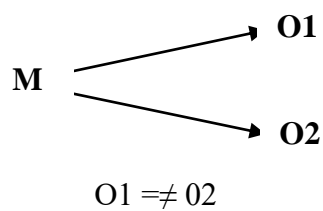
## II. MÉTODO

### 2.1 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

#### TIPO DE ESTUDIO

Teniendo en consideración los objetivos propuestos, la presente investigación es de tipo **descriptivo**.

A la presente investigación le corresponde el diseño **Descriptivo - Comparativo**:



Dónde:

M: Representa a la muestra del Distrito de Morales.

O1: Representa a la variable método Empírico AASHTO 1993.

O2: Representa a la variable método Mecánico – Empírico AASHTO 2008.

### 2.2 VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

- V1: Estudio de Tráfico
- V2: Mecánica de Suelos

### 2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

Según el censo 2009 Tarapoto tiene una población de 67,362 habitantes, La Banda de Shilcayo 24,932, Las Palmas 942 y Morales 22,874.

La población está compuesta por 3 cuadras del Jr. Independencia y 4 cuadras del Jr. Oriental.

Por las características del trabajo a Realizar, la muestra de estudio estará compuesta por el total de la población constituyéndose en universo muestral.

## 2.4 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo al tipo de estudio realizado, esta investigación es del **método cuantitativo**, porque se recogen y analizan datos sobre variables los cuales nos conducirán a un resultado. La investigación cuantitativa desarrolla y emplea datos matemáticos, teorías e hipótesis que competen al tema de estudio.

## 2.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En el siguiente cuadro, se describen las técnicas, instrumentos y fuentes de recolección de datos.

### PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Por las condiciones operativas del trabajo a realizar, la evaluación de las condiciones y necesidades de la población merecerán un estudio previo, aplicando instrumentos de recolección de datos en la misma zona de estudio.

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	FUENTES / INFORMANTES
Conteo de Tráfico	Libreta de apuntes, tableros, computadoras, e impresoras.	Normas técnicas Peruanas
Ensayos de laboratorio de suelos	Moldes CBR, equipo de compresión digital CBR, pesa finos, estufas, tamices y aparato de Casagrande	Normas técnicas Peruanas homologadas
Revisión bibliográfica	Fichas de registro	Tablas empíricas, normas técnicas y ecuaciones matemáticas
Análisis	Guía de análisis	Tabla de resultados

## LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y PROCESAMIENTO DE DATOS

Se realiza el levantamiento topográfico de las 7 cuadras en estudio con estación total, para luego procesar los datos con la ayuda de computadoras y softwares.

## CONTEO DE TRÁFICO

Se realizó con la ubicación de cinco estaciones de conteo vehiculares en los jirones Túpac Amaru con Oriental, Victoria Vásquez con Oriental y José Gálvez con Oriental, jr. Los Ángeles con Independencia, y se clasifican los vehículos que pasan en un promedio de 24 horas durante 7 días calendarios.

## ENSAYOS DE LABORATORIO DE SULOS

Se realiza la excavación de calicatas a cielo abierto para la toma de muestras a lo largo del tramo en estudio, así como también se toman muestras de las canteras a ser utilizadas.

Se realizaron los ensayos de laboratorio para determinar sus propiedades geomecánicas de suelo así mismo se analizará las canteras a utilizar como agregados de préstamo tanto para la base como para la sub base

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Se realiza la búsqueda de información que nos proporcionará datos sobre el tema en estudio.

## ANÁLISIS

Se realiza el análisis cuantitativo de toda la información levantada en campo y gabinete.

## **2.6 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS**

La información de Campo obtenida será procesada para obtener los resultados e ingresar los datos necesarios en el software de diseño.

### **LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y PROCESAMIENTO DE DATOS**

Se efectuaron los cálculos con la ayuda de programas topográficos (TopCom y AIDC) para obtener las curvas a nivel y tener una visión más amplia del terreno en estudio.

### **CONTEO DE TRÁFICO**

Obtenidos los datos de tráfico se procesó la información con la ayuda de hojas de cálculo en Excel para determinar el IMD de estudio.

### **ENSAYO DE LABORATORIO DE SUELOS**

Después de haber realizado los ensayos a las muestras de suelo de calicatas y canteras se obtienen los datos necesarios como son humedad natural, peso específico, límite líquido, límite plástico, granulometría, densidad máxima, humedad óptima, CBR.

### **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Se realizará la búsqueda de información ya sea libros, manuales, folletos, reglamentos, normas como también en páginas de internet, lo cual nos proporcionará información para el desarrollo de nuestro tema en investigación.

### **ANÁLISIS**

Se realizará el análisis de toda la información obtenida en gabinete utilizando para ello software, tablas, normas y reglamentos, que permitan la obtención de resultados.

### **III. RESULTADOS**

#### **ESTUDIO DE TRÁFICO**

##### **GENERALIDADES**

El estudio de tráfico tiene por finalidad cuantificar, clasificar y conocer el volumen de los vehículos que se desplazan por los Jirones Oriental e Independencia: Oriental (C1 – C4) – Independencia (C1 – C3). Estos dos jirones se encuentran en la parte baja de la ciudad de morales (Provincia de San Martin), con el departamento de San Martin, permitiendo el acceso a los recreos de venta de comidas y lugares residencial del distrito haciendo más fluido y dinámico el movimiento vehicular en esa parte de la zona.

##### **ALCANCES**

El presente estudio de tráfico se realiza como parte del Estudio definitivo de la presente Tesis, del tramo comprendido entre los Jirones Oriental e Independencia. El propósito principal de este estudio es determinar el volumen de tránsito existente en la vía, sus cambios históricos, composición vehicular y proyecciones de vida útil (15 años) de la construcción propuesta. El alcance de la investigación del Gabinete es el siguiente.

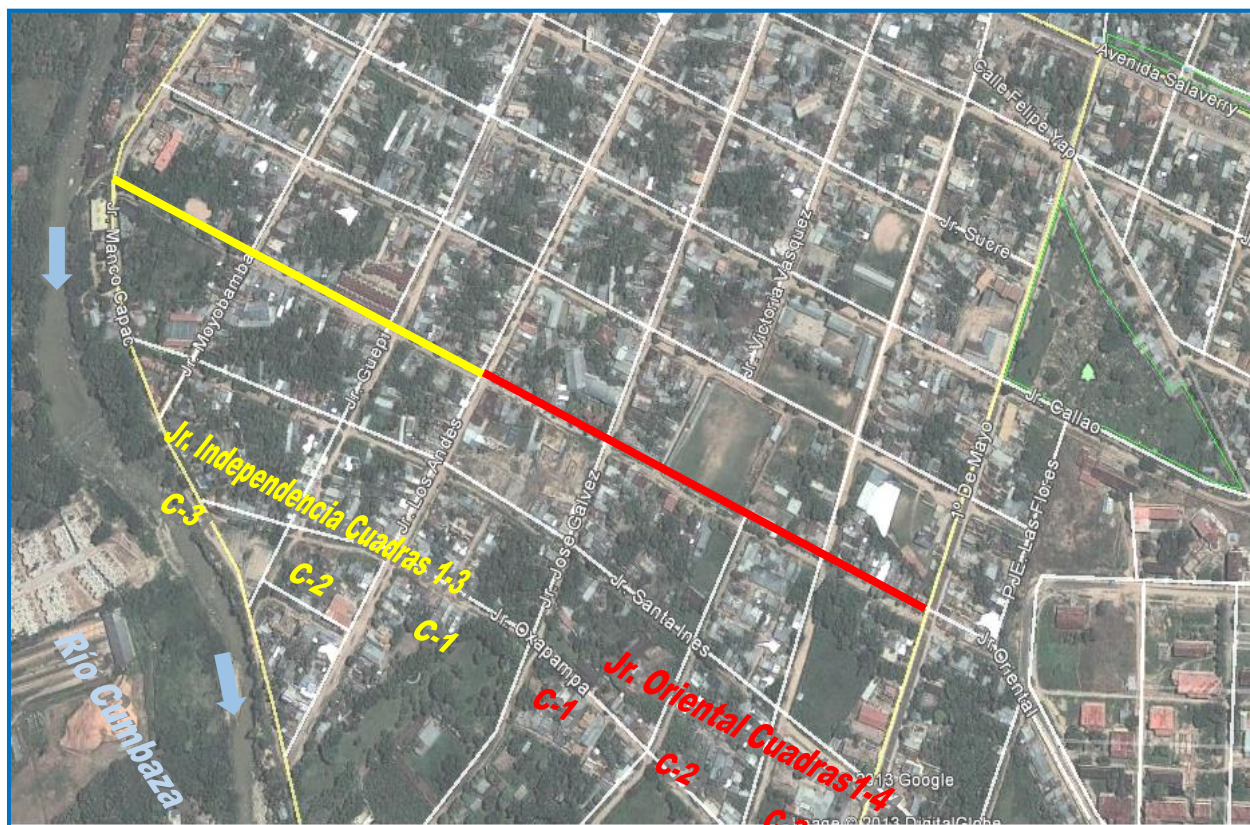
- Determinación del Volumen y composición del tráfico
- Índice Medio diario promedio anual
- Factor de Crecimiento Anual
- Factores destructivos por tipo de vehículo

##### **INFORMACIÓN EXISTENTE**

La encuesta de tráfico se basa en la información proporcionada por la entidad y consiste en el tráfico vehicular registrado mensualmente por tipo de vehículo en las intersecciones de jirones que se muestran a continuación desde 2012:

ESTACIÓN	UBICACIÓN	LOCALIDAD	DISTRITO	PROVINCIA	DPTO.
Jr. Dos de Mayo - Jr. Oriental	C5,6 – C4,5	Morales	Morales	San Martín	San Martín
Jr. Túpac Amaru - Jr. Oriental	C5,6 – C3,4	Morales	Morales	San Martín	San Martín
Jr. Victoria Vásquez - Jr. Oriental	C5,6 – C2,3	Morales	Morales	San Martín	San Martín
Jr. José Gálvez - Jr. Oriental	C5,6 – C1,2	Morales	Morales	San Martín	San Martín
Jr. Los Andes - Jr. Independencia e Oriental	C5,6 – C1,1	Morales	Morales	San Martín	San Martín
Jr. Guepi - Jr. Independencia	C5,6 – C2,1	Morales	Morales	San Martín	San Martín
Jr. Moyobamba - Jr. Independencia	C5,6 – C3,2	Morales	Morales	San Martín	San Martín
Jr. Manco Capac - Jr. Independencia	C5 – C3	Morales	Morales	San Martín	San Martín

### Tramo en estudio



UNSM

## **CLASIFICACIÓN VEHICULAR**

La presencia de vehículos livianos en relación a los vehículos pesados es casi iguales en las estaciones de los Jirones Túpac Amaru – Oriental, Victoria Vásquez - Oriental y José Gálvez – Oriental (Est. T. Amaru, Victoria Vásquez - Oriental 45% y Est. José Gálvez - Oriental 54%), mientras que en la estación del Jr. Los Andes – Independencia - Oriental predomina la presencia de vehículos ligeros (88.79%).

En relación a los vehículos ligeros, es mayor la presencia de vehículos de 2 ejes con 31%, 25% y 6%, le siguen los vehículos de 3 ejes con 11 %, 12% y 3%, en las estaciones del Jr. Dos de Mayo – Oriental, Jr. Guepi - Independencia, Jr. Moyobamba – Independencia y Jr. Manco Capac - Oriental respectivamente.

## **TASA DE CRECIMIENTO ANUAL**

Graficamos el IMD por tipo de vehículo y año de matriculación para monitorear su comportamiento y obtener la tasa de crecimiento anual. Además se graficó el IMD anual como se muestra en los Cuadros N° 1 y 2.

En el caso de la Estación Jr. Guepi - Independencia la tasa de crecimiento es de 2.5%, mientras que en la Estación del Jr. Maco Capac - Independencia es negativo –0.5% y en la Estación del Jr. Dos de Mayo - Oriental es muy elevado, 15.9%.

Dado que la información de tráfico existente muestra un comportamiento diferente para cada tipo de vehículo y muestra una tasa muy alta de disminución y aumento, es razonable y conservador establecer un estándar económico para la tasa de aumento de tráfico anual asumiendo que se consideró relevante el mismo crecimiento del PBI de los datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática, el cual se establece el valor de 5% para el periodo proyectado de servicio (2013).

## CÁLCULO DE EJES EQUIVALENTES

En base a esta información básica se calculará el número acumulado de repeticiones de carga (ESAL).

A continuación se muestra una fórmula general. Tenga en cuenta que esta fórmula se aplica a cada tipo de vehículo y el total forma el EAL del diseño:

$$ESAL = (365 \times IMD((1+(Rt./100))^{N^{\circ}} - 1)) / (N^{\circ}/100) \times EE$$

Donde:

IMD	=	Índice Medio Diario Corregido.
<u>Rt.</u>	=	Tasa de Crecimiento Anual expresada en Porcentaje.
N°	=	Periodo de Análisis - Años
EE	=	Factores Destructivos o Ejes Equivalentes según tipo de vehículo.

Después del análisis y cálculo de los resultados de tráfico obtenemos los siguientes gráficos

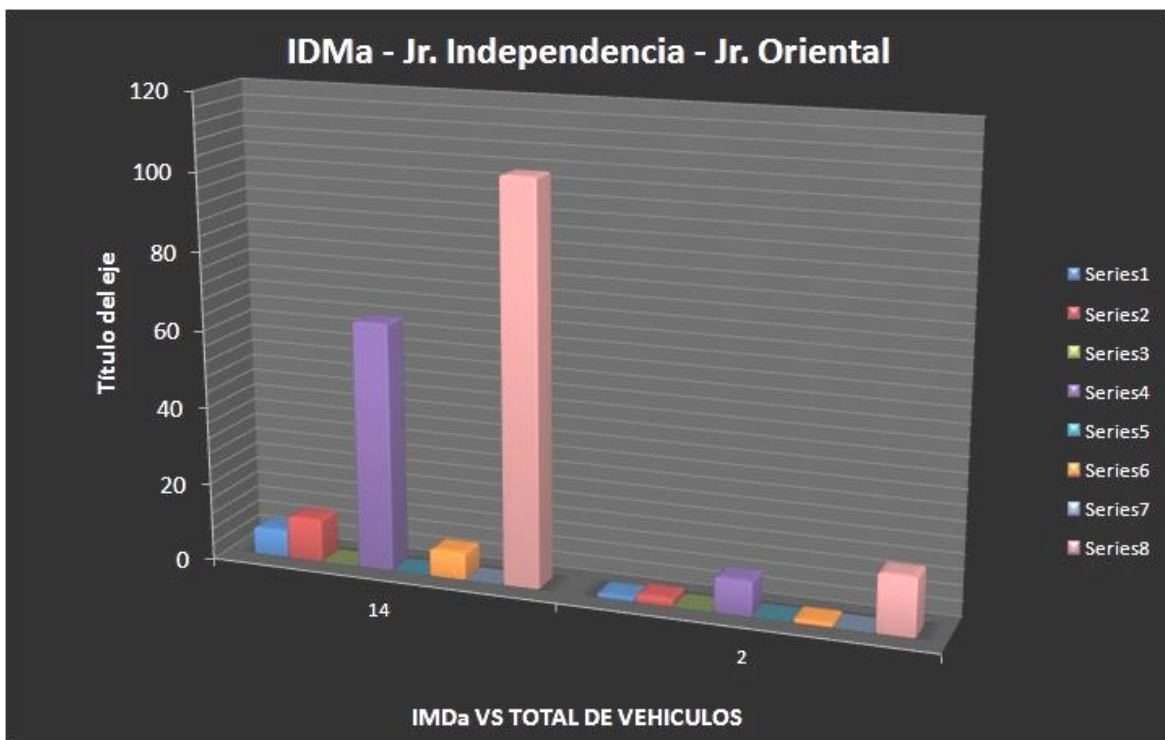




Gráfico N° 4.1.- Gráfico del IMDa

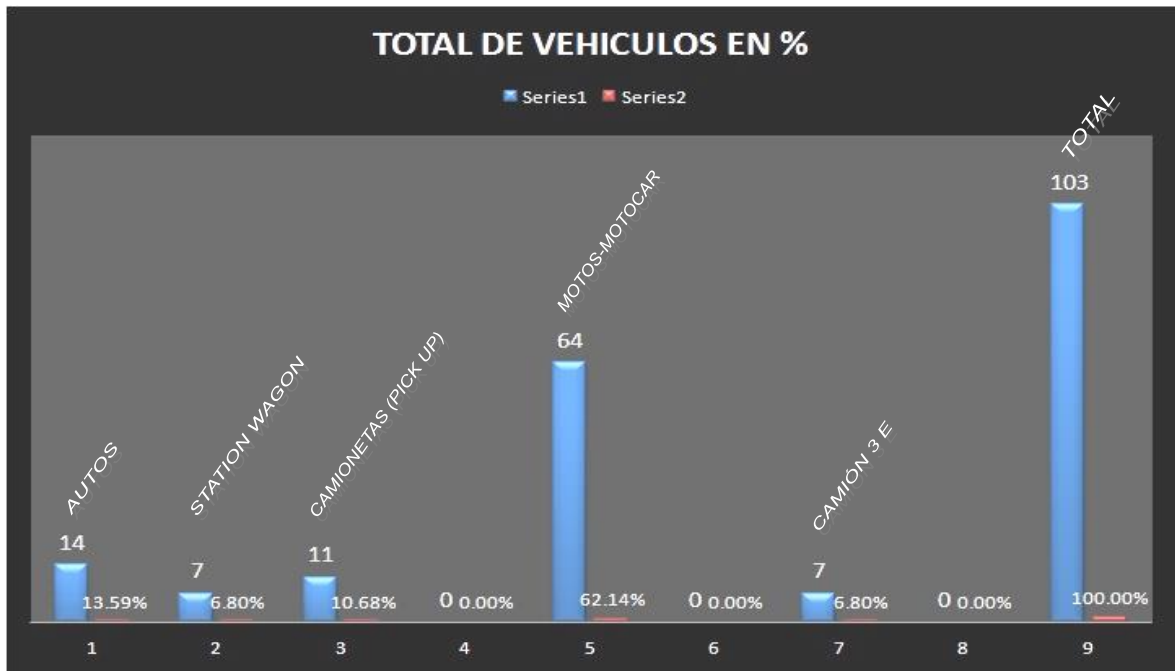


Gráfico N° 4.2.- Total de vehículos

## Ubicación de las calicatas.

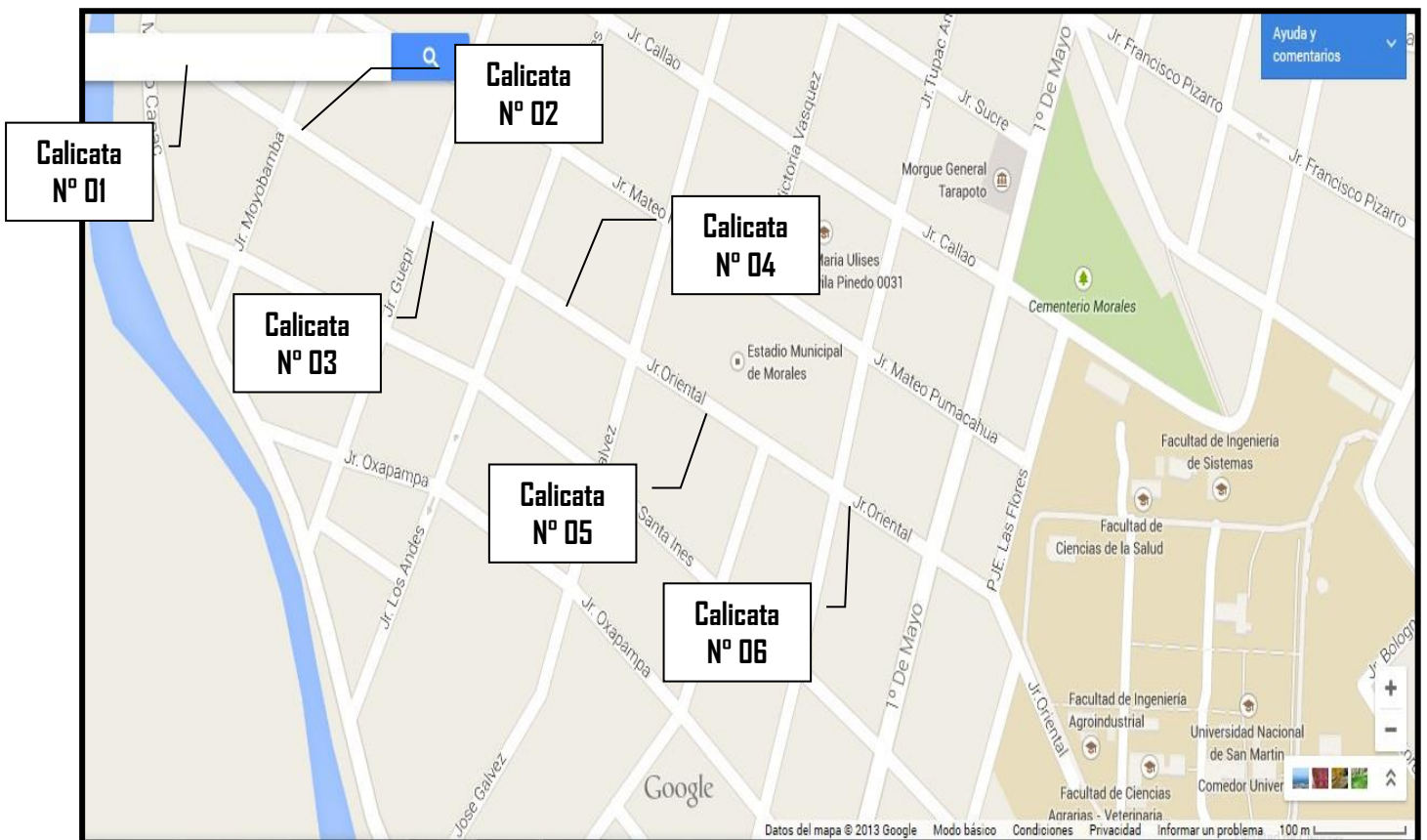


Gráfico N° 4.3.- Ubicación de calicatas

Dentro de los ensayos de laboratorio tenemos:

- ✓ Determinación del contenido de humedad MTC E 108 (ASTM-D-2216)
- ✓ Análisis Granulométrico por tamizado MTC E 107 (ASTM-D-422)
- ✓ Límite de Consistencia ASTM D-4318
  - Determinación del límite Líquido MTC E 110 (ASTM-D-423)
  - Determinación del límite Plástico MTC E 111 (ASTM-D-424)
- ✓ Determinación Humedad-Densidad (P. Modificado) MTC E 115 (ASTM D-1557)
- ✓ Valor Relativo de Soporte (CBR) MTC E 132 (ASTM-D-1883)
- ✓ Clasificación de SUCS ASTM-D-2487
- ✓ Clasificación AASHTO ASTM D-3282

✓ Abrasión

ASTM C-131

Con los ensayos de laboratorio de suelos se van a perseguir los siguientes objetivos:

- ✓ Clasificar correctamente el suelo.
- ✓ Identificar el estado en que se encuentra el suelo.
- ✓ Evaluar sus propiedades mecánicas.
- ✓ Prever posibles problemas geotécnicos (expansividad)

Después de realizados los ensayos en Laboratorio se obtuvieron los siguientes resultados y se presentan en un cuadro resumen.

Tabla N° 4.1.- Resultados del Estudio de Suelos

### ➤ **PERFIL ESTRATIGRÁFICO**

#### **El perfil estratigráfico**

La información obtenida de la exploración indica que el subsuelo exhibe un perfil compuesto por unidades estratigráficas básicas, cuyas características y dimensiones son las siguientes.

#### **UNIDAD U1: Suelo Contaminado.**

Nº Calic.	Progres (km)	SUCS	AASHTO	HUMED . %	GRAV. ESPEC	LIMITES DE CONSISTENCIA (%)			GRANULOMETRIA (%)			MDS	HO (%)	CBR 95% MDS
						LL	LP	IP	GRAVA	ARENA	LIM/ ARC			
1		<b>SC</b>	<b>A-2-6</b>	11.14	2.46	29.6	15.59	14.01	3.96	65.85	30.19	1.983	10.01	9.72
2		<b>SC</b>	<b>A-4</b>	11.02	2.45	23.26	14.4	8.86	0.09	55.79	44.11	1.828	13.83	10.08
3		<b>SC</b>	<b>A-4</b>	13.05	2.46	25.3	16.38	8.92	0	50.55	49.45	2.047	9.79	13.11
4		<b>SC</b>	<b>A-4</b>	13.36	2.5	25.58	16.39	9.19	0	53.56	46.44	2.036	9.67	11.03
5		<b>SC</b>	<b>A-4</b>	13.5	2.45	25.53	17.18	8.35	0	53.81	46.19	2.036	9.73	11.53
6		<b>SC</b>	<b>A-4</b>	13.08	2.51	25.77	17.6	8.17	0	53.8	46.2	2.036	9.78	11.55

En matriz arena suelta color plumizo oscuro, producto de la escorrentía de las aguas fluviales esta capa no es considerada suelo contaminado y por lo general está dentro de los primeros 30 a 40 cm, la cual no es apta para cimentar.



### **UNIDAD U2: Suelo Arenoso Arcilloso**



Encontramos calicatas de clasificación SUCS SC Suelo de Partículas Gruesas, de constitución principal ARENA, Con Finos, Arena arcillosa, color amarillento, Suelo Pre consolidado, Suelo Duro - Consistencia Dura, Compresibilidad Baja, Clasifica AASHTO A-2-6, Excelente a Bueno, que está comprendido entre los 40 a 150 cm.



### **Situación de la Napa Freática**



A la fecha de la exploración, junio de 2013 la napa freática no fue detectada dentro de las profundidades reconocidas.



### **Resumen de las estratigrafías de los jirones estudiados.**



<i>CALICATA</i> <i>01</i>	<i>REGISTRO</i>	<i>Profundidad MTS</i>		<i>Descripción</i>	<i>Clasificación SUCS</i>
		<i>Desde</i>	<i>Hasta</i>		
		0.00	0.40	Suelo arenoso color plumizo oscuro	<b>SC</b>
		0.40	1.50	Suelo de Partículas Gruesas, de constitución principal ARENA, Con Finos, Arena arcillosa, color amarillento, Suelo Preconsolidado, Suelo Duro - Consistencia Dura, Compresibilidad Baja, Clasifica AASHTO A-2-6, Excelente a Bueno.	<b>SC</b>

<i>CALICATA</i> <i>02</i>	<i>REGISTRO</i>	<i>Profundidad MTS</i>		<i>Descripción</i>	<i>Clasificación</i> <i>SUGS</i>
		<i>Desde</i>	<i>Hasta</i>		
		0.00	0.40	Suelo arenoso color plumizo oscuro	<b>SC</b>
		0.40	1.50	Suelo de Partículas Gruesas, de constitución principal ARENA, Con Finos, Arena arcillosa, color amarillento, Suelo Preconsolidado, Suelo Duro - Consistencia Dura, Compresibilidad Baja, Clasifica AASHTO A-4, Suelos limosos, Regular, Pobre a Malo.	<b>SC</b>

<i>CALICATA</i> <i>03</i>	<i>REGISTRO</i>	<i>Profundidad MTS</i>		<i>Descripción</i>	<i>Clasificación</i> <i>SUGS</i>
		<i>Desde</i>	<i>Hasta</i>		
		0.00	0.40	Suelo arenoso color plumizo oscuro	<b>SC</b>
		0.40	1.50	Suelo de Partículas Gruesas, de constitución principal ARENA, Con Finos, Arena arcillosa, color amarillento, Suelo Preconsolidado, Suelo Duro - Consistencia Dura, Compresibilidad Baja, Clasifica AASHTO A-4, Suelos limosos, Regular, Pobre a Malo.	<b>SC</b>

<i>CALICATA</i> 04	<i>REGISTRO</i>	<i>Profundidad MTS</i>		<i>Descripción</i>	<i>Clasificación</i> <i>SUCS</i>
		<i>Desde</i>	<i>Hasta</i>		
		0.00	0.40	Suelo arenoso color plumizo oscuro	<b>SC</b>
		0.40	1.50	Suelo de Partículas Gruesas, de constitución principal ARENA, Con Finos, Arena arcillosa, color amarillento, Suelo Preconsolidado, Suelo Duro - Consistencia Dura, Compresibilidad Baja, Clasifica AASHTO A-4, Suelos limosos, Regular, Pobre a Malo.	<b>SC</b>

<i>CALICATA</i> 05	<i>REGISTRO</i>	<i>Profundidad MTS</i>		<i>Descripción</i>	<i>Clasificación</i> <i>SUCS</i>
		<i>Desde</i>	<i>Hasta</i>		
		0.00	0.40	Suelo arenoso color plumizo oscuro	<b>SC</b>
		0.40	1.50	Suelo de Partículas Gruesas, de constitución principal ARENA, Con Finos, Arena arcillosa, color amarillento, Suelo Preconsolidado, Suelo Duro - Consistencia Dura, Compresibilidad Baja, Clasifica AASHTO A-4, Suelos limosos, Regular, Pobre a Malo.	<b>SC</b>

<i>CALICATA</i> 06	<i>REGISTRO</i>	<i>Profundidad MTS</i>		<i>Descripción</i>	<i>Clasificación</i> <i>SUCS</i>
		<i>Desde</i>	<i>Hasta</i>		
		0.00	0.40	Suelo arenoso color plumizo oscuro	<b>SC</b>
		0.40	1.50	Suelo de Partículas Gruesas, de constitución principal ARENA, Con Finos, Arena arcillosa, color amarillento, Suelo Preconsolidado, Suelo Duro - Consistencia Dura, Compresibilidad Baja, Clasifica AASHTO A-4, Suelos limosos, Regular, Pobre a Malo.	<b>SC</b>

## **ESTUDIO DE CANTERAS**

### **CANTERAS A UTILIZAR COMO AGREGADOS DE PRÉSTAMO TANTO PARA LA BASE COMO LA SUB BASE**

Dado que nos encontramos en la Ciudad de Tarapoto y que las canteras cercanas están concesionadas se utilizara agregados extraídos por una empresa que abastece a la Municipalidad Provincial de San Martin, de los cuales se han realizado los estudios de agregados respectivos:

Dentro de los ensayos de laboratorio tenemos:

- ✓ Determinación del contenido de humedad MTC E 108 (ASTM-D-2216)
- ✓ Análisis Granulométrico por tamizado MTC E 107 (ASTM-D-422)
- ✓ Límite de Consistencia ASTM D-4318
  - Determinación del límite Líquido MTC E 110 (ASTM-D-423)
  - Determinación del límite Plástico MTC E 111 (ASTM-D-424)
- ✓ Determinación Humedad-Densidad(P. Modificado) MTC E 115 (ASTM D-1557)
- ✓ Valor Relativo de Soporte (CBR) MTC E 132 (ASTM-D-1883)
- ✓ Clasificación de SUCS ASTM-D-2487
- ✓ Clasificación AASHTO ASTM D-3282
- ✓ Abrasión ASTM C-131

## DESCRIPCIÓN DE CANTERAS

### Cantera Río Cumbaza

Se trata de un depósito fluvial.

Ubicación: De la Localidad de La Banda de Shilcayo a 06 km. por carretera asfaltada se llega a la Localidad de 03 de Octubre y de ahí 1 km. por carretera afirmada hasta llegar a la Cantera.

Potencia	:	10,000 m <sup>3</sup>
Propietario	:	Privada
Tiempo de Explotación	:	Tiempo de verano
Tipo de Explota.	:	Maquinaria convencional
Uso	:	Arena natural zarandeado para concreto y hormigón natural para material de afirmado.
Uso	:	Material para la capa de rodadura arena natural (Carpeta Asfáltica) – Fino canto rodado para concreto – Hormigón zarandeado para mejoramiento.
Tipo de material	:	Conglomerado (Hormigón natural).

### Cantera Río Huallaga - Sector Cabo A. Leveau - Sector Shapaja

Se trata de un depósito fluvial

Ubicación : Del distrito de Morales a 20 km. hasta el Ovalo que esta antes de pasar el Puente Colombia, entrando luego por el lado izquierdo 7 km hasta la Cantera Shapaja.

Acceso : Para llegar a la Cantera Shapaja, primero se sigue por carretera asfaltada hasta el Ovalo que esta antes de pasar el Puente Colombia, de ahí se sigue por carretera afirmada hasta llegar a la Cantera.

Para llegar a la Cantera Puerto López, primero se sigue por carretera asfaltada hasta el ingreso a la localidad de Puerto López, de ahí se sigue por carretera afirmada hasta llegar a la Cantera.

Potencia	:	25,000 m <sup>3</sup>
Propietario	:	Privada
Uso	:	Material para la capa de rodadura chancada grava, gravilla, arena triturada (Carpeta Asfáltica) – Grava canto rodado para concreto – Hormigón zarandeado para mejoramiento.
Tipo de material	:	Conglomerado (Hormigón natural)



Cuadro resumen de los resultados obtenidos de los ensayos realizados a los agregados a ser utilizados tanto para la capa de base como de sub base.

CANTERA	SUCS	AASHTO	IG	GRAV. ESPEC	LIMITES DE CONSISTENCIA (%)			GRANULOMETRIA (%)			MDS	HD (%)	CBR 95% MDS
					LL	LP	IP	GRAVA	ARENA	LIM/ARC			
HUALLAGA	GW-GC	A-I-a	(0)	-	18.16	0	0.00	45.65	42.36	11.99	2.215	7.21	87.48
CUMBAZA	GC-GM	A-I-b	(0)	-	21.27	15.38	5.89	45.23	34.21	20.56	2.132	6.32	47.87

Tabla N° 4.2.- Resultados del Estudio de Canteras

A continuación se presenta los requerimientos granulométricos para los materiales a ser utilizados en las capas de base y sub base granular.

#### Requerimientos Granulométricos para Sub-Base Granular

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A (I)	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 – 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4.75 mm (N° 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2.0 mm (N° 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
4.25 $\mu$ m (N° 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 $\mu$ m (N° 200)	2 – 8	5 – 15	5 – 15	8 – 15

Fuente: ASTM D 1241

## Requerimientos Granulométricos para Base Granular

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 – 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4.75 mm (Nº 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2.0 mm (Nº 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
4.25 $\mu$ m (Nº 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 $\mu$ m (Nº 200)	2 – 8	5 – 15	5 -15	8 – 15

Fuente: ASTM D 1241<

### DATOS PARA LA MEMORIA DE CÁLCULO

Con los resultados obtenidos de los diferentes ensayos se procede a llenar los datos necesarios para el diseño de pavimento flexible, los cuales también servirán tanto para el método AASHTO 1993 como para el método MECANISTICO-EMPIRICO.

#### DATOS:

Tipo de pavimento:	PAVIMENTO FLEXIBLE
Clasificación por su función:	Carretera de la Red Vial Urbana
Clase de Trafico:	T3
Tasa de crecimiento promedio anual:	3.6 %
Número de Carriles:	2
Direcciones:	2
Módulo de elasticidad de rotura del concreto asfaltico:EC:	400 PSI (ASUMIDO)
CBR - Capa de Base:	89.62
CBR - Capa de Sub Base:	47.84
CBR - terreno de Fundación:	11.17

## DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE MÉTODO AASHTO 1993

### Método de diseño

El parámetro de confiabilidad, “R”.

La desviación estándar global, “So”.

El módulo de resiliencia efectivo, “Mr” del material usado para la subrasante.

La pérdida o diferencia entre los índices de servicios inicial y final deseados, “ΔPSI”

### TRÁNSITO

Para el cálculo, se contempla ejes equivalentes sencillos de 18,000 lb (8.2 ton) acumulados durante el período de diseño.

Ecuación para calcular W (tránsito en ejes equivalentes acumulados para el período de diseño) en el carril de diseño.

$$W=DD*DL*WE$$

W=Tránsito acumulado en el primer año, en ejes equivalentes sencillos de 8.2 ton, en el carril de diseño.

D<sub>D</sub>=Factor de distribución direccional; se recomienda 50% para la mayoría de las carreteras, pudiendo variar de 0.3 a 0.7, dependiendo de en qué dirección va el tránsito con mayor porcentaje de vehículos pesados.

$$D_n = 0.50$$

D<sub>L</sub>=Factor de distribución por carril, cuando se tengan dos o más carriles por sentido. Se recomiendan los siguientes valores 0.50 a 1.00, como tenemos dos carriles se asume:

$$D_l = 1.00$$

WE=Ejes equivalentes acumulados en ambas direcciones.

Una vez calculados los ejes equivalentes acumulados en el primer año, se deberá estimar con base en la tasa de crecimiento anual y el período de diseño en años, el total de ejes

### MÓDULO DE RESILIENCIA EFECTIVO

La parte fundamental para caracterizar debidamente a los materiales, consiste en la obtención del Módulo de Resiliencia, con base en pruebas de laboratorio, realizadas en

materiales a utilizar en la capa subrasante, o por medio de ecuaciones estandarizadas calculadas a partir de los resultados de CBR de la sub rasante.

Ecuaciones usadas:

$MR \text{ (psi)} = B \times CBR$	$B = 10.5 \text{ para } CBR < 10\%$	
Para $CBR < 6 = 7$	$Mr = 1,500 CBR \text{ (psi)}$	(a)
Para $7 < CBR < 6 = 20$	$Mr = 3,000 CBR^{0.65} \text{ (psi)}$	(b)
Para $CBR > 20$	$Mr = 4326 \ln CBR + 241 \text{ (psi)}$	(c)

En nuestro caso tenemos un CBR promedio de 11.36 corresponde usar la alternativa (b) para rangos  $7 < CBR < 6 = 20$

**MR= 34080 psi**

**PÉRDIDA O DIFERENCIA ENTRE ÍNDICES DE SERVICIO INICIAL Y TERMINAL.**

Tenemos valores recomendados para pavimentos flexibles por la AASHTO.

**Serviciabilidad inicial= 4.5**

**Serviciabilidad final= 2.5**

**COEFICIENTE DE DRENAJE mi**

Utilizando la tabla N° 2.13 y 2.14, con una capacidad de drenaje buena y Porcentaje del tiempo en que la estructura de pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación <25%

**Mi= 1.00**

Una vez obtenidos todos los datos necesarios para correr el software se tendrá en consideración la siguiente tabla para la corrección de los resultados:

TRÁNSITO (ESAL's) EN EJES EQUIVALENTES	CARPETAS DE CONCRETO ASFÁLTICO	BASES GRANULARES
Menor de 50,000	1.0 ó T.S.	4.0
50,001 - 150,000	2.0	4.0
150,001 - 500,000	2.5	4.0
500,001 - 2'000,000	3.0	6.0
2'000,001 - 7'000,000	3.5	6.0
Mayor de 7'000,000	4.0	6.0

T.S. = Tratamiento superficial con sellos.

### Obtención de Sn con software ASSHTO93

**Ecuación AASHTO 93**

**CÁLCULO DE LAS ECUACIONES AASHTO 1993 (2.0)**

**Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2004.**

Tipo de Pavimento:  
 Pavimento flexible     Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):  
 75 %  $Z_r = -0.674$     So = .45

Serviciabilidad inicial y final:  
 PSI inicial = 4.5    PSI final = 2.5

Módulo resiliente de la subrasante:  
 Mr = 33510 psi

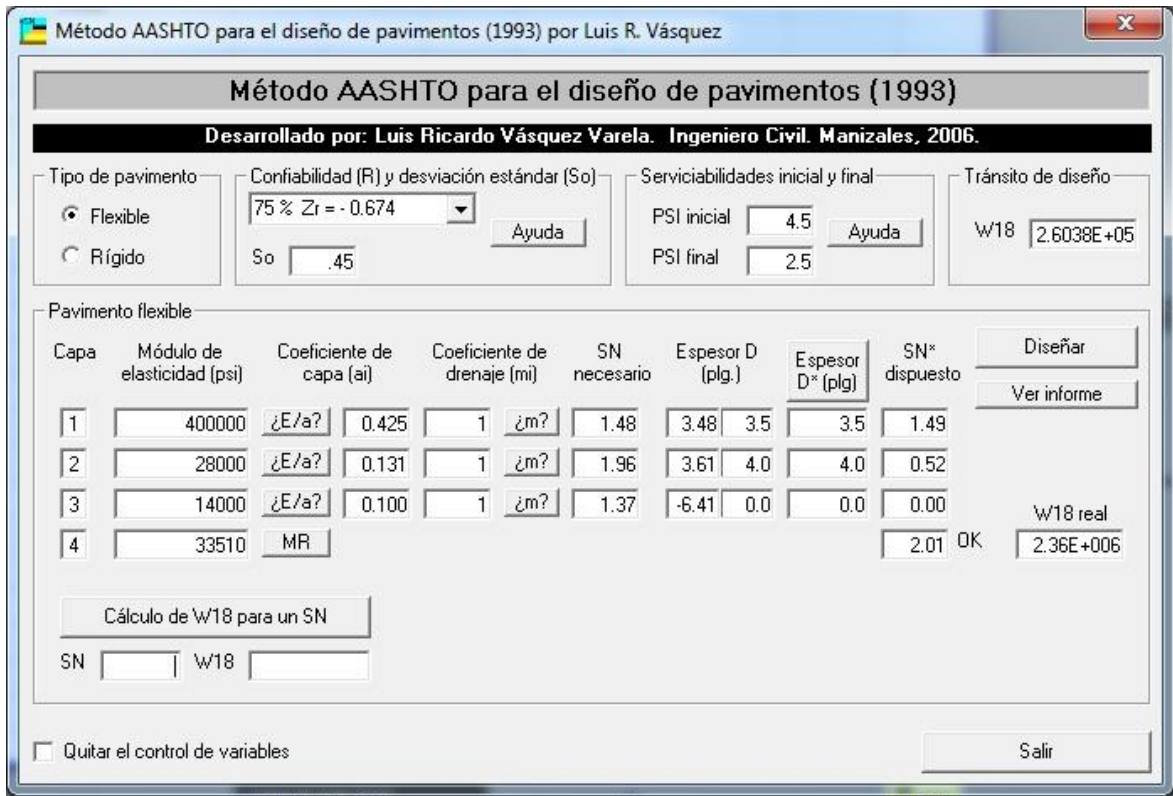
Información adicional para pavimentos rígidos:  
 Módulo de elasticidad del concreto -  $E_c$  (psi)    Coeficiente de transmisión de carga - (J)  
 Módulo de rotura del concreto -  $S_c$  (psi)    Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis:  
 Calcular SN    **W18 = 2.6038E+05**  
 Calcular W18

Número Estructural:  
**SN = 1.37**

Observaciones:

Calculador    Salir



Utilizando la misma ecuación para calcular los SN de las demás capas tenemos:

$$SN_1 = 0.67$$

$$SN_2 = 0.96$$

$$SN_{3\text{requerido}} = 1.37$$

Con los resultados obtenidos podemos determinar los espesores de pavimento

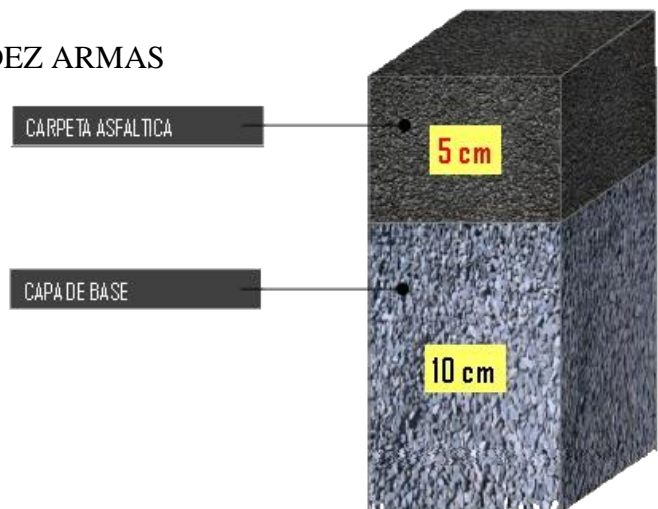
Project: TESIS OCTAVIO GRANDEZ ARMAS

**Superficie = 2" – 5cm**

**Base = 4" – 10cm**

**Subbase = NO REQUIERE**

Graficando tenemos:



## DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE MÉTODO MECANISTICO-EMPIRICO (MEPDG)

### Information General

Vida de Diseño:	15 años
Tipo de Diseño:	Flexible

### Parámetros de Analisis

Performance Criteria	Límites	
Reliability		
Inicial IRI (in/mi)	63	
Final IRI (in/mi)	172	75
AC Fisuramiento de la superficie al fondo (Fisurameinto Long) (ft/mile):	500	75
AC Fisuramiento del fondo a la superficie (Piel de cocodrilo) (%):	25	75
AC Fractura Termica (Fractura Transversal) (ft/mi):	500	75
Fracturas por fatiga en la capa estabilizada (Fractura por fatiga)	25	75
Deformacion Permanente en Pavimento (AC Only) (in):	0.25	75
Deformacion Permanente en capa (Pavimento total) (in):	0.75	75
Reflective Fisuramiento (%):	100	

**Locación:** **Morales, San Martín, San Martín**

Arteria Principal -

Dato: 21/11/2013

Dirección del tráfico: Ambos Sentidos

### Nivel de Entrada de Datos

Nivel de Entrada de Datos Nivel 3, defecto y valores históricos de agencia.

### Tráfico

Inicial two-way AADTT:	100
Números de carriles en dirección del diseño:	2
Porcentaje de camiones en dirección del diseño (%):	50
Porcentaje de camiones en carriles de diseño (%):	95
Velocidad Operacional (mph):	60

## Estructura--Lineas

### Linea 1 -- Asphalt concrete

Tipo de Material: Asphalt concrete

Layer thickness (in): 2

#### General Properties

##### General

Temperatura Referencial (F°): 70

##### Volumetric Properties as Built

Effective binder content (%): 11.6

Air voids (%): 7

Total unit weight (pcf): 150

Poisson's ratio: 0.35(user entered)

##### Thermal Properties

Thermal conductivity asphalt (BTU/hr-ft-F°): 0.67

Heat capacity asphalt (BTU/lb-F°): 0.23

##### Asphalt Mix

Cumulative % Retained 3/4 inch sieve: 0

Cumulative % Retained 3/8 inch sieve: 23

Cumulative % Retained #4 sieve: 40

% Passing #200 sieve: 6

##### Asphalt Binder

Option: Superpave binder grading

A 10.6900 (correlated)

VTS: -3.5660 (correlated)

### Linea 2 -- A-1-a

Unbound Material: A-1-a

Thickness(in): 4

#### Strength Properties

Nivel de Datos: Level 3

Analysis Type: ICM inputs (ICM Calculated Modulus)

Poisson's ratio: 0.35

Coefficient of lateral pressure, Ko: 0.5



CBR: 80  
 Modulus (calculated) (psi): 40000

ICM Datos

Gradacion y Plasticidad Index

Plasticidad Index, PI: 0  
 Liquid Limit (LL) 18.16  
 Compacted Layer No  
 Pasa #200 sieve (%): 12  
 Pasa #40 23.3  
 Pasa #4 sieve (%): 54.4  
 D10(mm) 0.025  
 D20(mm) 0.2891  
 D30(mm) 0.8994  
 D60(mm) 6.252  
 D90(mm) 28.12

Sieve	Percent Passing
0.001mm	
0.002mm	
0.020mm	
#200	11.99
#100	
#80	15.54
#60	
#50	
#40	23.28
#30	
#20	
#16	
#10	38.56
#8	
#4	54.35
3/8"	68.6
1/2"	74.43
3/4"	81.51
1"	87.79
1 1/2"	95.42
2"	
2 1/2"	
3"	
3 1/2"	
4"	

Calculated/Derived Parameters

Maximum dry unit weight (pcf):	132.1 (derived)
Specific gravity of solids, Gs:	2.70 (derived)
Saturated hydraulic conductivity (ft/hr):	0.1298 (derived)
Optimum gravimetric water content (%):	6.8 (derived)
Calculated degree of saturation (%):	71.7 (calculated)
Soil water characteristic curve parameters:	Default values

Parameters	Value
a	6.2638
b	0.55005
c	1.2851
Hr.	100

**Layer 3 -- A-4**

Unbound Material:	A-4
Thickness(in):	12
Strength Properties	
Input Level:	Level 3
Analysis Type:	ICM inputs (ICM Calculated Modulus)
Poisson's ratio:	0.35
Coefficient of lateral pressure,Ko:	0.5
Modulus (calculated) (psi):	16500
ICM Inputs	
Gradation and Plasticity Index	
Plasticity Index, PI:	9.19
Liquid Limit (LL)	25.58
Compacted Layer	No
Passing #200 sieve (%):	46.4
Passing #40	89.8
Passing #4 sieve (%):	100
D10(mm)	0.000416
D20(mm)	0.001731
D30(mm)	0.007199
D60(mm)	0.1536

D90(mm)

0.4305

Sieve	Percent Passing
0.001mm	
0.002mm	
0.020mm	
#200	46.44
#100	59.58
#80	65.74
#60	78.66
#50	84.96
#40	89.79
#30	95.41
#20	98.06
#16	98.81
#10	99.82
#8	99.94
#4	100
3/8"	
1/2"	
3/4"	
1"	
1 1/2"	
2"	
2 1/2"	
3"	
3 1/2"	
4"	

**Calculated/Derived Parameters**

Maximum dry unit weight (pcf):	115.8 (derived)
Specific gravity of solids, Gs:	2.70 (user input)
Saturated hydraulic conductivity (ft/hr): (derived)	1.194e-005
Optimum gravimetric water content (%):	13.1 (derived)
Calculated degree of saturation (%):	77.8 (calculated)
Soil water characteristic curve parameters:	Default values

Parameters	Value
a	80.085
b	0.8951
c	0.40193
Hr.	500

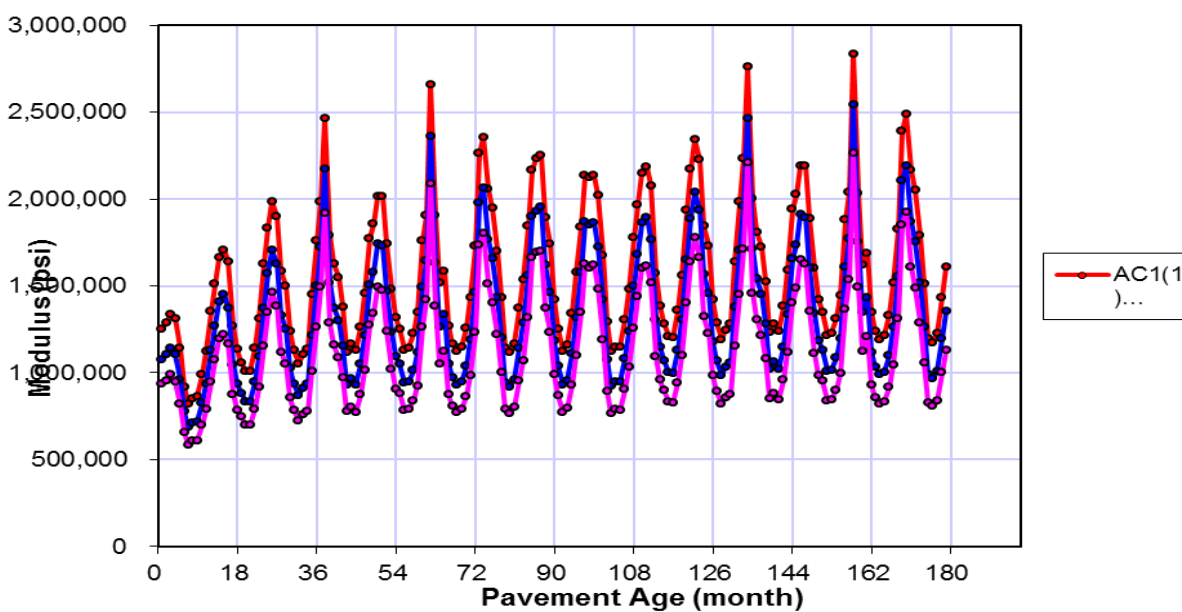
Una vez colocado todos los datos según el nivel jerárquico la pantalla del programa se debe ver de esta manera.



**Podemos observar los gráficos principales tales como:**

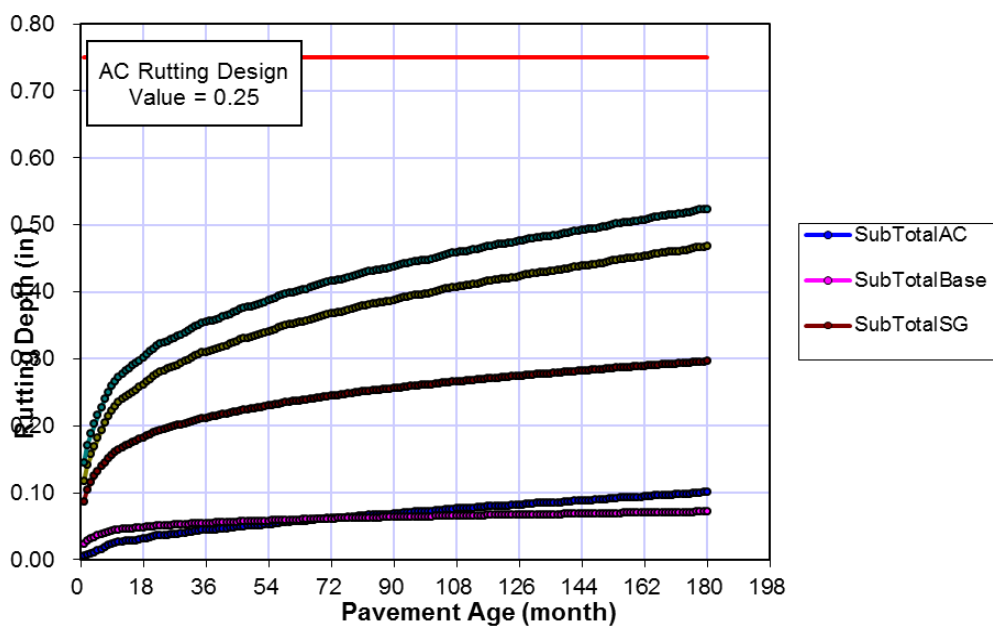
El asfalto con sus capas y su comportamiento en el tiempo

### Asphalt Sub-Layers Modulus Vs Time



La deformación del pavimento en

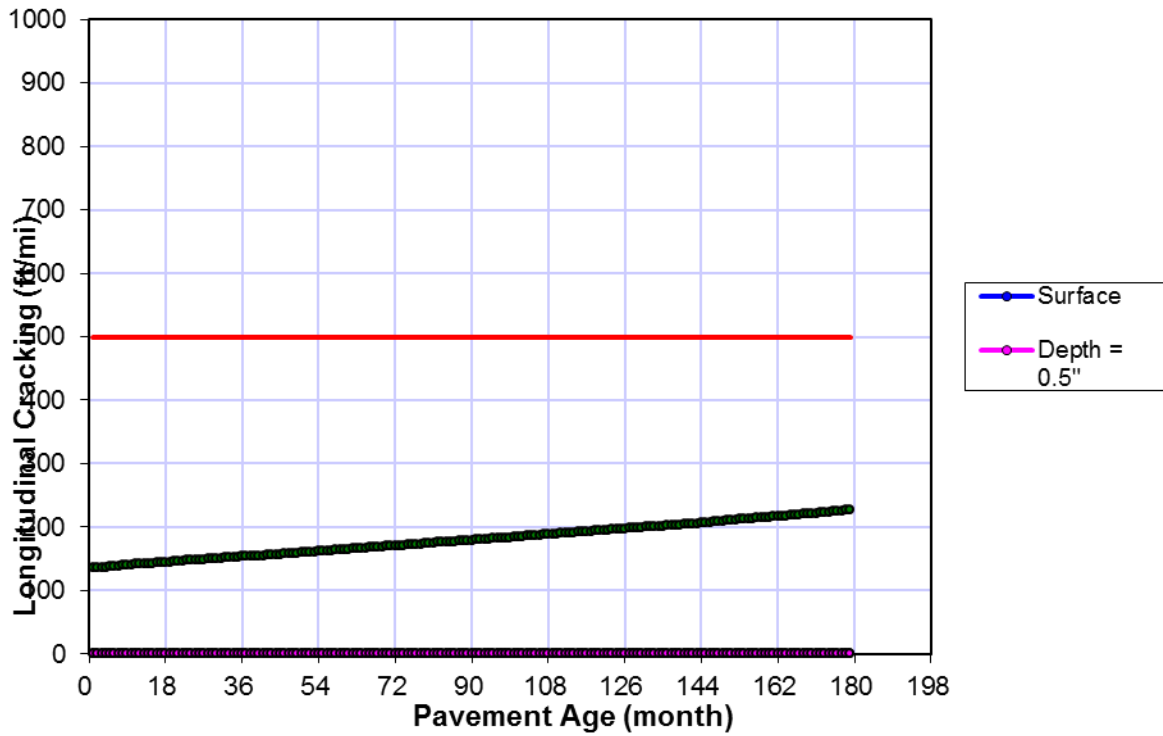
### Permanent Deformation: Rutting



USO

Confiabilidad del Diseño para la Regularidad Superficial

### Surface Down Cracking - Longitudinal



Performance Criteria	Deterioro Especificado	Confiabilidad Descada	Deterioro Pronosticado	Confiabilidad Pronosticada	¿Aceptable?
Terminal IRI (in/mi)	172	75	98.7	99.59	Pass
Fisuramiento de la superficie al fondo (Fisuramiento Long) (ft/mile):	500	75	0.6	93.13	Pass
Fisuramiento del fondo a la superficie (Piel de Cocodrilo) (%):	25	75	0	99.999	Pass
Fracturas Termicas (Fracturas Transversales) (ft/mi):	500	75	1	99.999	Pass
Fracturas por fatiga en la capa estabilizada (fractura por fatiga)	25	75			N/A
Deformacion permanente en pavimento (AC Only) (in):	0.25	75	0.1	99.99	Pass
Deformacion permanente Capa (pavimento total) (in):	0.75	75	0.47	99.97	Pass

Deterioro Especificado	Confiabilidad Deseada	Deterioro Pronosticado	Confiabilidad Pronosticada	¿Aceptable ?
172	75	98.7	99.59	Pass
500	75	0.6	93.13	Pass
25	75	0	99.999	Pass
500	75	1	99.999	Pass
25	75			N/A
0.25	75	0.1	99.99	Pass
0.75	75	0.47	99.97	Pass

### Resultados:

- El resultado de la Confiabilidad IRI es más bajo que el propuesto, la solución sería modificar la confiabilidad por un valor más bajo.
- Los demás valores nos indica que el pavimento propuesto no tendrá ninguna falla en:

#### Para pavimentos flexibles se tiene:

- ✓ Fisuración por fatiga PASA
- ✓ Ahuellamiento PASA
- ✓ Fisuración longitudinal, de arriba hacia abajo PASA
- ✓ Fisuración térmica PASA

## V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos con los dos métodos no muestran diferencias significativas en la estructuración, aunque existen diferencias de diseño basadas en el método AASHTO 93, que no predice el comportamiento de degradación. Contrariamente a las predicciones del líder norteamericano MEPDG. Sin embargo, al aplicar el enfoque mecanicista empírico, se debe tener en cuenta que los modelos de degradación no están calibrados a las realidades nacionales. Esto afecta los resultados obtenidos en este estudio.

Las estructuras obtenidas bajo el programa AASHTO 93 se ingresaron en el software de la Guía de América del Norte y se encontró que cumplían con todos los criterios de desempeño.

### **DISEÑO ESTRUCTURAL EMPÍRICO AASHTO '93**

Está basado en resultados de experimentos de campo

Vincula variables de diseño e indicadores de comportamiento (AASHTO '93, Método CBR, etc.)

Las relaciones observadas no están necesariamente asociadas a una base científica.

**DISEÑO EMPÍRICO – MECANICISTA (MECHANISTIC-EMPIRICAL PAVEMENT DESIGN GUIDE, MEPDG)**

Tiene aspectos tanto empíricos como mecanicista. Los componentes mecánicos permiten el uso de modelos matemáticos para determinar la reacción de las superficies a cargas 'críticas' y condiciones climáticas. El componente empírico relaciona la respuesta vial con los índices de comportamiento observados (degradación e IRI). Los límites de tolerancia y la confiabilidad se definen por separado para cada métrica.

Aunque el método del MEPDG es moderno y nos predice el comportamiento que tendrá la estructura (Fallas), y cómo hacer para evitar éstas, aún no está listo para ser usado en nuestro país dado que requiere el ingreso de mucha información climatológica local, por lo que ésta no está disponible actualmente en nuestro país es



difícil aceptar que los resultados obtenidos por este programa sean cien por ciento reales.

En conclusión, se puede decir que la guía norteamericana es un paso adelante en el diseño de nuevos pavimentos flexibles, pero encuentra mayor significancia estadística para algunos modelos de degradación (deformación permanente) y soluciones a problemas menores. Un defecto confirmado en la versión preliminar del software.

En mi opinión, el éxito de AASHTO 93 se define por tres razones básicas. Su sencillez, excelentes resultados y accesibilidad. Es simple ya que limita el diseño del pavimento a un número reducido de parámetros para calcular el espesor del paquete estructural. Para caminos flexibles, se calcula el número de estructura (SN) y se puede estimar la capa de agregado y el espesor del asfalto. Para pavimento duro, el espesor de la capa de hormigón se calcula directamente. buen resultado, porque las experiencias de pavimentos bien diseñados y construidos bajo esta metodología han alcanzado o superado la serviciabilidad esperada. **Accesibilidad**, dado que AASHTO desarrolló herramientas simples como los ábacos, o a que se encuentran disponibles hojas de Excel o softwares gratuitos (o a precios razonables) que dan solución a las ecuaciones empíricas. Estas razones hicieron que el suplemento AASHTO 98 no prosperara, desestimándose para la mayoría de países.

A finales de 2011, AASHTO creó formalmente una nueva metodología de diseño. Combina conceptos teóricos relacionados con las fuerzas y deformaciones de la superficie (mecanicistas) con conocimientos adquiridos a lo largo del tiempo (empírica). AASHTO 2010, también conocida como MEPDG (Mechanistic Empirical Design Guide, siglas en inglés), fue adoptada en los Estados Unidos luego de más de una década de discusión. Cabe aclarar que esta metodología se apoya en el software DARWIN ME distribuido por AASHTO, ya que aún no está implementado en todas las oficinas

Cuando los diseñadores ingresan al mundo de MEPDG, se sienten inmediatamente atraídos por su consistencia y profesionalismo. Especialmente cuando se compara con la antigua guía AASHTO 93, que utiliza conceptos fácilmente criticables y ajustados para comprender las ecuaciones. Parámetros como: el número estructural (SN), los coeficientes estructurales ( $a_i$ ), los coeficientes de drenaje (Cd), el parámetro de

transferencia de carga (J), el eje equivalente (ESAL), así como la forma en que la confiabilidad es aplicada, hacen que AASHTO 93 sea vulnerable a las críticas. Sin embargo, para los que conocemos a fondo la lógica del MEPDG, es imposible no preguntarnos qué significa realmente la implementación de esta nueva metodología de diseño para nuestra realidad.

CUADRO COMPARATIVO ENTRE MÉTODO AASHTO 93 Y EL MEPDG	
Guía AASHTO 1993	Guía AASHTO 2010
Software en Español (No necesita acceso a internet)	Software en Ingles (Necesita acceso a internet)
Método más usado a nivel mundial, ábacos aceptados y usados por la mayoría de países	Necesita implementar una base de datos regionales, y a nivel nacional (Base de datos del País) para el uso correcto del software
Se caracteriza por su simplicidad (ábacos, hojas de cálculo, software), buenos resultados y su accesibilidad, costo del Software gratuito	Caracteriza por ser un método complejo, aunque da mejores resultados, predicción del comportamiento de la estructura, costo del software muy elevado (\$5000 x año)
Solo se necesita estudio de tráfico y resultado del CBR (estudio de Suelos)	Muy necesario estudio de tráfico y la totalidad de los estudios de Mecánica de Suelos
Nos da como resultado el espesor de las capas del pavimento	Nos da una predicción del comportamiento de la estructura de pavimento, y alternativas de solución

## V. CONCLUSIONES

- 6.1 La capacidad portante del suelo del tramo en estudio es de 11.17 en promedio, obtenida en base a los ensayos de CBR, el cual está en el rango de 11-19%, por tanto, califica como una subrasante buena.
- 6.2 Los parámetros de diseño del método AASHTO '93, son el estudio de tráfico y el estudio de mecánica de suelos (exclusivamente el ensaño de CBR), y los parámetros de diseño son el estudio de tráfico, mecánica de suelos (todos los ensayos) y el clima.
- 6.3 Se considera que el método de diseño que propone la AASHTO '93, presenta limitantes respecto al método Mecánico – Empírico 2008 MEPDG, en vista de que no considera el comportamiento de la estructura durante su vida útil de diseño. Por lo tanto, obtenidos los resultados y analizados se llegó a la conclusión que el método más adecuado a utilizar para realizar el diseño estructural de los Jirones Oriental e Independencia es el método Mecánico – Empírico 2008 MEPDG, porque permitirá que el diseño cumpla estructuralmente durante el periodo que fue diseñada.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- 7.1 Se recomienda usar el método AASHTO 1993 para conseguir los espesores de la capa de pavimento, apoyándose con el nuevo modelo M-E PDG, para prever las posibles fallas en el diseño y corregir el cálculo según los resultados obtenidos.
- 7.2 Intervención de un equipo en representación de PROVIAS NACIONAL, Colegio de Ingenieros del Perú, universidades, consultores y autoridades de la industria. Esta es una prioridad para que se reconozcan los frutos de tan importante esfuerzo.
- 7.3 Evaluar las superficies asfálticas y pavimentadas de las redes estatales, departamentales y distritales y establecer una correlación con el índice de valor límite especificado por el MEPDG. Tenga en cuenta que este trabajo también se puede utilizar para calibrar el modelo de detrimento HDM4. Actualmente se está ejecutando un proyecto para realizar un inventario de la red vial, y dicha evaluación podría realizarse en paralelo con los fondos ya aprobados.
- 7.4 Sólo como comentario, el plan de calibración de los modelos MEPDG en PERÚ tendrá una duración de varios años, para verificar, pronosticar y mejorar el diseño de pavimentos en nuestra región.

## REFERENCIAS

Norma técnica CE. 010 pavimentos urbanos

Manual para el diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito

AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC, 1993.

Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures, National Cooperative Highway Research

Software Ecuacion AASHTO 93 Para el calculo del SN- Numero estructural

Software Design Guide: M-E PGD última actualización 2012

BUSTAMAMENTE. Características Geotécnicas del Subsuelo de la Ciudad de Iquitos (Tesis Pregrado) Universidad Nacional de Ingeniería, Lima Perú. 1993

CRUZ, Néstor. Análisis Geotécnicos y Propuestas De Cimentaciones Sobre Rellenos En la Zona Nor – Oeste de la Ciudad de Juliaca (Tesis Magister). Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez”, 2006.p.127

ESTAIRE, José. Comportamiento de Cimentaciones Superficiales sobre Suelos Granulares Sometidas a Solicitaciones Dinámicas (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Madrid”, 2004.p.125

FERNÁNDEZ. Mejoramiento y Estabilización de Suelos. LIMUSA.Mexico.1982.

JIMÉNEZ, Jorge Fernando. Zonificación de la Capacidad Portante del Suelo del Distrito de la Banda de Shilcayo (Tesis Pregrado). Universidad Nacional de San Martín, 2010.p.107

VALVERDES, Ignacio. Cimentaciones de Edificios en Condiciones Estáticas y Dinámicas: Caso de Estudio al W de la Ciudad de Granada (Tesis Doctoral) Universidad de Granada - España – 2010.p.100

VARGAS, Rubén Rodrigo Análisis de la Influencia de la Variabilidad de los Parámetros Geotécnicos en el Diseño Geotécnico de Muros de Contención, Utilizando el Método Monte Carlo (Tesis Pregrado) Pontificia Universidad Católica del Perú - 2013.p.86.

TOMLINSON. Cimentaciones Diseño y Construcción. Editorial Trillas S.A. México. 1996

Capítulo Peruano del Instituto Americano del Concreto, Cimentaciones de concreto armado en edificaciones. I Congreso Nacional de Ingeniería Estructural y Construcción, 2001

NTP 339.089. SUELOS. Obtención en laboratorio de muestras representativas (cuarteo). 1a. ed., Lima, Perú. 1998

NTP 339.090. SUELOS. Preparación en seco de muestras para el análisis granulométrico y determinación de las constantes del suelo. 2a. ed., Lima, Perú.

NTP 339.127 1998, SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed., Lima, Perú. 1998

NTP 339.128. SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico. Lima, Perú. 1999

NTP 339.13. SUELOS. Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de un suelo. Lima, Perú. 1999

NTP 339.132. SUELOS. Método de ensayo para determinar el material que pasa el tamiz N° 200-(75 mm). Lima, Perú. 1999

NTP 339.134. SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelo, SUCS). Lima, Perú. 1999

NTP 339.141. SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)). Lima, Perú. 1999

NTP 339.251. SUELOS. Práctica recomendada para la corrección del peso unitario y contenido de humedad para suelos que contienen partículas de sobre medida. Lima, Perú. 2003

## **ANEXOS**



## Diseño de Espesores Pavimentos Asfálticos método AASHTO-93.

La formula utilizada para este método es:

$$\log_{10} W_{18} = Z_r S_o + 9.36 \log_{10} (SN + 1) - 0.20 + \frac{\log \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + 1094} + 2.32 \log_{10} M_r - 8.07$$

$$\frac{1}{(SN + 1)^{5.19}}$$

donde .

W18=	Numero de cargas de ejes simples equivalentes de 18 Kips (80 kN) calculadas conforme el transito vehicular.
Zr=	Es el valor de Z (área bajo la curva de distribución) correspondiente a la curva estandarizada para una confiabilidad R
So=	Desviación estándar de todas las variables
ΔPSI=	Perdida de serviciabilidad
Mr=	Modulo de resiliencia de la subrazante
SN=	Numero estructural

DATOS:

Tipo de pavimento	Pavimento flexible
Clasificación por su función	Carretera de la Red Vial Urbana
Clase de Trafico	T3
Periodo de diseño:	20 años
Tasa de crecimiento promedio anual:	3.6 %
Numero de Carriles:	2
Direcciones:	1
Modulo de elasticidad de rotura del concreto asfaltic EC:	400 PSI
CBR - Capa de Base:	89.62
CBR - Capa de Sub Base:	47.84
CBR - terreno de Fundación:	11.17
Coefficiente de drenaje ml=m2:	1

$$T_n = T_o(1+i)^{n-1}$$

Donde:

T<sub>n</sub> = Tránsito proyectado al año "n" en veh/día.  
T<sub>o</sub> = Tránsito actual (año base o) en veh/día.  
n = Años del periodo de diseño.  
i = Tasa anual de crecimiento del tránsito que se define en correlación con la dinámica de crecimiento socio-económico(\*) normalmente entre 2% y 6% a criterio del equipo del estudio.

ADT = tránsito promedio diario anual (Average Dairy Traffic) en vpd, representa el promedio aritmético de los volúmenes diarios de tránsito durante un año, previsibles o existentes en una sección dada de la vía. Se determina por razones prácticas en forma diferenciada para cada tipo de vehiculo.

Tipo de carretra	Periodo de análisis (años), t		15 años
Urbana con altos volúmenes de transito	30	50	
Interurbana o rural con altos volúmenes d	20	50	
Pavimentada con bajos volumen de transit	15	25	
Tratada superficialmente de bajo volumen	10	20	

TIPO DE VEHICULO	TRAFICO ACTUAL (DIARIO)	TRAFICO ACTUAL (ANUAL)	FACTOR ESAL	FACTOR DE CRECIMIENTO	ESAL
Auto	14	5110	0.9245	19.44	91.832
Camioneta PickUp	11	4015	0.9245	28.57	106.056
Combi	7	2555	0.9245	28.57	67.490
Microbus					
2E					
>=3E	7	2555	0.989	28.57	72.199
2E					
4E					
2S1/2S2					
2S3/3S1/3S3					
>=3S3					
2T2					
2T3					
>=3T2					

$$FEC = \left( \frac{P_1}{P_0} \right)^4$$

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

Σ ESAL = W18 = 337,576.55

ESAL = W18 = Equivalente Single Axle Load = Cantidad pronosticada de repeticiones del eje de carga equivalente de 18 kips (8.16 t = 80 kN) para el periodo analizado.

W18 = DdxDLxW18 1.688E+05

Donde:

P<sub>0</sub> es la carga estándar y P<sub>1</sub> es la carga cuya equivalencia de daño se desea calcular

DD = Factor de distribución direccional crítica (a menos que existan consideraciones especiales, la distribución direccional asigna un 50% del tránsito a cada dirección),(de D

DL = Factor de distribución de carril

Numero de carriles en una dirección	Porcentaje del ESAL en el carril de diseño, D <sub>L</sub>		DD=	DL=
1	1.00		0.50	1.00
2	0.80	1.00		
3	0.60	0.85		
4	0.50	0.75		

**Niveles sugeridos de confiabilidad de acuerdo a la clasificación funcional del camino R**

$$F_R = 10^{-Z_R S_o}$$

R=	95 %
Z <sub>R</sub> =	-1.645
F <sub>R</sub> =	5.50
W <sub>18</sub> =	9.281E+05

Clasificación funcional	Nivel de confiabilidad, R, recomendado			
	Urbana		Rural	
Interestatales y vías rápidas	85	99.9	80	99.9
Arterias principales	80	99	75	95
Colectoras	80	95	75	95
Locales	50	80	50	80

La confiabilidad en el diseño (R) puede ser definida como la probabilidad de que la estructura tenga un comportamiento real igual o mejor que el previsto durante la vida de diseño. Cada valor de R está asociado estadísticamente a un valor del coeficiente de STUDENT (Z<sub>R</sub>). A su vez, Z<sub>R</sub> determina, en conjunto con el factor "S<sub>o</sub>", un factor de confiabilidad.

**Resistencia del terreno de fundación**

**MR = módulo de Resiliencia, en psi, del material de terracería (subrasante).**

Mr= 33510 psi

este modulo se puede obtener directamente o puede utilizar la siguiente correlación entre el CBR de la terracería y el módulo de resiliencia:

MR (psi) = B x CBR    B= 10.5 para CBR <10%

Para CBR < ó = 7    Mr = 1,500 CBR (psi)    (α)    1500.CBR

Para 7 < CBR < ó = 20    Mr = 3,000 CBR ^ 0.65 (psi)    (β)    3000.CBR

Para CBR > 20    Mr = 4326 ln CBR + 241 (psi)    (γ)    4326.Ln(CBR)+241

**Determinación de la desviación estándar total S<sub>o</sub>**

S<sub>o</sub>= 0.45

Tabla Valores de la desviación estándar normal, Z<sub>r</sub>, correspondientes a los niveles de confiabilidad, R

Confiabilidad, R, en porcentaje	Desviación estándar normal, Z <sub>r</sub>
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

S<sub>o</sub> debe estar entre los siguientes rangos  
0.4    0.5 Pavimentos flexibles

**Calculo de la perdida de serviciabilidad**

**ΔPSI = diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial, p<sub>or</sub>, y el índice de serviciabilidad terminal de diseño, p<sub>t</sub>**

ΔPSI = p<sub>i</sub> - p<sub>t</sub>.

**Serviciabilidad**

Es la condición de un pavimento para proveer un manejo seguro y confortable a los usuarios en un determinado momento. inicialmente se cuantificó la serviciabilidad de una carretera pidiendo la opinión de los conductores, estableciendo el índice de serviciabilidad p de acuerdo a la siguiente calificación:

Índice de Serviciabilidad, p	Clasificación	Serviciabilidad inicial	
0	1	Muy mala	Para pavimentos flexibles    4.5
1	2	Mala	
2	3	Regular	Serviciabilidad final
3	4	Buena	Para pavimentos flexibles    2.5 ó mas para caminos principales
4	5	Muy Buena	

P <sub>i</sub> =	4.5
P <sub>t</sub> =	2.5
ΔPSI=	2

**Coefficiente de drenaje m<sub>i</sub>**

m<sub>i</sub>=m<sub>2</sub>= 1.00

Calidad del drenaje    Porcentaje del tiempo en que la estructura de pavimento esta expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación

	Menos de 1%		1 - 5%		5 - 25%		Mas del 25%
	Excelente	1.4	1.35	1.35	1.3	1.3	1.2
Buena	1.35	1.25	1.25	1.15	1.15	1	1
Regular	1.25	1.15	1.15	1.05	1	0.8	0.8
Pobre	1.15	1.05	1.05	0.8	0.8	0.6	0.6
Deficiente	1.05	0.95	0.95	0.75	0.75	0.4	0.4

**Calculo del SN Para pavimentos flexibles:**

SN = Número estructural indicativo del espesor total requerido de pavimento

**Donde**

$a_1$  = coeficiente estructural de la capa I

$D_1$  = espesor, en pulgadas, de la capa I

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

**CALCULO DE SN<sub>REQUERIDO</sub>**

**DATOS:**

W18=	928095
Mr <sub>BASE</sub>	134430 PSI
Mr <sub>SUBBASE</sub>	71760 PSI
Mr <sub>SUBRAZANTE</sub>	33510 PSI
R=	95 %
ZR=	-1.645
SD=	0.45
PI=	4.5
PT=	2.5
ΔPSI=	2

Calculos	Sub Razante	Sub Base	Base
Mr	33510	71760	134430
log(Esal)	5.96759	5.96759	5.96759
Zr x So	-0.74025	-0.74025	-0.74025
log(Psi/(4.2-1.5))	-0.13033	-0.13033	-0.13033
2.32*log(Mr)	10.49840	11.26565	11.89811
f(x) =	6.20E-07	5.16E-07	4.36E-07

$$\text{Log}_{10} W_{18} = Z_r S_o + 9.36 \text{Log}_{10} (SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log} \left[ \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right]}{0.40 + 1094} + 2.32 \text{Log}_{10} M_r - 8.07$$

$$\frac{1}{(SN + 1)^{5.19}}$$

**Número Estructural SN**



SN:	Sub Base	Base	Superficie
	SN3	SN2	SN1
	2.04	1.50	1.14

SN(i) =

SN<sub>REQUERIDO</sub> = 2.04

**Cálculo del Número Estructural SN**

Superficie de rodado SN1 > a1.D1	SN	1.14	CUMPLE CRITERIO ECUACION OK
Capa de Base SN2 - SN1 > a2.m2.D2	SN2	1.50	NO CUMPLE CRITERIO ASUMIR VALORES
Capa de SubBase SN3 - (SN2 + SN1) > a3.m3.D3	SN3	2.04	NO CUMPLE CRITERIO ASUMIR VALORES

a1 : En funcion al Modulo Elastico del Concreto asfaltico  
a2 : En funcion al CBR(base) v Mr(Base)  
a3 : En funcion al CBR(sub base) v Mr(Sub Base)

**Coficiente de Capa**

Pavimento		a1 =	0.440
Base	a2 = 0.249 (log10 Eb) - 0.977	a2 =	0.300
Sub Base	a3 = 0.227 (log10 Esb) - 0.839	a3 =	0.232

**Coficiente de Drenaje**

Base	m2 = m3	m2 =	1.00
Sub Base		m3 =	1.00

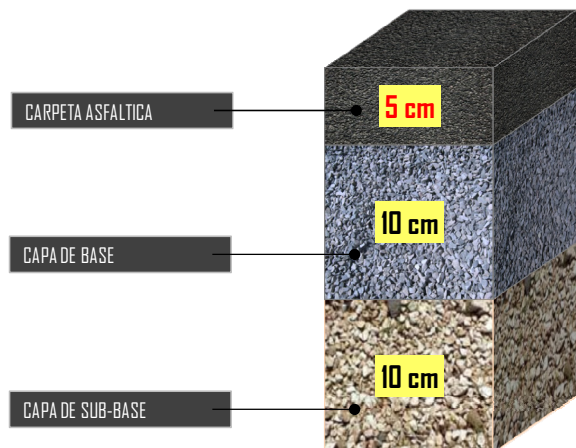
**CALCULOS DE ESPESORES DE CADA CAPA**

**SN y Espesores**

SN(Superficie)	
D1 =	2.58 pulg
SN1*(corregida)	0.88
SN(Base)	
D2 =	2.07 pulg
SN(Base correg.)	1.20
SN(Sub Base)	
D3 =	-0.19 pulg
SN(Sub Base correg.)	-0.04

**Valores Asumidos (para efectos del aporte estructural)**  
(Criterio del Consultor)

Superficie	2.00 pulg
Base	4.00 pulg
SubBase	4.00 pulg





Fecha: JUN / 2017

Nº de Registro: INF/MS-27061364GSM

Fecha Ensayo:

**Proyecto:** ANALISIS COMPARATIVO DE CÁLCULO ESTRUCTURAL VIAL UTILIZANDO LOS METODOS AASHTO: EMPÍRICO 1993 Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO 2008, EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LOS JIRONES ORIENTAL E INDEPENDENCIA EN EL DISTRITO DE MORALES

**Solicita:** Octavio Grández Armas

**Ubicación:** Departamento: SAN MARTÍN Provincia: SAN MARTÍN Distrito: MORALES  
Calle/Jiron/Avenida/otro: JIRONES ORIENTAL E INDEPENDENCIA

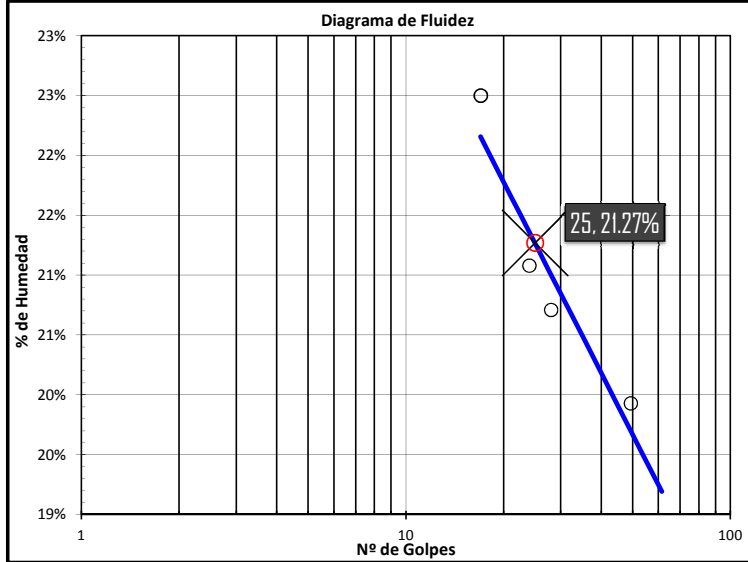
**Estudio Para:** Carreteras de 1er Orden **Ing Responsable:**

**Nº de Excavación:** 01 **Profundidad m.:** **Progresiva:** **Lado:**

**Descripcion Excavación:** Suelo granular para ser usado como sub base mejorada **Nº de muestra:** **Espesor m.:**

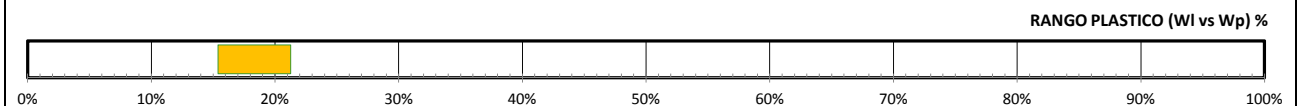
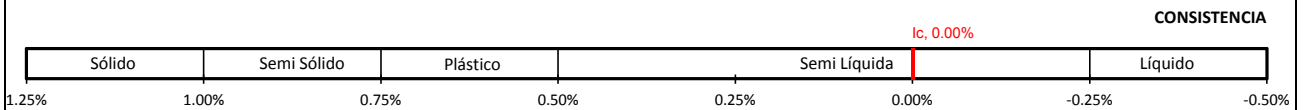
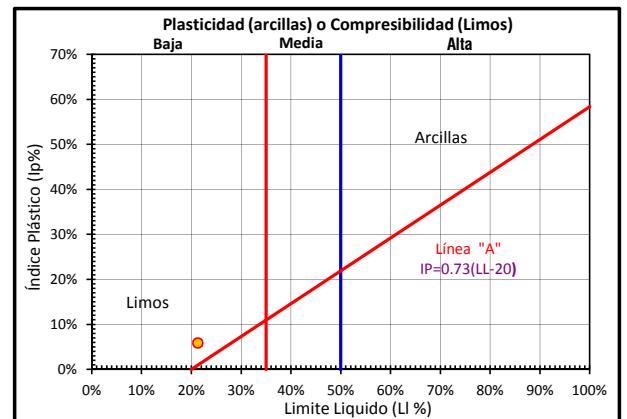
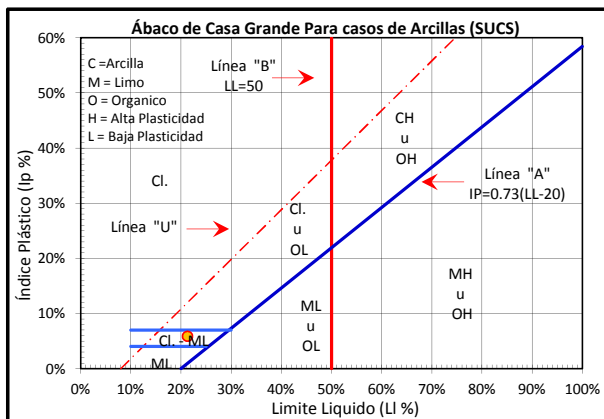
**Descripcion muestra:**

LIMITE LIQUIDO					LIMITE PLASTICO				
a	Peso de la Tara	(grs)	21.02	18.42	22.14	22.30	Peso de la Tara	20.20	21.45
b	Peso del Suelo Humedo + Tara	(grs)	72.42	71.43	71.45	71.59	Peso del Suelo Humedo + Tara	61.33	59.90
c	Peso del Suelo Seco + Tara	(grs)	62.98	62.20	62.99	63.40	Peso del Suelo Seco + Tara	55.82	54.80
d=b-a	Peso del Suelo Humedo	(grs)	51.40	53.01	49.31	49.29	Peso del Suelo Humedo	41.13	38.45
f=c-a	Peso del Suelo Seco	(grs)	41.96	43.78	40.85	41.10	Peso del Suelo Seco	35.62	33.35
g=d-f	Peso del Agua	(grs)	9.44	9.23	8.46	8.19	Peso del Agua	5.51	5.10
h=(d/e)	Humedad	%	22.50	21.08	20.71	19.93	Humedad	15.47	15.29
#	Numero de Golpes	#/Nº	17	24	28	49	PROMEDIO	15.38	



LÍMITES DE CONSISTENCIA	
Límite Líquido (%)	21.27
Límite Plástico (%)	15.38
Indice de Plasticidad Ip (%)	5.89

RESULTADOS	
Indice de Flujo Fw	
Indice de Tenacidad Tw:	
Indice de Liquidez Lw	
Tipo de Suelo por su Liquidez:	
Indice de Consistencia Ic	
Tipo de Suelo por su Consistencia:	
Grado de Consistencia Kw:	
Índice de Compresión Cw	
Tipo de Suelo por su Compresión:	
<b>Compresibilidad Baja</b>	
CLASIFICACION	SUCS <b>GC-GM</b> AASHTO <b>A-1-B (II)</b>





Fecha: JUN / 2017  
 Nº de Registro: INF/MS-27061364GSM  
 Fecha Ensayo:

**Proyecto:** ANALISIS COMPARATIVO DE CÁLCULO ESTRUCTURAL VIAL UTILIZANDO LOS METODOS AASHTO: EMPÍRICO 1993 Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO 2008, EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LOS JIRONES ORIENTAL E INDEPENDENCIA EN EL DISTRITO DE MORALES

**Solicita:** Octavio Grández Armas

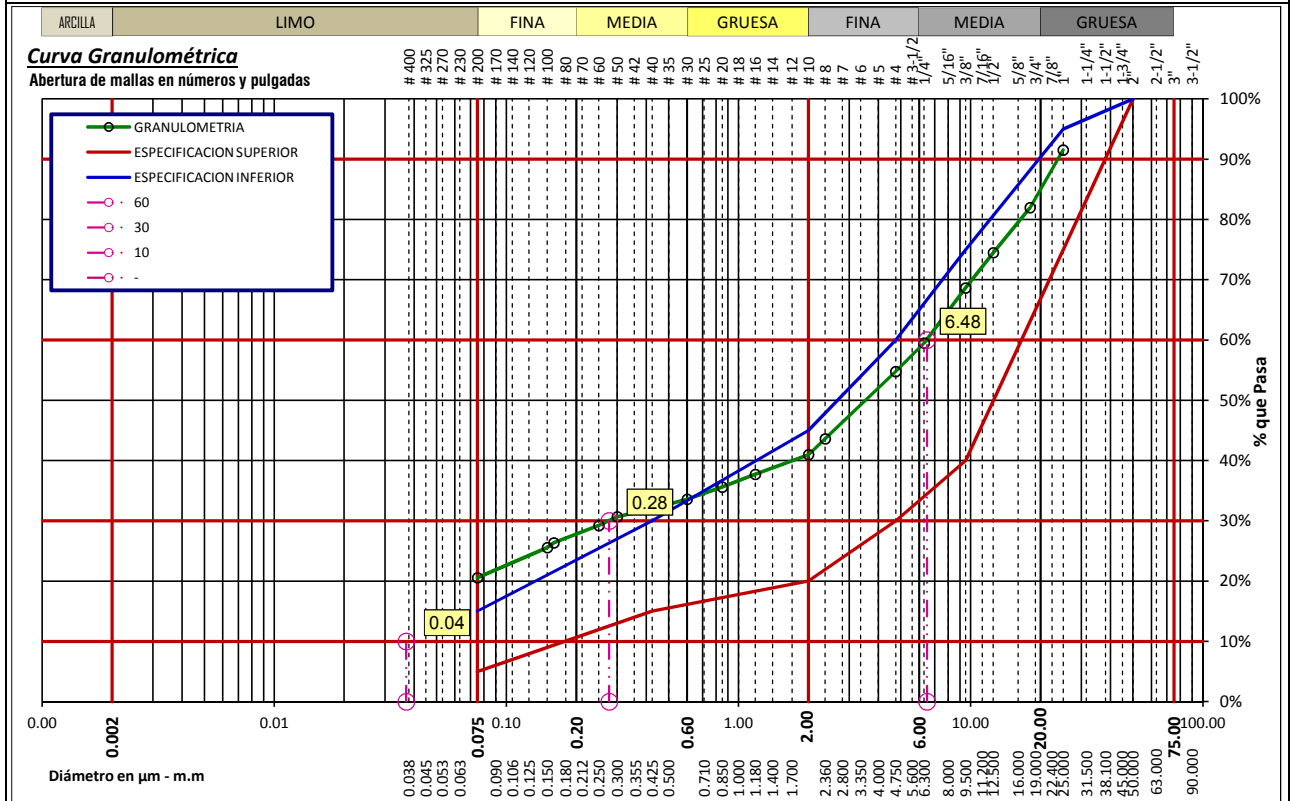
**Ubicación:** Departamento: SAN MARTÍN Provincia: SAN MARTÍN Distrito: MORALES  
 Calle/Jiron/Avenida/otro: JIRONES ORIENTAL E INDEPENDENCIA

**Estudio Para:** Carreteras de 1er Orden **Ing Responsable:**

**Nº de Excavación:** 01 **Profundidad m.:** **Progresiva:** **Lado:**

**Descripcion Excavación:** Suelo granular para ser usado como sub base mejorada **Nº de muestra:** **Esesor m.:**

**Descripcion muestra:**



CALCULOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO:				Método Usado: EN SECO			
<b>DONDE</b>				<b>Humedad Higroscopica</b>			
PI-PF	Peso Inicial -Peso Final	Cu	Coefficiente de Uniformidad	t	Peso de la Tara (grs)	s+a	Peso del Suelo Humedo (grs)
Cc	Coefficiente de Curvatura	IG	Indice de Grupo	s	Peso del Suelo (grs)	a	Peso del Agua (grs)
TM	Tamaño Maximo	MFG	Modulo de Fineza del Agre.Grueso	h=(a/s)*100		Humedad Higroscopica (%)	
TMN	Tamaño Maximo Nominal	MFF	Modulo de Fineza del Agre. Fino	f=100/(100+h)		Factor de correccion humedad higroscopica	

CALCULOS INICIALES				RESULTADOS				SUCS				
Pt	Peso del Tara (grs)	0.00	PI (grs)	Peso Inicial (grs)	1100.00	TM	D60	6.475	Cu	175.00	<b>CC-EM</b>	
PH+Pt	Peso Inicial + Tara (grs)	1100.00	PF (grs)	Peso Final (grs)	1100.00	TMN	D30	0.277	Cc	0.32	AASHTO	
PF+Pt	Peso Final + Tara (grs)	1100.00	% Arc.	20.56	% Error	0.00	MFF	D10	0.037	IG	0.000	<b>A-1-D</b>

ESPECIFICACIONES TECNICAS								
Esp. m.m	50.000	25.000	9.500	4.750	2.000	0.425	0.075	
Lim. Sup.	1.000	0.750	0.400	0.300	0.200	0.150	0.050	
Lim. Inf	1.000	0.950	0.750	0.600	0.450	0.300	0.150	

GRAVAS																	
Mallas	Diametro	ø	>4"	4"	3-1/2"	3"	2-1/2"	2"	1-1/2"	1-1/4"	1"	3/4"	5/8"	1/2"	3/8"	1/4"	# 4
Abertura	Milimetro	m.m		100.00	90.00	75.00	63.00	50.00	38.10	31.50	25.00	18.00	16.00	12.50	9.50	6.30	4.75
PESO RETENIDO	(grs)										93.30	105.10		82.20	64.40	100.50	52.00
% RETENIDO	%										8.48	9.55		7.47	5.85	9.14	4.73
% RETENIDO ACUMULADO	%										8.48	18.04		25.51	31.36	40.50	45.23
% QUE PASA	%										91.52	81.96		74.49	68.64	59.50	54.77

ARENAS																	
Mallas	Diametro	ø	# 8	# 10	# 12	# 16	# 18	# 20	# 30	# 40	# 50	# 60	# 70	# 80	# 100	# 200	Casoleta
Abertura	Milimetro	m.m	2.360	2.000	1.700	1.180	1.000	0.850	0.600	0.425	0.300	0.250	0.212	0.160	0.150	0.075	0.001
PESO RETENIDO	(grs)		122.80	28.80		36.10		23.20	22.10	16.80	15.20	16.10		31.60	8.50	55.10	226.20
% RETENIDO	%		11.16	2.62		3.28		2.11	2.01	1.53	1.38	1.46		2.87	0.77	5.01	20.56
% RETENIDO ACUMULADO	%		56.39	59.01		62.29		64.40	66.41	67.94	69.32	70.78		73.65	74.43	79.44	100.00
% QUE PASA	%		43.61	40.99		37.71		35.60	33.59	32.06	30.68	29.22		26.35	25.57	20.56	0.00



Fecha: JUN / 2017

Nº de Registro: INF/MS-27061364GSM

Fecha Ensayo:

**Proyecto:** ANALISIS COMPARATIVO DE CÁLCULO ESTRUCTURAL VIAL UTILIZANDO LOS METODOS AASHTO: EMPÍRICO 1993 Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO 2008, EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LOS JIRONES ORIENTAL E INDEPENDENCIA EN EL DISTRITO DE MORALES

**Solicita:** Octavio Grández Armas

**Ubicación.** Departamento: SAN MARTÍN Provincia: SAN MARTÍN Distrito: MORALES  
Calle/Jiron/Avenida/otro: JIRONES ORIENTAL E INDEPENDENCIA

**Estudio Para:** Carreteras de 1er Orden **Ing Responsable:**

**Nº de Excavación:** 01 **Profundidad m.:** **Progresiva:** **Lado:**

**Descripcion Excavación:** Suelo granular para ser usado como sub base mejorada **Nº de muestra:** **Espesor m.:**

**Descripcion muestra:**

**RESUMEN DE LOS ENSAYOS**

% pasa la # 200	20	Σ % Ret. Parciales Gruesos	45	Coef. de Uniformidad	175.000	Limite Liquido	21
% pasa la # 40	32	Σ % Ret. Parciales Finos	34	Coef. de Curvatura	0.320	Limite Plastico	15
% pasa la # 10	40	D60	6.475	Indice de grupo:	(0)	Índice de Plasticidad.	6
% pasa la # 4	54	D10	0.277				

**Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)**

"US Army Corps of Engineers" y el "Bureau of Reclamation"

MATERIALES	CONST. PRINCIPAL	CONST. SECUNDARIA	CARACTERISTICA	LITERAL DEL GRUPO
GRUESOS	GRAVA	SIN FINOS	BIEN GRADUADAS	GW
			MAL GRADUADAS	GP
		NOMENCLATURA DOBLE		(GW-GM) (GW-GC) (GP-GM) (GP-GC)
		CON FINOS	LIMOSOS	GM
			ARCILLOSOS	GC
			LIMOS ARCILLOSOS	GC-GM
	ARENA	SIN FINOS	BIEN GRADUADAS	SW
			MAL GRADUADAS	SP
		NOMENCLATURA DOBLE		(SW-SM) (SW-SC) (SP-SM) (SP-SC)
		CON FINOS	LIMOSOS	SM
		ARCILLOSOS	SC	
FINOS	LIMOS	INORGANICOS	BAJA A MEDIA PLASTICIDAD	CL
				ML
	ALTA PLASTICIDAD		CH	
			MH	
	LIMOS Y ARCILLAS	ORGANICOS	BAJA A MEDIA PLASTICIDAD	CL-ML
	ARCILLAS		MEDIA A ALTA PLASTICIDAD	OL
				OH

**Sistema de Clasificación de Suelos (AASHTO)**

"American Association of State Highway and Transportation Officials"

MATERIALES	GRUPO	SUB - GRUPO	DESCRIPCION
GRUESOS	A - 1	A-1-a	Fragmentos de rocas, grava y arena
		A-1-b	
	A - 2	A-2-4	Grava y arena arcillosa o limosa
		A-2-5	
		A-2-6	
A-2-7			
A - 3	A-3	Arena fina	
FINOS	A - 4	A-4	Suelo limoso
	A - 5	A-5	
	A - 6	A-6	
	A - 7	A-7-5	Suelo arcilloso
		A-7-6	

Standart Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes - ASTM D 2487-00

**SUCS**

**GC-GM**

Suelo de Particulas Gruesas

GRAVA

Con Finos

Grava limosa arcillosa con arena

**AASHTO**

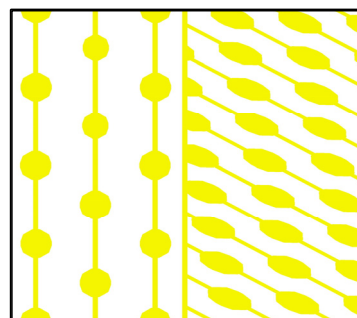
**A-1-b (0)**

MATERIAL GRANULAR

Fragmentos de roca, grava y arena

Excelente a Bueno

REPRESENTACIÓN GRAFICA



**Proyecto:** ANALISIS COMPARATIVO DE CÁLCULO ESTRUCTURAL VIAL UTILIZANDO LOS METODOS AASHTO: EMPÍRICO 1993 Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO 2008, EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LOS JIRONES ORIENTAL E INDEPENDENCIA EN EL DISTRITO DE MORALES

**Solicita:** Octavio Grández Armas

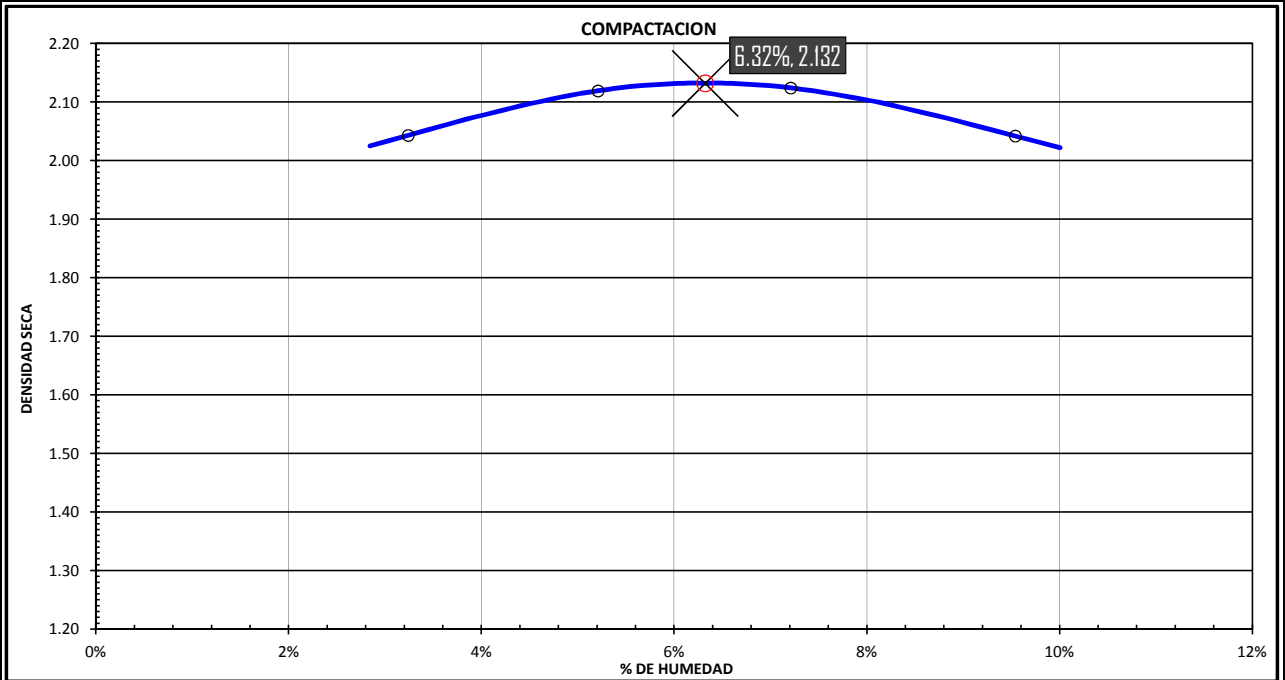
**Ubicación:** Departamento: SAN MARTÍN Provincia: SAN MARTÍN Distrito: MORALES  
Calle/Jiron/Avenida/otro: JIRONES ORIENTAL E INDEPENDENCIA

**Estudio Para:** Carreteras de 1er Orden **Ing Responsable:**

**Nº de Excavación:** 01 **Profundidad m.:** **Progresiva:** **Lado:**

**Descripcion Excavación:** Suelo granular para ser usado como sub base mejorada **Nº de muestra:** **Espesor m.:**

**Descripcion muestra:**



DATOS:				Método Usado: PROCTOR MODIFICADO					
Dimensiones del Molde (cm)	Diametro	15.24	Nº Golpes / capa	5	Peso del Martillo	4.5	CLASIFICACION	SUCS	AASHTO
	Altura	11.64	Nº Capas	56	Altura de Caída	45.7		GC-GM	A-1-D (0)
DENSIDAD				Molde Nº	A	B	C	D	
wD	Contenido de Humedad Deseado,			(%)					
wi	Contenido de Humedad Inicial Muestra			(%)	3.24%	5.21%	7.21%	9.54%	
wAD	Contenido de Humedad Adicional			(%)					
Wms	Peso Muestra Seca			grs	1056.37	762.00	588.92	450.57	
DVw	Volumen de Agua Adicional			cm³					
Wmh+m	Peso Muestra Húmeda + Molde			grs	10909.00	11162.00	11265.00	11179.00	
Wm	Peso Molde			grs	6430.00	6430.00	6430.00	6430.00	
Wmh	Peso Muestra Húmeda			grs	4479.00	4732.00	4835.00	4749.00	
V	Volumen del Molde			cm³	2123.31	2123.31	2123.31	2123.31	
gt	Densidad Húmeda			grs/cm³	2.11	2.23	2.28	2.24	
gd	Densidad Seca			grs/cm³	2.04	2.12	2.12	2.04	
HUMEDAD				A	B	C	D		
Wt	Peso de la Tara			grs	38.56	41.28	40.61	39.76	
Wsh+t	Peso del Suelo Húmedo + Tara			grs	71.67	70.98	69.15	76.04	
Wss+t	Peso del Suelo Seco + Tara			grs	70.63	69.51	67.23	72.88	
Wsh	Peso del Suelo Húmedo			grs	33.11	29.70	28.54	36.28	
Wss	Peso del Suelo Seco			grs	32.07	28.23	26.62	33.12	
Ww	Peso del Agua			grs	1.04	1.47	1.92	3.16	
%w	% de Humedad			%	3.24%	5.21%	7.21%	9.54%	
	Promedio			P%	3.24%	5.21%	7.21%	9.54%	
gt	Peso Unitario Total			grs/cm³	2.11	2.23	2.28	2.24	
gd	Peso Unitario Seco			grs/cm³	2.04	2.12	2.12	2.04	
gd	Peso Unitario Seco			Kg/m³	2043.24	2118.24	2123.97	2041.82	

gd óptimo (kg/m³)	Densidad	2132.00	Material reemplazado > 19,0 mm o > 4,75 mm	Mezcla de Suelo en %		
gd óptimo (g/cm³)	Densidad	2.13		Suelo A	Suelo B	Suelo C
w óptimo (%)	Humedad	6.32				
Energía Compactacion	kg/cm²	271.19				



Fecha: JUN / 2017

Nº de Registro: INF/MS-27061364GSM

Fecha Ensayo:

**Proyecto:** ANALISIS COMPARATIVO DE CÁLCULO ESTRUCTURAL VIAL UTILIZANDO LOS METODOS AASHTO: EMPÍRICO 1993 Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO 2008, EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LOS JIRONES ORIENTAL E INDEPENDENCIA EN EL DISTRITO DE MORALES

**Solicita:** Octavio Grández Armas

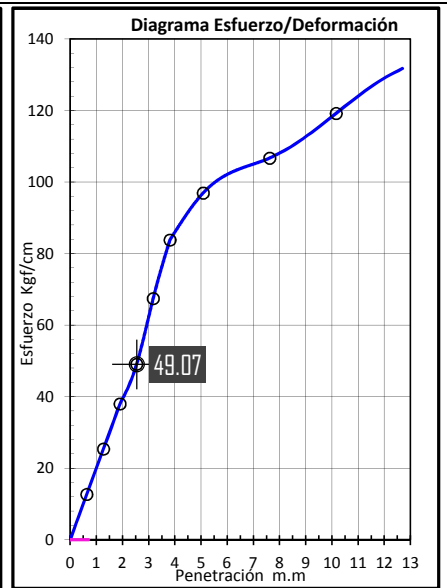
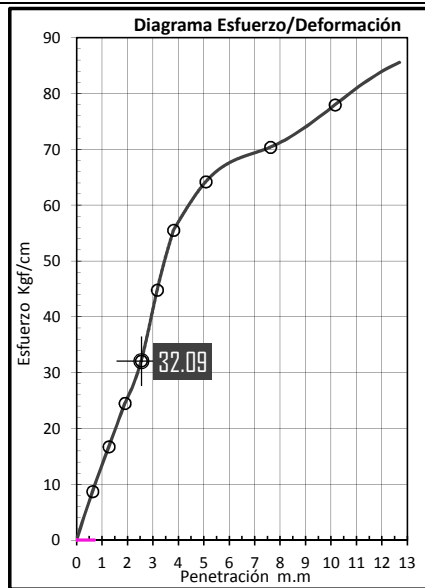
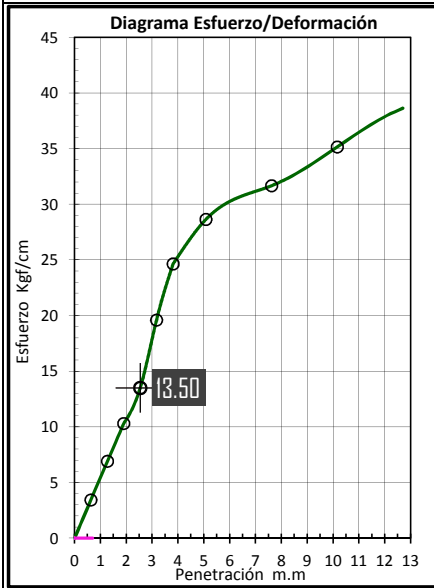
**Ubicación.** Departamento: SAN MARTÍN Provincia: SAN MARTÍN Distrito: MORALES  
Calle/Jiron/Avenida/otro: JIRONES ORIENTAL E INDEPENDENCIA

**Estudio Para:** Carreteras de 1er Orden **Ing Responsable:**

**Nº de Excavación:** 01 **Profundidad m.:** **Progresiva:** **Lado:**

**Descripción Excavación:** Suelo granular para ser usado como sub base mejorada **Nº de muestra:** **Espesor m.:**

**Descripción muestra:**



DATOS:				Método Usado:				SATURADO			
Dimensiones del Molde	Diametro	15.24	Datos del Ensayo	Nº Golpes / capa	Nº Capas	Peso del Martillo	Altura de Caída	Sobrecarga	Energía de Comp.		
	Altura	11.64		13/25/56	5	4.5	45.7	R 2.27 + C 2.7	-		
DATOS DEL ENSAYO DE COMPACTACION		Max. Densidad Seca	Humedad Optima	ECUACION DEL ANILLO DE CARGA (Kg) k:				1.000			
		2.132	6.32%								
DENSIDAD-Molde Nº			A		B		C				
V	Volumen del Molde	cm <sup>3</sup>	2123.31		2123.31		2123.31				
Nº	Numero de Golpes	#	13		25		56				
NºC	Numero de Capas	#	5		5		5				
Wm	Peso del Molde	grs	8445.00		8446.00		8448.00				
			Ant. Inmercion	Desp. inmercion	Ant. Inmercion	Desp. inmercion	Ant. Inmercion	Desp. inmercion	Ant. Inmercion	Desp. inmercion	
Wmh+m	Peso Suelo Humedo+Molde	grs		12829		13056		13260			
Wmh	Peso del Suelo Humedo			4384		4610		4812			
gd	Densidad Húmeda	grs/cm <sup>3</sup>		2.065		2.171		2.266			
% HUMEDAD-ABSORCION											
Wt	Peso Tara	grs		42.82		40.80		41.25			
Wsh+t	Peso Suelo Húmedo+Tara	grs		71.85		70.12		73.88			
Wss+t	Peso del Suelo Seco+Tara	grs		70.09		68.35		71.92			
Wsh	Peso del Suelo Húmedo	grs		29.03		29.32		32.63			
Wss	Peso del Suelo Seco	grs		27.27		27.55		30.67			
Ww	Peso del Agua	grs		1.76		1.77		1.96			
%w	% de Humedad	%		0.06		0.06		0.06			
+++	Promedio	P%		6.45%		6.42%		6.39%			
gd	Densidad Seca	grs/cm <sup>3</sup>		1.940		2.040		2.130			
PENETRACIÓN	A	Nº de Golpes	13	B	Nº de Golpes	25	C	Nº de Golpes	56		
	Lectura del dial		Corrección	Lectura del dial		Corrección	Lectura del dial		Corrección		
	m.m	Kgf	Kgf-Correg.	Kgf/cm <sup>2</sup>	Kgf	Kgf-Correg.	Kgf/cm <sup>2</sup>	Kgf	Kgf-Correg.	Kgf/cm <sup>2</sup>	
0.630	67.40	67.40	3.43	171.10	171.10	8.71	248.80	248.80	12.67		
1.270	135.70	135.70	6.91	328.50	328.50	16.73	497.70	497.70	25.35		
1.900	202.30	202.30	10.30	481.20	481.20	24.51	745.20	745.20	37.95		
2.540	265.10	265.10	13.50	630.00	630.00	32.09	963.40	963.40	49.07		
3.170	384.80	384.80	19.60	879.40	879.40	44.79	1323.60	1323.60	67.41		
3.810	483.90	483.90	24.64	1089.90	1089.90	55.51	1644.90	1644.90	83.77		
5.080	562.40	562.40	28.64	1260.30	1260.30	64.19	1902.70	1902.70	96.90		
7.620	621.80	621.80	31.67	1381.60	1381.60	70.36	2094.10	2094.10	106.65		
10.160	690.20	690.20	35.15	1530.70	1530.70	77.96	2339.80	2339.80	119.17		
12.700	720.10	720.10	36.67	1601.10	1601.10	81.54	2429.40	2429.40	123.73		





Fecha: JUN / 2017

Nº de Registro: INF/MS-27061364GSM

Fecha Ensayo:

Proyecto: ANALISIS COMPARATIVO DE CÁLCULO ESTRUCTURAL VIAL UTILIZANDO LOS METODOS AASHTO: EMPÍRICO 1993 Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO 2008, EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LOS JIRONES ORIENTAL E INDEPENDENCIA EN EL DISTRITO DE MORALES

Solicita: Octavio Grández Armas

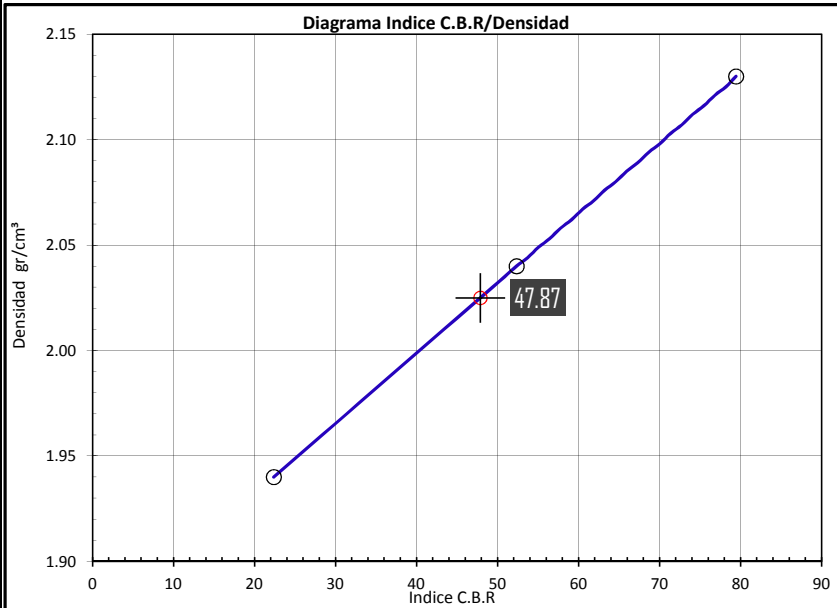
Ubicación. Departamento: SAN MARTÍN Provincia: SAN MARTÍN Distrito: MORALES  
Calle/Jiron/Avenida/otro: JIRONES ORIENTAL E INDEPENDENCIA

Estudio Para: Carreteras de 1er Orden Ing Responsable:

Nº de Excavación: 01 Profundidad m.: Progresiva: Lado:

Descripción Excavación: Suelo granular para ser usado como sub base mejorada Nº de muestra: Espesor m.:

Descripción muestra:



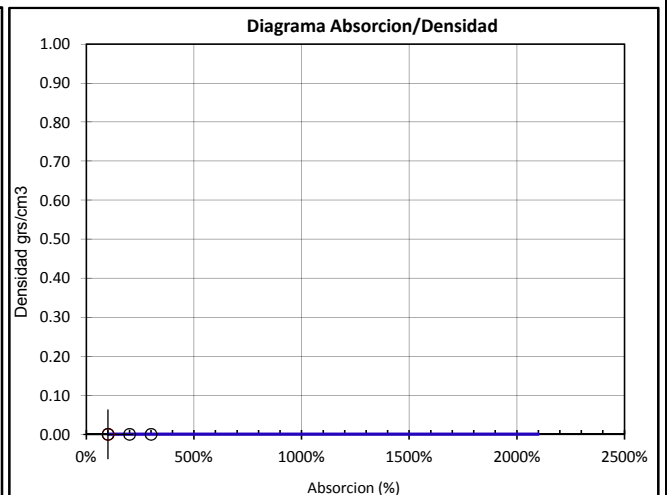
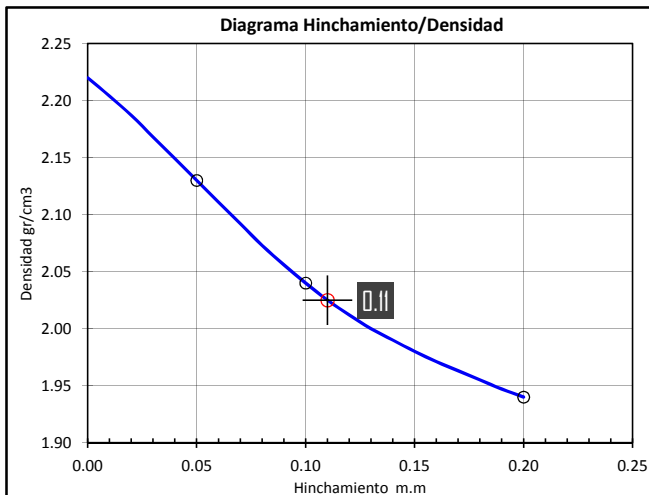
COMPACTACION	
Densidad Maxima gd (gr/cm³)	2.132
Humedad Optima %	6.32
Densidad gd (gr/cm³) al 95%	2.025

Compac.	Densidad gd (gr/cm³)	INDICE C.B.R
95%	2.025	47.87
98%	2.089	67.30
100%	2.132	80.18

INDICE C.B.R		95%
Indice C.B.R	95%	47.87
Hinchamiento	95%	0.11
Absorción	95%	

CLASIFICACION	
SUCS	AASHTO
<b>GC-GM</b>	<b>A-1-D (0)</b>
<b>Sub Base Buena</b>	

EXPANSIÓN			A= 13G		B= 25G		C= 56G				
Fecha	Hora	Tiempo	Lectura del Dial	Expansión		Lectura del Dial	Expansión		Lectura del Dial	Expansión	
				m.m	%		m.m	%		m.m	%
		0	0	0	0.00%	0	0	0.00%	0	0	0.00%
		96	20	0.2	0.17%	10	0.1	0.09%	5	0.05	0.04%



RESUMEN DEL ENSAYO		A		B		C	
Energía de Compactación	% / Kg/cm²	23	63	45	121	100	271
Compactación	%	90.99		95.68		99.91	
Densidad	grs/cm³	1.940		2.040		2.130	
Agua	%	6.45		6.42		6.39	
Absorción	%						
Hinchamiento	m.m / %	0.20	0.16	0.10	0.08	0.05	0.04
Indice C.B.R		22.37		52.34		79.43	



Fecha: JUN / 2017

Nº de Registro: INF/MS-27061364GSM

Fecha Ensayo: \_\_\_\_\_

**Proyecto:** ANALISIS COMPARATIVO DE CÁLCULO ESTRUCTURAL VIAL UTILIZANDO LOS METODOS AASHTO: EMPÍRICO 1993 Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO 2008, EN EL DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LOS JIRONES ORIENTAL E INDEPENDENCIA EN EL DISTRITO DE MORALES

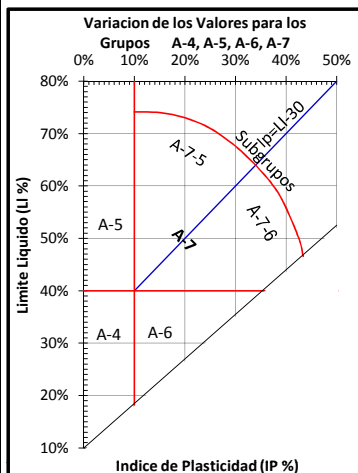
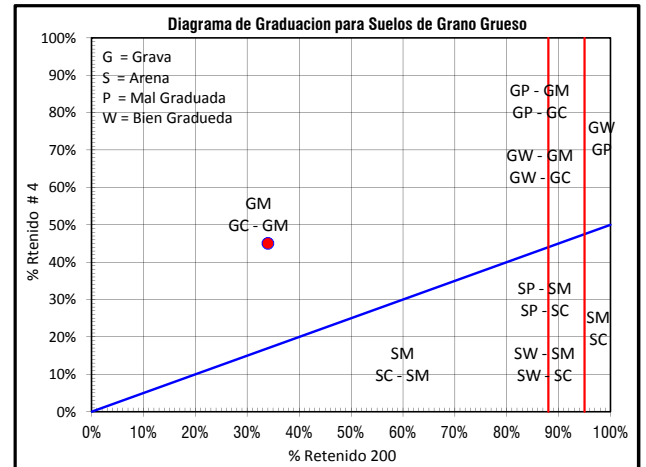
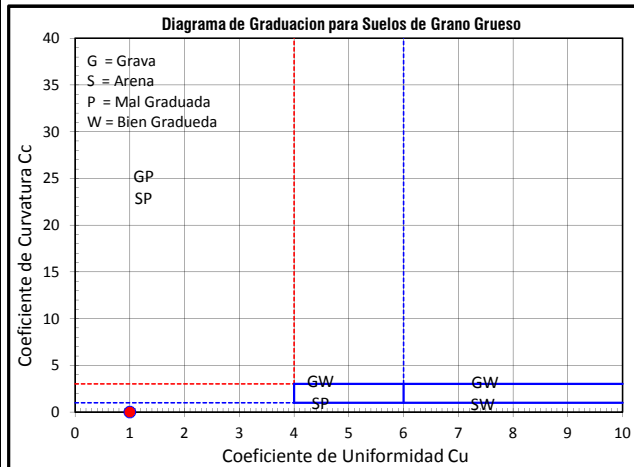
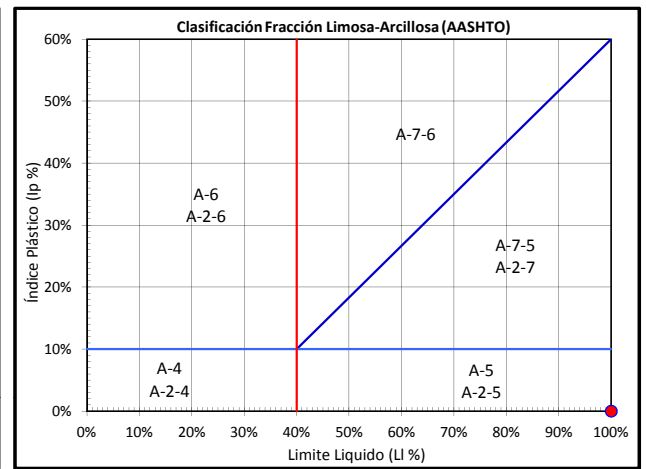
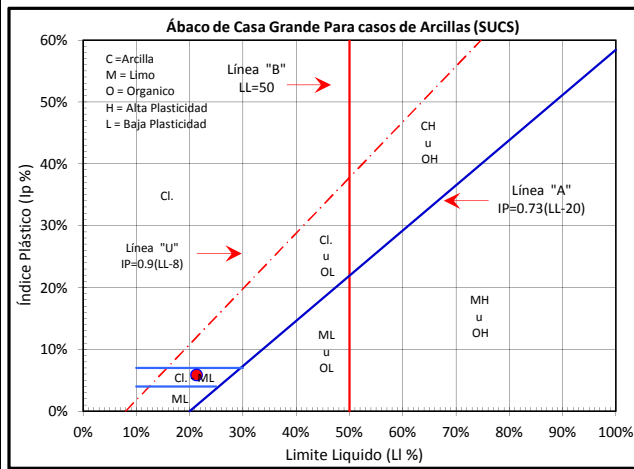
**Solicita:** Octavio Grández Armas

**Ubicación.** Departamento: SAN MARTÍN Provincia: SAN MARTÍN Distrito: MORALES  
Calle/Jiron/Avenida/otro: JIRONES ORIENTAL E INDEPENDENCIA

**Estudio Para:** Carreteras de 1er Orden **Ing Responsable:** \_\_\_\_\_  
**Nº de Excavación:** 01 **Profundidad m.:** \_\_\_\_\_ **Progresiva:** \_\_\_\_\_ **Lado:** \_\_\_\_\_  
**Descripcion Excavación:** Suelo granular para ser usado como sub base mejorada **Nº de muestra:** \_\_\_\_\_ **Espesor m.:** \_\_\_\_\_  
**Descripcion muestra:** \_\_\_\_\_

**RESUMEN DE LOS ENSAYOS**

% pasa la # 200	20	Σ % Ret. Parciales Gruesos	45	Coef. de Uniformidad	175.000	Limite Liquido	21
% pasa la # 40	32	Σ % Ret. Parciales Finos	34	Coef. de Curvatura	0.320	Limite Plastico	15
% pasa la # 10	40	D60	6.475	Indice de grupo:	(0)	Índice de Plasticidad.	6
% pasa la # 4	54	D10	0.277				



## PANEL FOTOGRÁFICO



Foto N° 01.- Tesista realizando el levantamiento topográfico de la zona en estudio



Foto N° 02.- Tesista realizando el levantamiento topográfico Jr. Oriental C-2



Foto N° 03.- Vista de C – 1, en el Jr. Independencia cuadra 3



Foto N° 04.- Vista de C – 2, en el Jr. Independencia cuadra 2



Foto N° 05.- Vista de C – 3, en el Jr. Independencia cuadra 1



Foto N° 06.- Vista de C – 4, en el Jr. Oriental cuadra 1



Foto N° 07.- Vista de C - 5, en el Jr. Oriental cuadra 2



Foto N° 08.- Vista de C - 6, en el Jr. Oriental cuadra 4



Foto N° 09.- Tesista realizando el ensayo de Compactación (Proctor Modificado)



Foto N° 10.- Tesista realizando el ensayo de CBR





Foto N° 11.- Tesista sometiendo a carga los Moldes de CBR



Foto N° 12.- Tesista realizando el ensayo de Límite Líquido



Foto N° 13.- Tesista realizando el ensayo de Límite Plástico



Foto N° 14.- Tesista realizando el ensayo Granulométrico