



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE  
SAN NICOLAS DE HIDALGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CÍVIL**

**TESIS PROFESIONAL**

*“ESTUDIO GEOTÈCNICO Y DISEÑO DEL PAVIMENTO POR EL MÈTODO DEL  
INSTITUTO DE INGENIERÌA DE LA U.N.A.M (DISPAV 5) DE LA CARRETERA E.C.(  
JANOS-AGUA PRIETA) EL BERRENDO, EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA.”*

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO**

**DE INGENIERO CÍVIL**

**P R E S E N T A**

**ALEJANDRO VÁZQUEZ CHÁVEZ**

**A S E S O R**

**M.I. JULIO ALEJANDRO CHÁVEZ CARDENAS**

**MORELIA, MICHOACAN JUNIO 2011**



## INDICE

### **INTRODUCCIÓN.-**

### **CAPITULO 1.-GENERALIDADES**

Estudios preliminares.  
Descripción del tramo estudiado.  
Antecedentes.  
Generalidades.

### **CAPITULO 2.- ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA TERRACERIAS**

Qué es el estudio geotécnico.  
Reconocimiento geotécnico.  
Exploración y muestreo.  
Zonificación fisiográfica y litológica.  
Cuestionario para reconocimiento desde el punto de vista geotécnico.  
Cuestionario de zonificación fisiográfica.  
Datos de suelos para el cálculo del diagrama de masas.  
Tablas de suelos para el cálculo de la curva masa.

### **CAPITULO 3.- PRUEBAS DE LABORATORIO**

Prueba de granulometría mediante el uso de mallas.  
Prueba de granulometría por lavado.  
Prueba de límites de consistencia o de Atterberg.  
Prueba de equivalente de arena.  
Prueba de valor cementante.  
Prueba de la absorción.  
Prueba de densidad.  
Pruebas dinámicas para determinar la compactación.  
Prueba proctor estándar.  
Pruebas estáticas para determinar la compactación.  
Prueba porter estándar.  
Prueba de valor relativo de soporte ( VRS).  
Prueba estándar de valor relativo de soporte (Prueba de california o porter).  
Adherencia o afinidad con el asfalto y el material pétreo.  
Prueba de desprendimiento por fricción.  
Prueba de pérdida de estabilidad por inmersión en el agua.  
Prueba de cubrimiento con asfalto (MÉTODO ANGELES).  
Prueba de desgaste de los ángeles.

Prueba del intemperismo acelerado.  
Determinación del índice de durabilidad.

## **CAPITULO 4.- DISEÑO DEL PAVIMENTO POR MÉTODO DE LA U.N.A.M. (DISPAV 5)**

Definición de pavimento.

Pavimentos rígidos.

Pavimentos flexibles.

Función de las diferentes capas del pavimento.

Características fundamentales que debe de tener un pavimento como conjunto.

Tipos de deformación.

Deformación plástica.

Características del tránsito.

Tránsito diario promedio anual o TDPA.

Tránsito en el carril de diseño.

Composición del tránsito.

Efectos del tránsito.

Carga para rueda de diseño.

Diseño del pavimento.

Método del instituto de ingeniería de la UNAM (DISPAV5).

Obtención de la sección del pavimento.

### **ANEXO A:**

EXPLORACIÓN Y RESULTADOS DE LABORATORIO.

### **ANEXO B:**

TABLAS CON DATOS PARA EL CÁLCULO DE LA CURVA MASA.

### **ANEXO B1:**

TABLAS DE CAPACIDAD DE CARGA EN CIMENTACIONES DE OBRAS MENORES.

### **ANEXO C:**

BANCOS DE MATERIALES.

REPORTE FOTOGRÁFICO.

BANCOS DE MATERIALES (BASE).

REPORTE FOTOGRÁFICO.

BANCOS DE MATERIALES (SUBRASANTE).

**ANEXO C1:**

DISEÑO MARSHALL.

REPORTE FOTOGRÁFICO.

BANCOS DE MATERIALES (BASE).

**ANEXO D:**

MEMORIA DE CÁLCULO DE PAVIMENTOS.

**ANEXO E:**

PERFILES ESTRATIGRÁFICOS.

**ANEXO F:**

REPORTE FOTOGRÁFICO CARRETERA : JANOS-EL BERRENDO.

OBSERVACIONES PARA EL CÁLCULO DE LA CURVA MASA.

OBSERVACIONES GENERALES PARA TODO EL TRAMO.

PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN.

**FIGURAS:**

- 1.- Croquis de localización de la planta de proyecto.
- 2.- Sección estructural del pavimento propuesta.

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

**BIBLIOGRAFÍA.**

**PREFACIO.**

## **AGRADECIMIENTOS:**

En primer lugar deseo agradecer el privilegio de esta existencia y la de todos aquellos con los que he tenido el honor de compartirla...

Quisiera agradecer a mis padres la entrega de tantos años y la sólida educación que nos transmitieron. A mis hermanos: Guadalupe, Teresa, José, Isidro, Bertha, Rosa, Leticia, Lourdes, Eduwiges, Magdalena, por su paciencia, por su fuerza y amistad.

Al profesor M.I. JULIO ALEJANDRO CHAVEZ CARDENAS, por el fuego de su mano en mi frente.

A mis profesores: que me enseñaron lo que no sabía me despertaron a lo que ya sabía.

Muchos son los que, a lo largo de mi carrera han conectado con mi frecuencia, con sus opiniones y su inconmensurable ayuda, han hecho posible este libro:

Quisiera también agradecer a Daniel Tena Hernández toda la inspiración recibida, el aliento, por su confianza, colaboración, facilitando las palabras, creando las frases en mi mente, aclarando dudas, revelando e iluminando conceptos...

Y, finalmente, a mis sobrinos, agradecerles la infinita comprensión que han tenido; sus enseñanzas, su fortaleza, la coherencia, el espíritu libre, a lado de ellos aprendí que la madurez no es cosa de frutas...

## INTRODUCCIÓN

Es necesario marcar con claridad cuáles son los motivos que tuve para proponer como tesis el tema “estudio geotécnico y diseño del pavimento del instituto de ingeniería de la UNAM (dispav 5) de la carretera E.C. (Janos – Agua Prieta) el Berrendo, en el estado de Chihuahua.

Estoy convencido de la importancia que tiene para nuestro País el contar con obras de infraestructura, que permitan además de una integración de comunidades aisladas al desarrollo nacional, la vialidad expedita (fácil), cuando se trata como en nuestro caso, del paso por ciudades en donde ocurre que los centros de población en su crecimiento demandan de nuevas vialidades para lograr, no sólo la armonía urbana, que sin duda es importante, sino también solucionar problemas de comunicación de las comunidades de Janos – agua prieta y el berrendo

Toda obra pública debe satisfacer una demanda social, lo que se llama “obra sentida” como necesaria. Lo anterior que suena lógico y sencillo en la práctica, no siempre se presenta así, porque existen muchos factores que son contradictorios entre ellos, por ejemplo ¿quiénes se benefician realmente?, ¿quiénes se preocupan por el hecho de ejecución?, y que consideraciones se hacen por parte de los que hipotéticamente se sienten perjudicados.

En el contexto de mi trabajo de tesis pretendo un ordenamiento en tres tiempos; es decir enunciar procedimientos, presentar alternativas de solución y describir lo que se realizó, lo que está a nivel proyecto y si venturosamente se inicia la obra se refleja su comportamiento entre lo planeado y lo ejecutado.

Finalmente debo en esta introducción dejar constancia de una vivencia que he tenido como pasante de ingeniería constatar que afortunadamente se está fortaleciendo el estado.

Como toda obra de infraestructura su justificación obedece a distintos parámetros. Así por ejemplo si atendemos al parámetro costo, la volumetría del proyecto se torna fundamental, si el aspecto prioritario es el tiempo de ejecución, los factores que inciden serán, el programa de rendimientos.

Si atendemos a un tercer tipo de parámetro, tenemos al de la calidad el que el control y su certificación serán determinantes.

En este trabajo se pretende dar a conocer la metodología para el diseño de pavimentos flexibles, así como también las pruebas de laboratorio que se deben de realizar a los materiales que se van a utilizar en el mismo.

Este trabajo es de una obra que se encuentra en ejecución en el estado de Chihuahua y Sonora que comunica a las comunidades de Janos-AguaPrieta y el Berrendo.

## **CAPÍTULO 1**

### **GENERALIDADES.**

#### **ESTUDIOS PRELIMINARES.**

Los estudios preliminares que deben realizarse son básicamente un análisis bibliográfico y cartográfico que exista, del sitio con el fin de obtener datos necesarios que puedan dar una mejor definición, del lugar basándose en la información geológica y geotécnica del lugar.

Las actividades que se realizan en esta etapa son: la recopilación de información del sitio, la inspección de fotografías aéreas, terrestres e imágenes, de satélite existente y por último un reconocimiento preliminar del lugar.

Recopilación de la información. Es necesario recopilar la información derivada de estudios recurriendo a dependencias u organismos que dispongan de ella. Esta información debe ser analizada para obtener datos generales relacionados con topografía, hidrología (tanto superficial como subterránea), litología problemas característicos de la

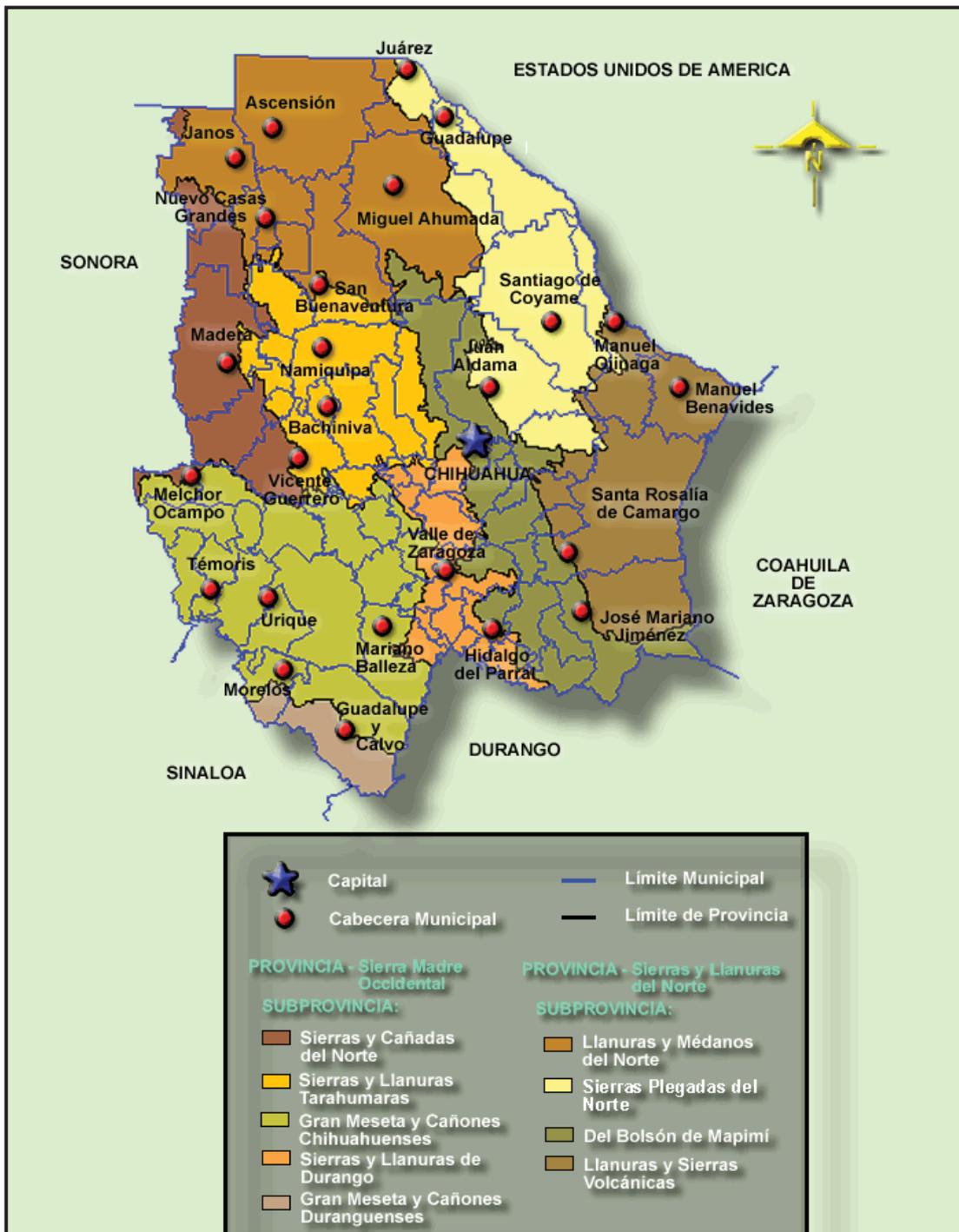
#### **DESCRIPCION DEL TRAMO ESTUDIADO.**

##### **Localización del sitio estudiado.**

El tramo en estudio se desarrolla al Noroeste de la población de Janos, Municipio de Chihuahua entre los paralelos 31° 30' 18" y 31° 25' 20" latitud Norte y los meridianos 108° 35' 12" y 108° 42' 36" longitud oeste.

En el anexo de las figuras se muestra un croquis de localización de la planta de proyecto.

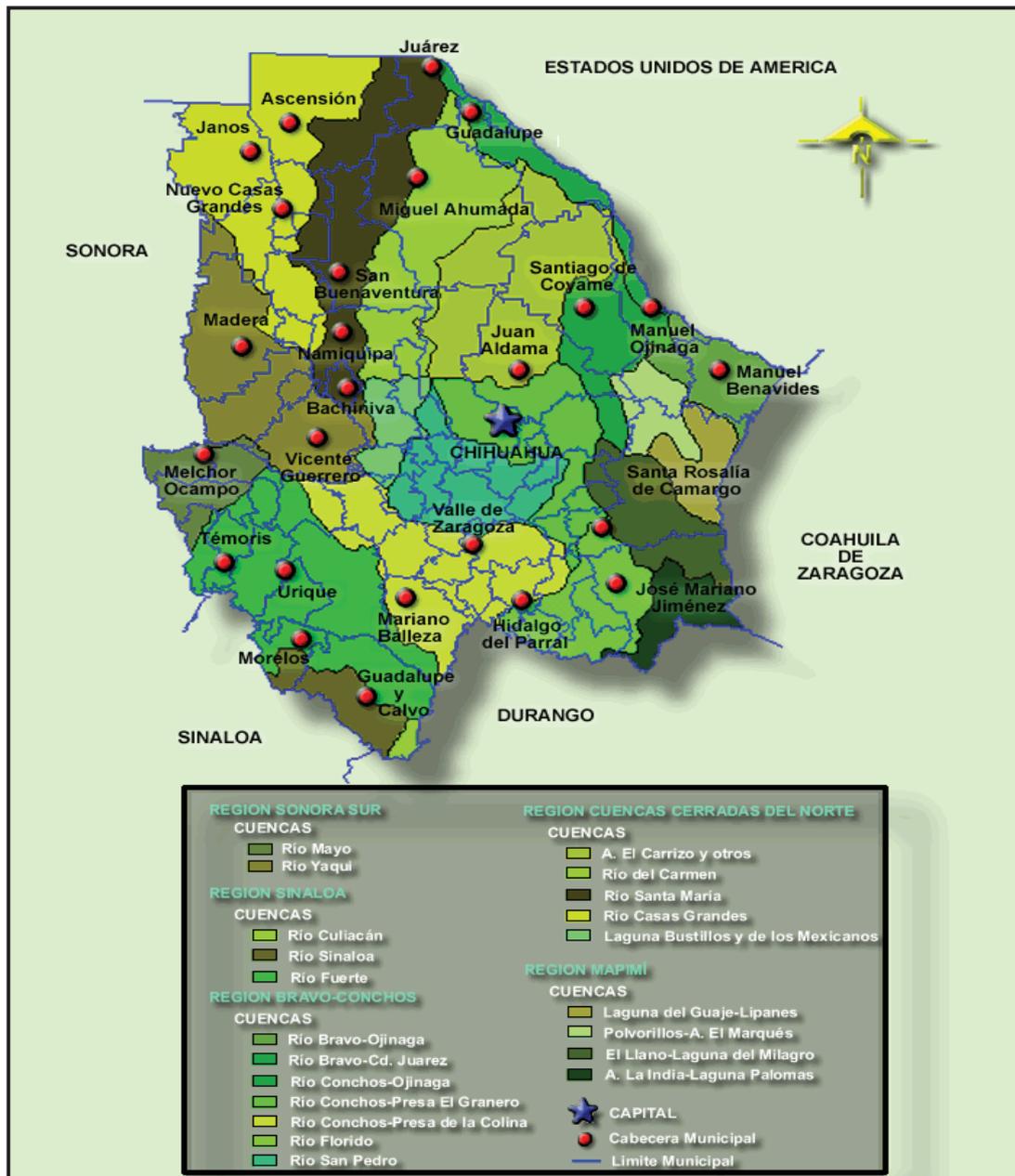
##### **Morfología.**



El estado de Chihuahua, se encuentra dividido en dos Provincias Fisiográficas: a) Sierra Madre Occidental y b) Sierras y Llanuras del Norte; la primera presenta cinco sub provincias, Sierras y Cañadas del Norte en el extremo occidental de la entidad, Sierras y Llanuras Tarahumaras en la parte media, Gran Meseta y Cañones Chihuahuenses hacia el suroeste, Sierras y Llanuras de Durango, se extiende del centro hacia el sur y Gran Meseta y Cañones Duranguenses ubicada en el extremo suroeste. **De la segunda provincia donde se localiza la Carretera**

**E.C.Janos - Agua prieta-el Berrendo**, son cuatro subprovincias que cubren la parte norte y oriente de esta entidad; Llanuras y Médanos del Norte hacia el norte, Sierras Plegadas del Norte recorre la fracción noreste del territorio estatal, Del Bolsón de Mapimí, franja que se ubica del centro hacia el sur y Llanuras y Sierras Volcánicas en la porción sureste del estado.

Hidrología.



la Carretera E.C. Janos - Agua prieta-el berrendo se localiza en la zona hidrológica de la región de cuencas cerradas del norte en la cuenca del río del Carmen.

El extenso estado de Chihuahua presenta en su territorio cinco Regiones Hidrológicas; la primera de ellas es la denominada Sonora Sur con la más pequeña superficie estatal (9.59%), ubicada al oeste de la entidad y la cual tiene dos Cuencas, la R. Mayo y R. Yaqui, en esta última se localiza la Presa Abraham González.

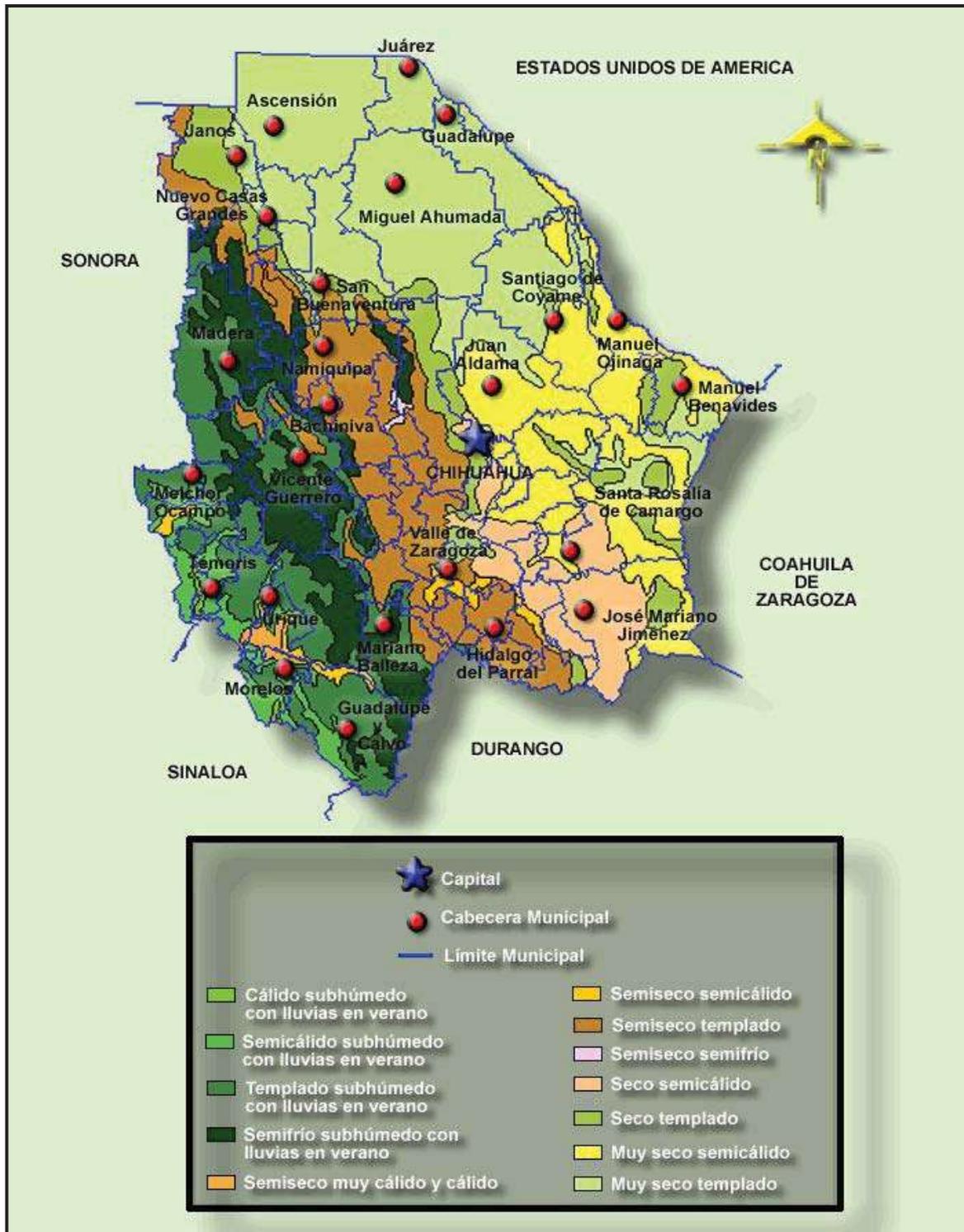
En la Región Hidrológica Sinaloa que se encuentra al suroeste contiene las Cuencas R. Culiacán, R. Sinaloa y R. Fuerte, siendo la primera y la última las cuencas más pequeña y más grande en proporción, para el estado.

La Región Bravo-Conchos es la que más número de cuencas presenta y se forma del límite noreste, hacia el centro y sur de Chihuahua, Cuenca R. Bravo-Ojinaga, R. Bravo-Cd. Juárez, que ubica a este importante afluente de agua superficial que es el río Bravo, el cual delimita además al estado y al país con Estados Unidos de América; también localizamos en esta región la Cuenca R. Conchos-Ojinaga, R. Conchos-P. El Granero y R. Conchos-P. de la Colina cuyo afluente principal es precisamente la corriente común del río Conchos y que nutre a su vez las Presas Luis L. León y La Rosetilla (cabe señalar la existencia también de las P. El Rejón, San Marcos y Chihuahua), así como Presa La Boquilla ubicadas en la cuarta y quinta cuencas (antes mencionadas) respectivamente para esta Región.

Por último se encuentran las Cuencas R. Florido con una corriente del mismo nombre y la P. Parral, nutrida por la corriente del mismo nombre; y R. San Pedro, en ésta se localiza la Presa Francisco I. Madero. La Región de mayor territorio para el estado es Cuencas Cerradas del Norte (Casas Grandes) con 36.12% y cinco cuencas al norte, noroeste y centro; A. El Carrizo y otros que ubica el cuerpo de agua L. Encinillas, R. Del Carmen donde se encuentra el arroyo denominado de igual manera y la P. Las Lajas; R. Santa María que también incluye un arroyo del mismo nombre y las Presas Aguja y El Tintero; R.

Casas Grandes con cuatro Presas, San Diego, Laguna Colorada, Lagunitas y Casa de Janos; se tiene también la Cuenca L. Bustillos y de Los Mexicanos, en donde está el cuerpo de agua L. Bustillos nutrida por la corriente La Vieja. Finalmente a la Región Mapimí, al sureste de Chihuahua le pertenecen las Cuencas L. Del Guaje-Lipanes, Polvorillos-A. El Marqués, El Llano-L. Del Milagro y A. La India-L. Palomas, a la cual corresponde el cuerpo de agua del mismo nombre

Climatología.



El estado de Chihuahua por latitud (entre 25°38' y 31°47' N) está ubicado en la zona subtropical, donde generalmente las corrientes de aire son descendentes, frescas y secas, debido a lo cual no producen condensación en su seno ni precipitación o ésta es muy escasa, y dan lugar a la presencia de desiertos alrededor de los 30° de latitud.

El relieve irregular, en el poniente y sur, representado por las estribaciones de la Sierra Madre Occidental influye en el incremento de la precipitación en las partes más altas de esa región y en la disminución gradual de la misma hacia el oriente. La altitud es otro de los factores que juega un papel importante en los climas de la entidad, así, en las zonas de menor altitud situadas en el sureste, próximas a los 500 m, la temperatura es alta; ésta disminuye en forma importante en las zonas más elevadas de la sierra (arriba de los 3,000 msnm) y vuelve a aumentar gradualmente hacia el este, conforme la altitud decrece. La ubicación y distancia del territorio respecto a las masas de agua también participa en la cantidad de precipitación y la variación anual de la temperatura. La combinación de todos esos factores ha originado el predominio de climas muy secos en una franja que va del nornoroeste al este sureste; seguidos hacia el occidente por climas secos, semisecos, semifríos, templados, semi-cálidos y cálidos.

**La Carretera E.C. Janos - Agua prieta-el berrendo presenta dos tipos de climas es decir el semiseco-templado y el seco templado, predominando el primero.**

El clima muy seco templado abarca una cuarta parte del territorio estatal, comprende principalmente los terrenos que se extienden del nornoroeste, norte y noreste hacia el sur hasta las localidades de Nuevo Casas Grandes, Hermenegildo Galeana, San Buenaventura, el norte de la ciudad capital y de las poblaciones Juan Aldama y Santiago de Coyame, en esta zona, conocida en la región como Médanos de Samalayuca, la precipitación total anual es baja, de 100 a 300 mm, y la temperatura media anual va de 12° a 18°C.

En los alrededores de Juan Aldama, Santiago de Coyame y Manuel Ojinaga al límite con Coahuila de Zaragoza, porción integrante del Bolsón de Mapimí, se distribuyen las tierras cuyo clima es muy seco semi-cálido (14.60%), esto implica que la temperatura media anual es más alta que en el clima anterior, de 18° a 22°C, pero la precipitación total anual es similar, entre 100 y 300 mm, aunque en algunas partes es un poco mayor.

Hacia el poniente, a lo largo del área de contacto con la Sierra Madre Occidental, en particular del límite con los Estados Unidos de América a las cabeceras municipales de Casas Grandes, Buenaventura y el norte de San Francisco Javier de Satevó, se localiza la franja más larga de clima seco templado; esta zona, junto con las unidades diseminadas en el este y sureste, representa 9.03% de la superficie de la entidad; en ellas, la temperatura media anual va de 12° a 18°C y la precipitación total anual, de 300 a 400 mm.

En los alrededores de la ciudad de Chihuahua y al oeste y sur de Delicias y Camargo (también parte del Bolsón de Mapimí), se distribuyen las zonas de clima seco semicálido; ambas comprenden 6.15% de territorio chihuahuense, tienen temperaturas medias anuales de 18° a 22°C y precipitaciones totales anuales de 300 a 400 mm; en la segunda zona están ubicadas las poblaciones San Francisco Javier de Satevó, Valle de Zaragoza, José Mariano Jiménez y Octaviano López.

El clima semi-seco templado abarca 15.70% del estado, en terrenos pertenecientes a la estribación este de la Sierra Madre Occidental. Se muestra como una franja que comprende del noroeste y suroeste de la cabecera municipal Janos a los alrededores de las cabeceras municipales Namiquipa, Bachíniva, Cuauhtémoc, San Andrés, Santa Isabel, San Francisco de

Borja, Nonoava, Mariano Balleza, Hidalgo del Parral, San Francisco del Oro y Mariano Matamoros, entre otras. En esta franja la precipitación total anual va de 400 a 600 mm, y la temperatura media anual varía entre 12° y 18°C.

El clima semi-seco semifrío (0.60%) cuyas temperaturas medias anuales van de 10° a 12°C y la precipitación total anual de 400 a 500 mm, se distribuye principalmente al sur de la población Nuevo Casas Grandes y al noroeste de la ciudad de Chihuahua.

De la población Valle de Zaragoza a la población Valle del Rosario, al oeste de José Mariano Jiménez, en las márgenes del río Verde y en el curso medio alto del río Mayo, se localizan las áreas de clima semi-seco, semi-cálido, que representan apenas el 1.02% de la superficie estatal; en ellas la temperatura media anual va de 18° a 22°C y la precipitación total anual de 400 a 500 mm.

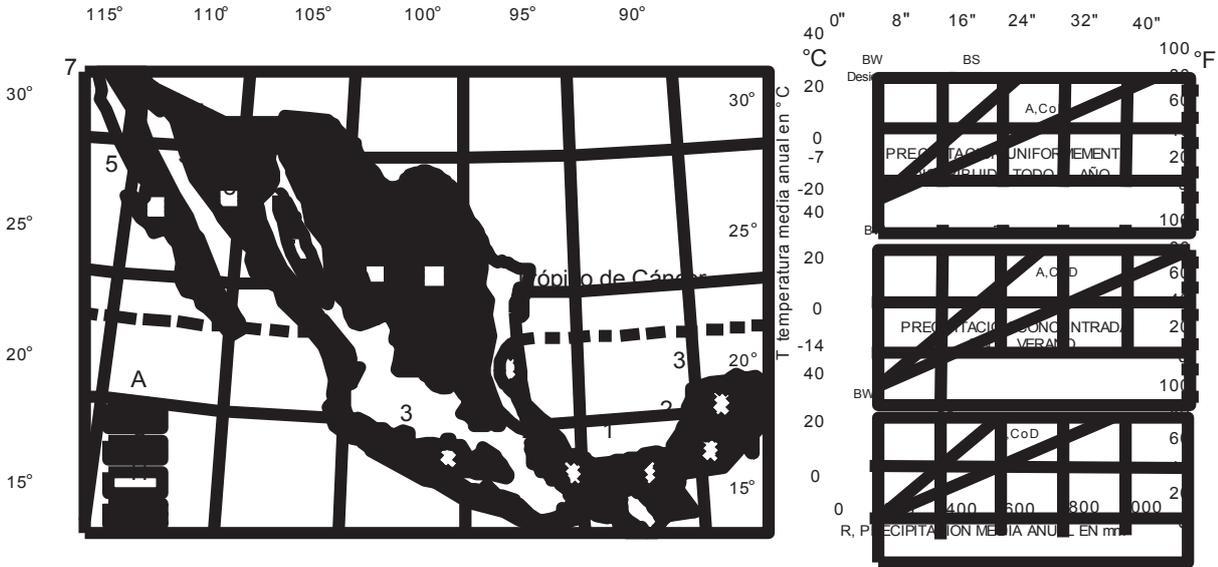
En la parte baja de la Barranca del Cobre (río Urique) y del cañón del río El Fuerte (0.45%) se presenta el clima semi-seco muy cálido y cálido; ahí se reportan las temperaturas medias anuales más altas del estado, entre 22° y 26°C y la precipitación total anual es de 500 a 700 mm.

Las partes altas de la Sierra Madre Occidental, son las que presentan clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano; éstas suman 10.25% del área de la entidad; en ellas se encuentran las poblaciones de Madera, Bocoyna y Guachochi, entre algunas más; la temperatura media anual que las caracteriza es de 8° a 12°C y la precipitación total anual va de 600 a 1 200 mm.

El clima templado sub-húmedo con lluvias en verano comprende 13.36% de la superficie de Chihuahua, se encuentra sobre todo en el borde occidental de las zonas de clima semifrío, aunque se interna hacia el este hasta antes de llegar a la localidad de Cuauhtémoc y después continúa al sur. Estos terrenos, en los que están ubicadas algunas poblaciones como Melchor Ocampo y Guadalupe Calvo, la temperatura media anual va de 12° a 18°C y la precipitación total anual, de 600 a 1 200 mm.

En el suroeste, cerca del límite con Sonora y Sinaloa se distribuyen las áreas de clima semi-cálido sub-húmedo con lluvias en verano; en ellas las temperaturas medias anuales son mayores de 18°C y las precipitaciones totales anuales varían entre 700 y 1 200 mm; abarcan 2.64% de territorio chihuahuense.

A lo largo del río Chínipas se localiza la zona de clima cálido sub-húmedo con lluvias en verano; ésta representa 0.32% de la entidad, tiene temperaturas medias anuales que van de 22° a 26°C y la precipitación total anual va de 800 a 1 000 mm



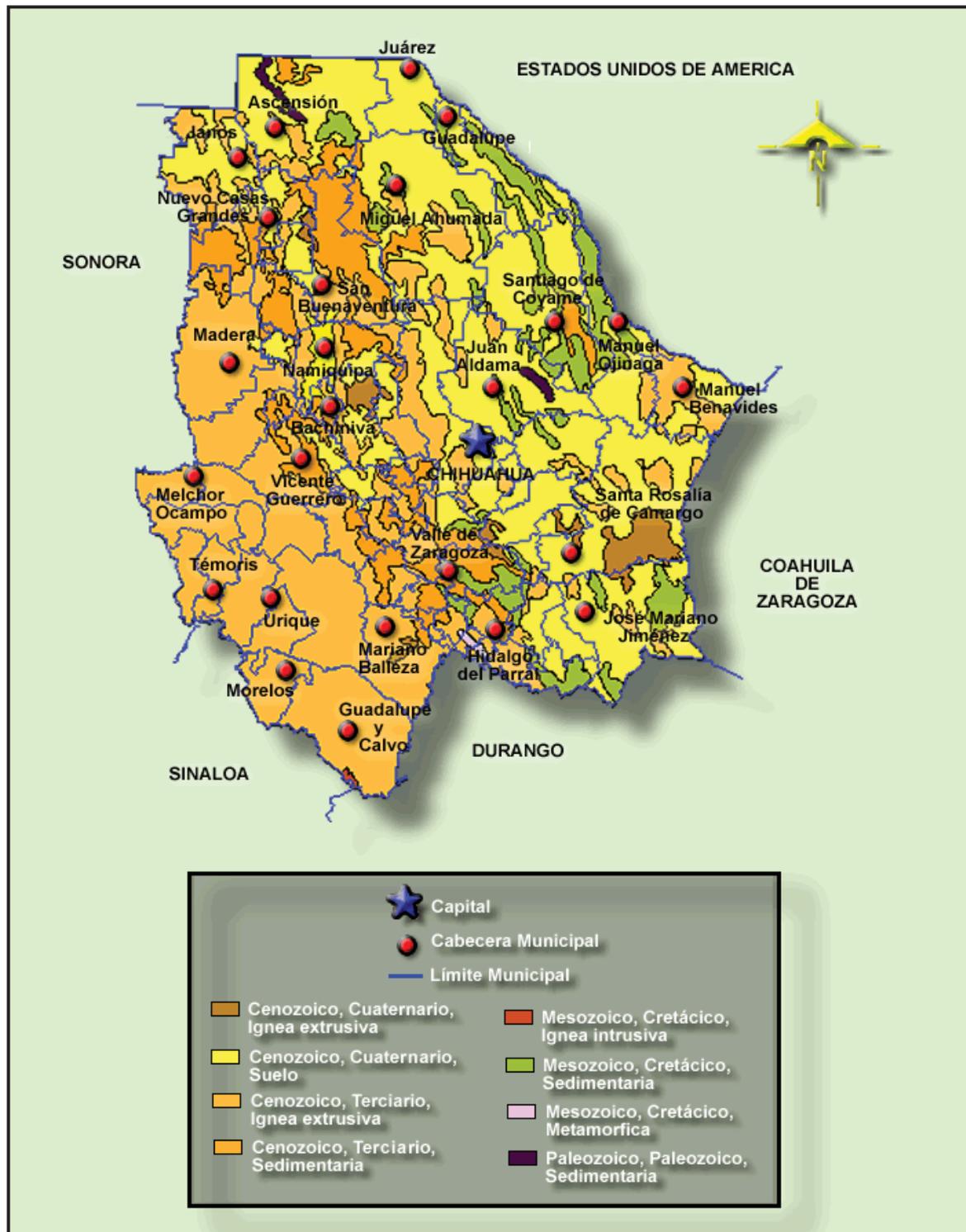
CLIMAS			
	Afa	1	Ecuatorial, tipo amazonico
A	TROPICAL	Am	2 Subtropical, tipo sudanes
		Aw	3 Tropical, tipo senegales
	B	SECO	BS
		BW	5 Desertico, tipo sahariano
C	SUB TROPICAL	Cf	6 Subtropical mediterraneo con in-
		Cs	7 Mediterraneo, tipo portuges
		Cw	8 Subtropical de altura, tipo mexi-
H	DE MONTAÑA	H	9 De montaña, extremo tipo

A, C, D - Suficiente calor y precipitacion para el crecimiento de arboles grandes
A - Climas tropicales. Todas las temperaturas medias mensuales mayores de 18°C
B - Climas secos. Fronteras determinadas mediante las graficas T-R
C - Climas templado calurosos. Temperatura media del mes mas frio entre 16° y -3°C
D - Climas de nieve. Temperatura media del mes mas caluroso mayor de 10°C; del mas frio menor de -3°C
E - Climas polares. Temperatura media del mes mas caluroso menor de 10°C
S - Clima estepario *
W - Clima de estiaje *
f - Suficiente precipitacion todos los meses
m - Clima de selva, a pesar de una estacion seca
s - Tiempo seco en verano
w - Tiempo seco en invierno
* Fronteras determinadas por graficas T-R. Solo se usa en combinacion con la primera letra B
a - Temperatura media del mes mas caluroso, mayor de 22°C
b - Temperatura media del mes mas caluroso mayor de 10°C (por lo menos 4 meses tienen medidas mayores de 10°C)
c - Meses de 4 meses tienen medidas mayores de 10°C
d - Igual que c, pero la medida del mes mas frio es menor de -38°C
n - Seco y caliente. Temperatura media anual menor de 18°C
k - Seco y frio. Temperatura media anual menor de 18°C
h - Clima de montaña. Extremo, tipo alpino

El clima que predomina en la zona se clasifica de acuerdo con el sistema de kopeen – Geiger, modificado por E. García, como semi-seco-templado y seco – templado, con escasas lluvias en verano, la temperatura media anual es de 23° a 38° C, la precipitación media anual es de 300 a 400 mm.

### Geología Regional.



En el estado de Chihuahua, a simple vista, se aprecian dos porciones: la occidental que se caracteriza por la presencia de rocas ígneas extrusivas y sedimentarias del terciario, y

la parte oriental que posee suelo, rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas de los Periodos Cuaternario, Cretácico y de la Era del Paleozoico.

**La Carretera E.C. Janos-Agua prieta-el berrendo tiene la geología comprendida entre el periodo cenozoico cuaternario-suelo y el periodo terciario roca ígnea extrusiva.**

Ésta se manifiesta en la entidad con suelos que datan de 375 millones de años, localizándose en los municipios de Ascensión y Aldama y cubren 0.4% de la entidad. Las rocas del Cretácico -con 135 millones de años de antigüedad aproximadamente- (Era del Mesozoico), ocupan 8.2%, se ubican de norte a sur pero en la porción oriental, son principalmente sedimentarias, ígneas extrusivas, metamórficas e ígneas intrusivas.

Estas últimas se ubican en el municipio de Guadalupe y Calvo al suroeste del estado. Las rocas del Cenozoico (63 millones de años) abarcan 99.6%, se encuentran diseminadas por todo el territorio Chihuahuense; los Periodos que pertenecen a esta era son el Terciario, con rocas ígneas extrusivas y sedimentarias; mientras que para el Cuaternario se representan suelo y roca ígnea extrusiva, aflorando principalmente en la porción oriente del estado.

### **Topografía.**

El tramo se localiza en un 100% de terreno plano.



### **Drenaje.**

El drenaje que se presenta en esta zona de estudio es de tipo dendrítico .ya que su presencia indica suelos homogéneos y generalmente se presenta en áreas de rocas sedimentarias blandas, tobas volcánicas, depósitos glaciales y antiguas llanuras costeras.

## **ANTECEDENTES.**

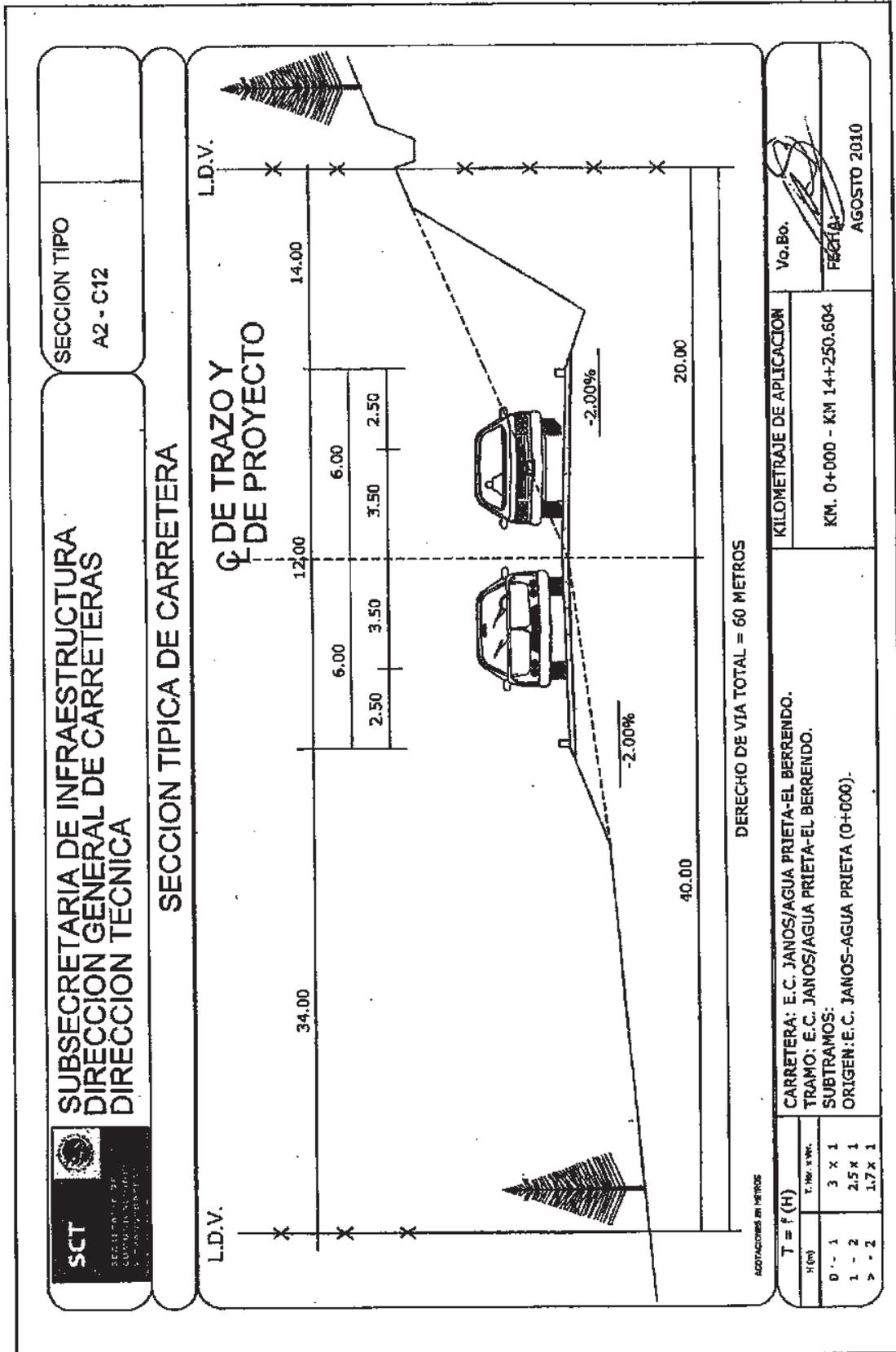
### **Objetivo del estudio.**

El objetivo principal del presente estudio es proporcionar la información geotécnica necesaria para realizar el proyecto de las terracerías, así como también realizar el diseño del pavimento.

El estudio presenta la descripción de la estratigrafía del terreno natural a lo largo del eje de trazo; las cédulas con las características litológicas y estratigráficas de los bancos para terracerías y pavimentos, los ensayos de laboratorio, el análisis de tránsito, el diseño del pavimento y las recomendaciones y conclusiones del estudio.

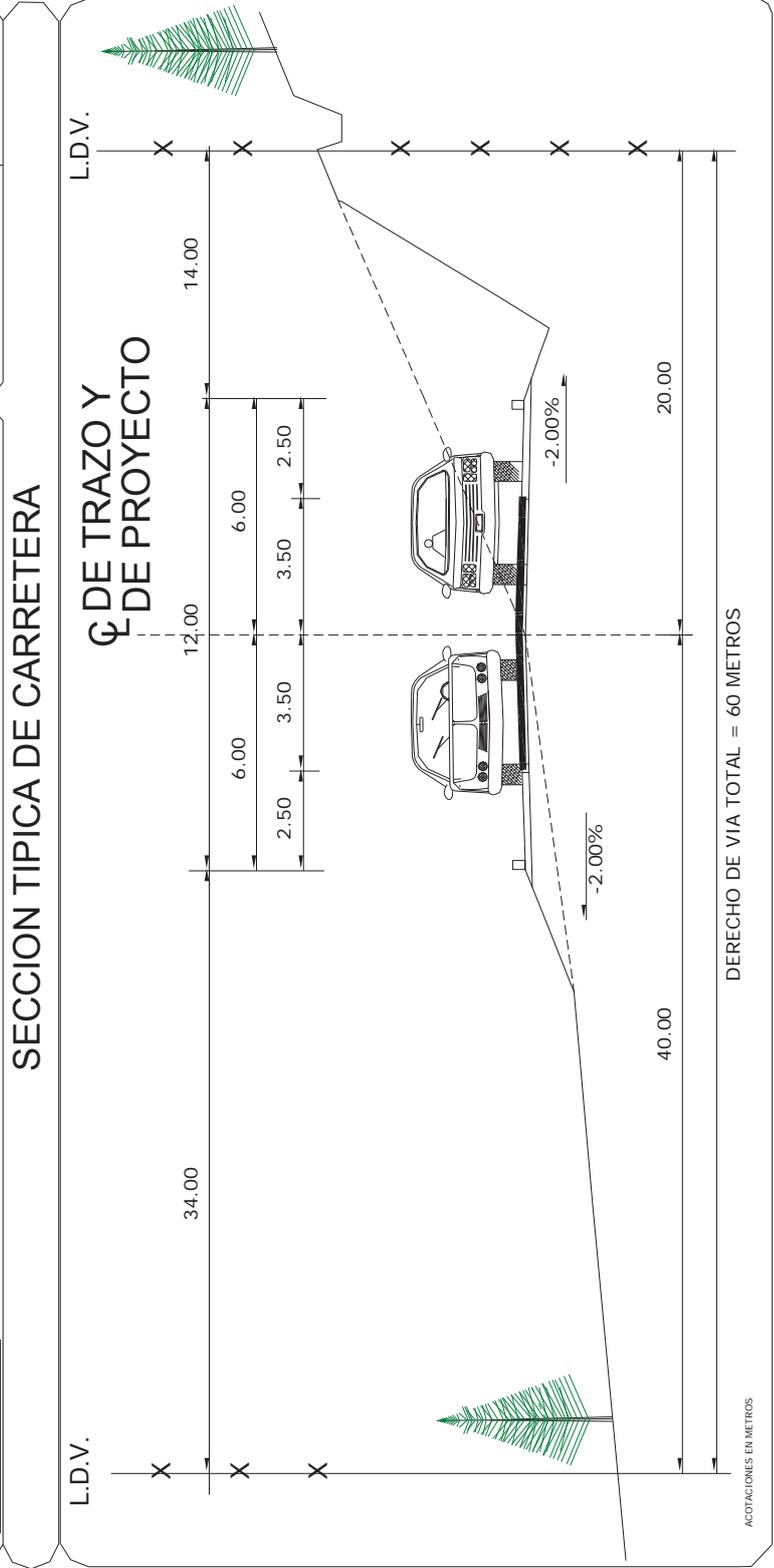
### **Características del proyecto.**

Las especificaciones geométricas del tramo en estudio se apegan a las de un camino tipo "A2" del km 0+000 al km 14+250.604 con un ancho de corona de 12 m, con un ancho de calzada de 6.00 m con dos carriles de 3.50 m cada uno, para cada sentido y acotamientos exteriores de 2.50 metros cada uno. **(VER SECCIONES EN HOJA ANEXA).**



**SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA  
DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS  
DIRECCION TECNICA**

**SECCION TIPO  
A2 - C12**



ACOTACIONES EN METROS

T = f (H)		T - Hcr. x Wcr.
H (m)		
0 - 1	3 x 1	
1 - 2	2.5 x 1	
> - 2	1.7 x 1	

CARRETERA: E.C. JANOS/AGUA PRIETA-EL BERRENDO.  
 TRAMO: E.C. JANOS/AGUA PRIETA-EL BERRENDO.  
 SUBTRAMOS:  
 ORIGEN: E.C. JANOS-AGUA PRIETA (0+000).

KILOMETRAJE DE APLICACION  
 Vo.Bo.  
 KM. 0+000 - KM 14+250.604  
 FECHA:  
 AGOSTO 2010

## **GENERALIDADES.**

El desarrollo cultural, económico e industrial de otros países tal como el de los estados unidos de Norte América y otros de Europa han mostrado que una de las formas de crecimiento interno es la creación y desarrollo de sus vías de comunicación principalmente las terrestres.

La infraestructura necesaria en igualdad de condiciones a lo largo de todo este, entonces no se proporcionan la condiciones suficientes para que todos los mexicanos crezcan en todos los niveles, principalmente el nivel económico. Por ello se considera que este proyecto será de beneficio, no únicamente para esta región, sino para el país. Este camino será un importante alimentador de desarrollo la zona, logrando la entrada y salida de insumos.

Es importante realizar estudios de vialidad que permitan establecer las prioridades y recursos para la elaboración de un nuevo proyecto. Por lo tanto, se requiere realizar estudios preliminares.

## **CAPÍTULO 2**

### **ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA TERRACERIAS.**

#### **QUE ES EL ESTUDIO GEOTÉCNICO.**

El estudio geotécnico es un estudio – análisis de terreno en el que se va a construir, este estudio debe ser previo al inicio de los diseños, es fundamental conocer las características del terreno para calcular la construcción.

Bajo este nombre específico se comprenden en la metodología mexicana del proyecto y la construcción de las vías terrestres, todo el conjunto de estudios de campo y laboratorio, recorridos e inspecciones, análisis y cálculos que conducen al conjunto de recomendaciones y conclusiones necesarias para establecer las normas geotécnicas a que han de ceñirse los proyectos y los procedimientos de construcción de tales vías terrestres.

El estudio geotécnico deberá poner a disposición del grupo encargado del proyecto, toda la información relevante sobre el terreno de cimentación, tipos de materiales a emplear y el conveniente que puede obtenerse de los disponibles, señalando su probable comportamiento futuro y los tratamientos que se requerirán en todos los suelos y rocas por usar, así como los procedimientos de construcción idóneos a utilizar.

Ya se ha insistido en otras partes del carácter necesariamente simple y estadístico que han de tener las exploraciones, muestreos y pruebas que se hagan para fundamentar un estudio geotécnico. Esta es una condición que impone la vía terrestre (quizá con excepción de la aeropista), como obra civil, que deberá tenerse siempre en mente y que establece el estilo y alcances del estudio.

La información geotécnica deberá presentarse en forma sencilla, clara y sistematizada, traduciendo las características de las formaciones existentes en el campo y todos los datos pertinentes, a valores numéricos y recomendaciones escuetas, que puedan ser tomadas en cuenta por los restantes miembros del grupo de proyecto con seguridad y correcta comprensión, aun no siendo especialistas en las disciplinas geotécnicas.

En la ejecución de un estudio geotécnico pueden distinguirse dos etapas:

La primera comprende reconocimientos, exploración, levantamiento de datos y las pruebas de laboratorio.

En la segunda etapa se recopila la información disponible, se analiza, se producen recomendaciones detalladas y concretas y se redacta el informe correspondiente.

## RECONOCIMIENTO GEOTÉCNICO.

Los trabajos de campo se iniciaron con un recorrido geotécnico para determinar las unidades geológicas y geotécnicas que se observan a lo largo del eje de trazo, donde también se localizaron físicamente los bancos de préstamo de los cuales se podrán obtener materiales para la construcción de la terracerías y los pavimentos.

## EXPLORACIÓN Y MUESTREO.

La exploración geotécnica se realizó mediante la excavación de pozos a cielo abierto, los cuales se realizaron en sitios en donde se consideraron necesarios: al término de las exploraciones, se procedió a levantar el perfil estratigráfico, basándose en una clasificación visual y al tacto. A continuación se presenta la relación de las exploraciones realizadas:

Pozo a Cielo Abierto (PCA) No.	kilómetro	Observaciones
1	0+030	Arena limosa mal graduada poco húmeda, medianamente compacta. De color café claro. <b>SP-SM</b>
2	0+500	Arena limosa poco húmeda, medianamente compacta. De color café claro. <b>SM</b>
3	1+000	Arena arcillosa poco húmeda, medianamente compacta. De color café claro. <b>SC</b>
4	1+500	Arcilla inorgánica de baja plasticidad de consistencia media. De color café claro. <b>CL</b>
5	2+000	Arcilla inorgánica de baja plasticidad de consistencia firme. De color café claro. <b>CL</b>
6	2+500	Arena arcillosa poco húmeda, compacta. De color café claro. <b>SC</b>
7	3+000	Arena arcillosa poco húmeda, compacta. De color café claro. <b>SC</b>

8	3+500	Arena mal graduada poco húmeda, medianamente compacta. De color café claro. <b>SP</b>
9	4+000	Arcilla inorgánica de baja plasticidad de consistencia media. De color café claro. <b>CL</b>
10	4+500	Arena arcillosa poco húmeda, medianamente compacta. De color café claro. <b>SC</b>
11	5+000	Arcilla inorgánica de baja plasticidad de consistencia firme. De color café claro. <b>CL</b>
12	5+500	Arcilla inorgánica de baja plasticidad de consistencia firme. De color café claro. <b>CL</b>
13	6+000	Arena arcillosa poco húmeda, compacta. De color café claro. <b>SC</b>
14	6+500	Arena arcillosa poco húmeda, compacta. De color café claro. <b>SC</b>
15	7+000	Arena arcillosa poco húmeda, compacta. De color café claro. <b>SC</b>
16	7+500	Arcilla inorgánica de baja plasticidad de consistencia firme. De color café claro. <b>CL</b>
17	8+000	Arena arcillosa poco húmeda, compacta. De color café claro. <b>SC</b>
18	8+400	Arena arcillosa poco húmeda, compacta. De color café claro. <b>SC</b>
19	9+000	Arcilla inorgánica de baja plasticidad de consistencia muy firme. De color café claro. <b>CL</b>
20	9+500	Arcilla inorgánica de baja plasticidad de consistencia muy firme. De color café claro. <b>CL</b>
21	10+000	Arcilla inorgánica de alta plasticidad de consistencia

		muy firme. De color café claro. <b>CH</b>
22	10+500	Arcilla inorgánica de alta plasticidad de consistencia muy firme. De color café claro. <b>CH</b>
23	11+000	Arena arcillosa poco húmeda, muy compacta. De color café claro. <b>SC</b>
24	11+500	Arena arcillosa poco húmeda, muy compacta. De color café claro. <b>SC</b>
25	12+000	Grava arcillosa compacta. De color café claro. <b>GC</b>
26	12+500	Arena arcillosa poco húmeda, medianamente compacta. De color café claro. <b>SC</b>
27	13+000	Arena arcillosa poco húmeda, compacta. De color café claro. <b>SC</b>
28	13+500	Arena arcillosa poco húmeda, compacta. De color café claro. <b>SC</b>
29	14+100	Grava arcillosa compacta. De color café claro. <b>GC</b>

En el **ANEXO E** se presenta la ubicación particular de cada uno de los sondeos realizados y los espesores de cada estrato.

### **ZONIFICACIÓN FISIAGRÁFICA Y LITOLÓGICA.**

Para facilitar y ordenar los trabajos de campo conviene dividir la zona en que se construirá la futura vía en zonas de características similares, lo cual se hace en base a la fisiografía, tomando en cuenta características morfológicas. Los aspectos litológicos y permiten después hacer una división en sub-zonas. Cada una de esas sub-zonas deberá ser descrita con detalle y, puesto que presentarán características más o menos homogéneas, participarán de la misma clasificación y recomendaciones.

La descripción de cada sub-zona deberá hacerse verticalmente, clasificando cada una de las capas o estratos que la compongan, para lo que, por lo general, será necesario efectuar sondeos, tomar muestras, efectuar pruebas manuales en el campo y algunas pruebas de laboratorio, sobre todo en el caso de suelos. En el caso de rocas, será necesario estudiar los afloramientos, establecer su clasificación macroscópica y su estructura.

Para la primera zonificación ha de efectuarse un recorrido por la línea, llenado este cuestionario:

**CUESTIONARIO PARA RECONOCIMIENTO DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOTECNICO**

**CARRETERA:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**SUB-TRAMO:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**TRAMO:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**DE KM** \_\_\_\_\_ **A KM** \_\_\_\_\_

**EN :** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**FECHA :** \_\_\_\_\_

## CUESTIONARIO DE ZONIFICACIÓN FISIOGRAFICA.

El tipo de terreno se clasifica de acuerdo con la magnitud de los movimientos de tierra que será preciso efectuar para alojar a la vía terrestre; es decir, la clasificación se basa en las características topográficas del área.

En general, los cambios en la morfología corresponden a cambios en los materiales constituyentes. Una unidad morfológica podrá estar formada por diferentes materiales o por un mismo tipo con diferentes características estructurales.

## DATOS DE SUELOS PARA EL CÁLCULO DEL DIAGRAMA DE MASAS

El correcto cálculo de un diagrama de masas, tan importante para definir los procedimientos constructivos, el aprovechamiento de los materiales disponibles y el costo de un proyecto, depende en mucho de consideraciones geotécnicas y de la información de ese estilo que pueda ofrecerse a los encargados del proyecto geométrico de la vía.

Cada alternativa de trazo en estudio deberá tener su correspondiente perfil de suelos, somero y superficial y deberán proponerse directrices detalladas sobre uso de materiales y sobre los tratamientos a que convengan someter a éstos.

## TABLAS DE SUELOS PARA EL CÁLCULO DE LA CURVAMASA.

KM. A	ESTRATO		CLASIFICACION ( SUCS )	TRATAM. PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIF.	TERRAPLEN		CORTE		OBSERV.
	No.	ESP.			PRESUP. A - B - C	ALT. MAX.	TALUD	ALT. MAX.	TALUD					
					90%	95%	100%	BAND.						

Con los resultados de la exploración del subsuelo y los resultados de las pruebas de laboratorio, se procedió a definir por tramos la tabla de datos para el proyecto de terracerías.

En el **ANEXO B**, se presentan por tramos los espesores de los estratos, la descripción de los suelos y/o rocas, la clasificación SUCS y para presupuesto, los coeficientes de variación volumétrica para materiales compactables y no compactables, los taludes recomendables para cortes y terraplenes. Así como las observaciones particulares para el aprovechamiento de los materiales detectados en el tramo en estudio.

### **CAPÍTULO 3**

#### **PRUEBAS DE LABORATORIO**

Con la finalidad de conocer las características mecánicas de los materiales que constituirán el terreno de sustentación del camino, se tomaron muestras alteradas representativas de los estratos encontrados en los sondeos, para su ensaye en el laboratorio.

Los ensayes realizados son:

- 1.- Análisis granulométrico mediante el uso de mallas.
- 2.- Límites de Consistencia o de Atterberg.
- 3.- Peso Volumétrico Seco Suelto.
- 4.- Peso Volumétrico Seco Máximo.
- 5.- Humedad Óptima.
- 6.- Valor relativo de soporte estándar.
- 7.- Valor relativo de soporte modificado al 90 y/o 95%.

En el anexo **ANEXO A**, se presenta los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas, la clasificación del SUCS y para presupuesto.

## **PRUEBA DE GRANULOMETRIA MEDIANTE EL USO DE MALLAS**

### **OBJETIVO.**

Separar por tamaños las partículas de suelo, pasándolo a través de una sucesión de mallas de aberturas cuadradas y, en pesar las porciones que se retienen en cada una de ellas, expresando dichos retenidos como porcentajes en peso de la muestra total.

La sucesión de tamaños obtenida mediante el empleo de mallas, nos da una idea de la composición granulométrica únicamente en dos dimensiones, por lo que las curvas resultantes solo quedarán representativas de materiales constituidos por partículas de forma equidimensional, si las partículas de un material tienen forma laminar o acicular, es decir, de lascas o agujas, respectivamente, los resultados que se obtengan no serán representativos de los tamaños reales del material y, en consecuencia, de su comportamiento. Así mismo la curva granulométrica no dará una idea correcta de la sucesión de tamaños en los materiales con partículas de pesos específicos muy diferentes, en cuyo caso será necesario efectuar la corrección correspondiente, para transformar los porcentajes obtenidos en función de pesos, a porcentajes en función de volúmenes.

Las características granulométricas de un suelo influyen en la mayor o menor facilidad para lograr una compactación adecuada y tienen importancia en su comportamiento mecánico, principalmente en los suelos gruesos. Generalmente, la mayor estabilidad de un suelo se alcanza cuando la cantidad, de vacíos es mínima y para que esta condición pueda lograrse, se requiere que el material tenga una sucesión adecuada de tamaños que permita que los huecos resultantes del acomodo de las partículas mayores, sean ocupados por partículas menores y que a su vez, los huecos que dejen estas últimas sean ocupados por partículas más finas y así sucesivamente

### **EQUIPO.**

- 1.- Balanza de veinte (20) kilogramos de capacidad y un (1) gramo de aproximación.
- 2.- Balanza de dos (2) kilogramos de capacidad y cero punto un (0.1) gramo de aproximación.
- 3.- Charolas de lámina.
- 4.- Cucharón de lámina.
- 5.- Horno con termostato para mantener una temperatura constante de ciento cinco más menos cinco grados centígrados ( $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ).
- 6.- Cepillo de cerdas.
- 7.- Cepillo de alambre delgado.

8.- Juego de mallas de las siguientes designaciones: núm. 75, núm. 50, núm. 37.5, núm. 25, núm. 19, núm. 12.5, núm. 9.5, núm. 4.75, núm. 2, núm. 0.850, núm. 0.425, núm. 0.250, núm. 0.150, y núm. 0.075.

9.- Tapa y fondo para el juego de mallas.

10.- Agitador de varilla metálica de seis (6) milímetros de diámetro y veinte centímetros de longitud.

### **PROCEDIMIENTO.**

a) Para suelos gruesos.

1.- Se obtiene por cuarteo una porción representativa con peso aproximado de 15 kilogramos.

2.- Se hace pasar la muestra a través de las mallas (2" hasta la no. 4 y charola). Para efectuar esta operación deberá imprimirse a las mallas un movimiento vertical y de rotación horizontal, para mantener al material en constante movimiento y permitir que los tamaños menores pasen a través de las aberturas correspondientes.

3.- Se pesan los materiales retenidos en cada una de las mallas y se anotan en la hoja de registro.

b) Para suelos finos.

1.- Del material que pasa la malla no.4 se toman 200 grs. de la muestra.

2.- La muestra de suelo se coloca en las mallas para suelos finos acomodadas en forma decreciente puestas una sobre otra.

3.- Una vez colocadas se hace vibrar durante un periodo de 10 min. en el agitador rov – tav.

4.- Se pesa toda la fracción retenida en cada malla y se anota en la hoja de registro.

## PRUEBA DE GRANULOMETRÍA POR LAVADO.

### OBJETIVO.

Separar por tamaños las partículas de suelo, pasándolo a través de una sucesión de mallas de aberturas cuadradas y en pesar las porciones que se retienen en cada una de ellas, expresando dichos retenidos como porcentajes en peso de la muestra total.

1.- De la fracción de material que pasa por la malla no.4 se toma una muestra de 200 grs.; se pone a secar en el horno a una temperatura de 105 grados centígrados hasta tener un peso constante, una vez obtenido el peso constante el material se pone en un vaso de aluminio y se deja saturando por 24 horas.

2.- Con una varilla se agita en forma de (8) durante 15 segundos. se deja reposar durante 30 segundos, y se decanta el agua y suelo por la malla no. 200 se repite la operación hasta que esta tenga una tonalidad clara.

3.- Estando seco el material lavado se procederá a su disgregación evitando perdida del material. Hay que deshacer los grumos en caso de que se formen, procediendo a realizar la granulometría.

4.-Se anota el peso del material retenido en cada una de las mallas y se procede al cálculo tomando en cuenta el material eliminado por la malla no. 200.

A continuación se muestra la hoja de registro, que es similar para suelos gruesos y para suelos finos; donde graficaremos en el eje de las abscisas las aberturas de la malla y en el de las ordenadas el porcentaje del material pasado por la malla.

malla no.	peso retenido parcial ( grs )	( % ) retenido parcial	( % ) retenido acumulativo	( % ) que pasa la malla
-----------	-------------------------------	------------------------	----------------------------	-------------------------

### CÁLCULO.

$$1.-\% \text{ retenido parcial} = \frac{(\text{peso material})}{(\Sigma \text{ peso material})} (100)$$

$$2.-\% \text{ que pasa} = 100 - (\% \text{ retenido parcial}) = x$$

donde:

$x - (\text{el siguiente } \% \text{ retenido parcial}) = x$  y así sucesivamente hasta completarlo.

Para seguir la secuencia ininterrumpida en la granulometría chica se utilizan las siguientes fórmulas.

$$a) \% \text{ retenido parcial} = \frac{(\text{peso material}) (\% \text{ retenido parcial})}{(\Sigma \text{ peso material } x)}$$

$$b) \text{ Que pasa} = (\% \text{ retenido parcial de la 4}) - \% \text{ retenido parcial} = x$$

Donde:

$x$  – (el siguiente % retenido parcial) =  $x$  y así sucesivamente hasta completarlo.

Para fines de clasificación del suelo deberán calcularse los coeficientes de uniformidad  $cu$ , y de curvatura  $cc$ , que se emplean para juzgar la graduación del material, por medio de las fórmulas siguientes:

$$cu = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

$$d_{10}$$

$$cc = \frac{(d_{30})^2}{(d_{60} \times d_{10})}$$

$$(d_{60} \times d_{10})$$

### **DONDE:**

$cu$ : es el coeficiente de uniformidad del material, número abstracto.

$cc$ : es el coeficiente de curvatura del material, número abstracto.

$D_{10}$ ,  $D_{30}$ , y  $D_{60}$  representan los tamaños de las partículas de suelos en milímetros, que en la gráfica de la composición granulométrica corresponden al (10) por ciento, treinta (30) por ciento y sesenta (60) por ciento que pasa, respectivamente. es decir  $D_{10}$ ,  $DD_{30}$ , y  $D_{60}$  son las abscisas, de la gráfica de la composición granulométrica, correspondientes a las ordenadas de diez (10), treinta (30) y sesenta (60) por ciento, respectivamente.

\* Causas más frecuentes de error al efectuar esta prueba.

1.- Que se produzcan pérdidas de materiales por manipulaciones descuidadas durante las operaciones de cribado, lavado, secado y pesado.

2.- Que se usen mallas con aberturas diferentes de las especificadas, debido a construcción defectuosa, desgaste y deformación o ruptura de los alambres de las tramas.

3.- Que permanezcan partículas de material atoradas en las tramas de las mallas y no se consideren en el peso del material retenido.

## **PRUEBA DE LÍMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG.**

### **OBJETIVO.**

Los métodos de prueba a que se refiere esta cláusula, tiene por objeto conocer las características de plasticidad de la porción de suelo que pasa la malla no. 0.425, cuyos resultados se utilizan principalmente para la identificación y clasificación de los suelos.

De acuerdo con su contenido de agua, los suelos pueden estar en algunos de los 5 estados de consistencia:

\* **Estado líquido**, es el que presentan los suelos cuando manifiestan las propiedades de una suspensión.

\* **Estado semilíquido**, cuando los suelos tienen el comportamiento de un fluido viscoso.

\***Estado plástico**, en el cual los suelos presentan la propiedad que les permite, bajo ciertas condiciones de humedad, mantener la deformación producida por un esfuerzo que les ha sido aplicado en forma rápida sin agrietarse, desmoronarse o sufrir cambios volumétricos apreciables.

\***Estado semisólido**, en el que la apariencia de los suelos es la de un sólido; sin embargo, al secarse disminuyen de volumen.

\***Estado sólido**, en el que el volumen de los suelos no varía aún cuando se les someta a secado.

Los límites de consistencia fueron determinados por atterberg los cuales los delimito por las fronteras.

\* **Limite líquido**, es el contenido de agua que marca la frontera entre los estados semilíquido y plástico.

\* **Límite plástico**, es el contenido de agua que marca la frontera entre los estados plástico y semisólido.

\* **Límite de contracción**, es el contenido de agua que marca la frontera entre los estados semisólido y sólido.

Para definir las características de plasticidad de los suelos se utilizan el límite líquido, el índice plástico y la contracción lineal.

\* **Índice plástico**, es la diferencia aritmética entre el límite líquido, el índice plástico y la contracción lineal. ( $ip = ll - lp$ ).

\* **Contracción lineal**, es la reducción del volumen del mismo, medida en una de sus dimensiones y expresada en porcentaje de la dimensión original.

## **EQUIPO.**

1.- Copa de casa grande y ranurador.

2.- Cápsulas petri.

3.- Agua destilada.

4.- Balanzas de (0.01 grs) y (1 grs) de aproximación.

5.- Placa de vidrio.

6.- Horno secador.

7.- Franela.

8.- Vidrios de reloj.

9.- Charolas de evaporación.

10.- Espátula.

11.- Calibrador vernier.

12.- Cápsulas de porcelana.

13.- Gotero.

## **PROCEDIMIENTO.**

### **1.- Determinación del límite líquido ( I I )**

a) El material que se trae del campo se seca a temperatura ambiente y se disgrega.

b) Una vez que el material se ha secado se criba por la malla no. 0.425 y se toma una cápsula de porcelana de 250 a 300 grs. del material que paso la malla, lo saturamos y lo dejamos reposar (24 hrs.). transcurrido el tiempo agregamos agua destilada y se mezcla hasta formar una pasta homogénea.

c) Se inician los tanteos en la copa de casa-grande dándole al suelo diferentes humedades. se deben hacer cinco (5) tanteos y obtener las humedades de cada uno de ellos.

**d)** Se coloca la pasta en la copa de casa-grande, llenándola a la mitad y alisándola para obtener un espesor máximo de (1 cm). Se ranura al centro con un ranurador de dimensiones de (11 mm), en la parte superior y (2 mm) en la parte inferior. Se debe ranuras la pasta según el eje de simetría del aparato, manteniendo el ranurador perpendicular a la superficie de la copa.

**e)** Una vez llena la copa ranurado el material, el golpeo se hace girando la manivela a la velocidad de 2 rev/seg, y contar el número de golpes necesarios para que la ranura cierre ( $\frac{1}{2}$  ") aproximadamente, la ranura debe cerrar por el flujo del suelo y no por deslizamiento de la pasta respecto a la copa.

**f)** En la cápsula de vidrio de reloj, se extrae una muestra representativa de aproximadamente (10 grs) del centro de la copa, cerca de donde cerró la ranura para obtener la humedad, se pesa la cápsula con material húmedo al centésimo de gramo (0.01 grs). Se deja secar el horno durante. (24 hrs.), a temperatura de 110° c.

**g)** Una vez obtenidos los resultados de todos los tanteos procederemos a anotarlos en las hojas de registro, para así graficar la curva de fluidez, que comprende en el eje de las abscisas en escala logarítmica el número de

Golpes, y en el eje de las ordenadas en escala aritmética los contenidos de agua; de la cual el limite liquido (ll) será el contenido de agua correspondiente a 25 golpes.

\* Causas más frecuentes de error al efectuar esta prueba.

1.- Que al efectuar la prueba la ranura se cierre debido al deslizamiento del suelo sobre la copa y no al flujo provocado por los golpes.

2.- Perdida de agua por evaporación en la muestra, debido a que la prueba no se realice en lugares frescos y exentos de corrientes de aire.

3.- Que la caída de la copa no se efectuó a una velocidad uniforme de dos ( 2 ) golpes por segundo.

4.- Que la copa y el ranurador no estén limpios antes de cada determinación.

5.- Que se incorpore material seco para reducir la humedad de la muestra de prueba, o bien que no se efectuó un amasado correcto de esta.

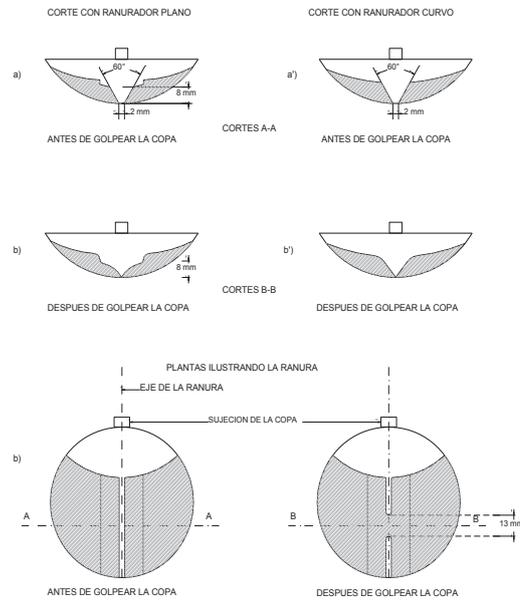
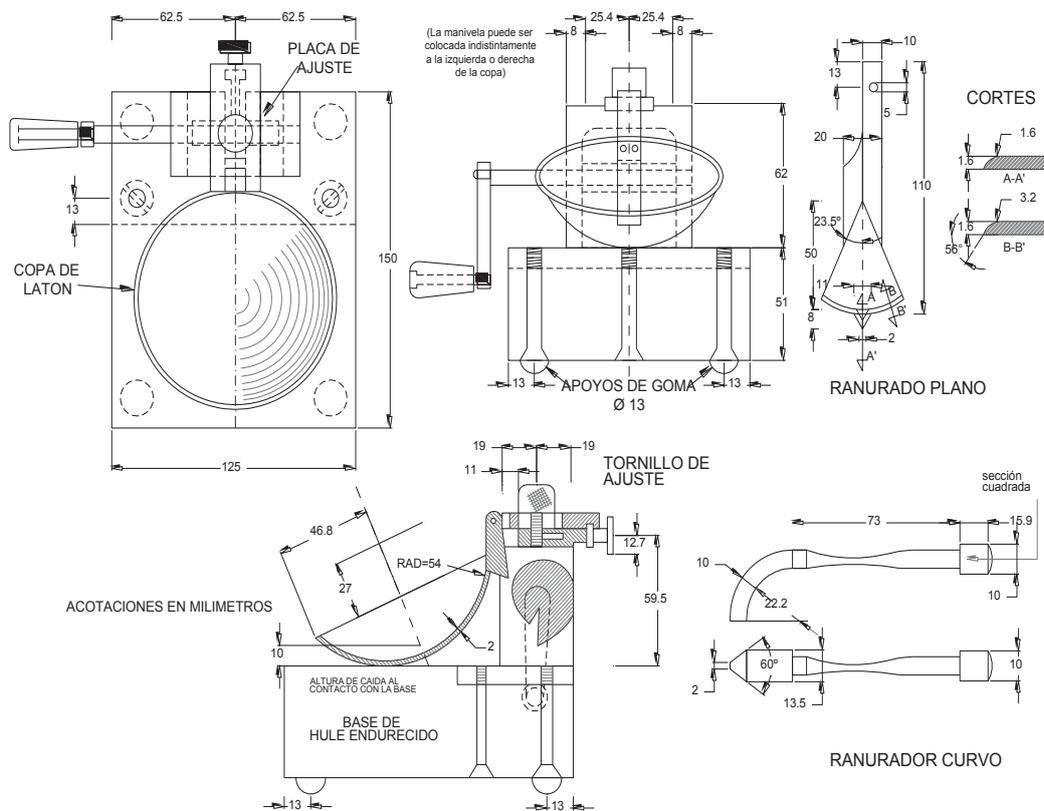


IMAGEN 1- DIMENSIONES DE LA RANURA.



IMAGEN

## 2.- INSTRUMENTAL PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO.

### 2.- Determinación del límite plástico ( I p )

- a) Se amasan aproximadamente (15 grs) de suelo húmedo. de los cuales con la palma de la mano formamos rollito de (1/8") es decir (3 mm aproximadamente), de diámetro apoyándose en la placa de vidrio.
- b) Se repite éste procedimiento hasta que el rollito empieza a desmoronarse al estarlo formando.
- c) Se colocan en una cápsula de vidrio de reloj y se procede a pesarlos con la bascula de (0.01 grs) de aproximación y se meten al horno durante 24 hrs. a una temperatura de ciento diez grados centígrados.
- d) Una vez transcurridas las (24 hrs.) se pesan para determinar el contenido de humedad de los cilindros.

e) El proceso se debe repetir por lo menos en tres (3) ocasiones para poder promediarlos.

f) Teniendo los tres resultados los anotamos en la hoja de registro y procederemos a calcularlo, donde el límite plástico (lp) es; el contenido de agua promedio de los cilindros.

Una vez determinados los límites tanto líquido como plástico procederemos a meter los datos a la carta de plasticidad, la cual en el eje de las abscisas representa el límite líquido (ll) y en el de las ordenadas el índice plástico (ip). La carta de plasticidad nos indicará la clasificación del suelo.

\* Causas más frecuentes de error al efectuar esta prueba.

1.- Que el cilindro de suelo se rompa antes de alcanzar el diámetro de tres (3) milímetros, ya que en este caso su humedad sería menor que la del límite plástico.

2.- Que la placa de vidrio no se encuentre limpia antes de cada determinación, ya que esto dificulta o impide la formación del cilindro.

3.- Que al alcanzar el cilindro el diámetro de tres (3) milímetros, el operador lo rompa en forma deliberada, modificando la presión, la velocidad de rolado o ambas cosas.

### 3.- Determinación de la contracción lineal (cl)

- a) Se hace esta prueba con el material que sobro del ensaye de (II), con una humedad ligeramente mayor de 10% aproximadamente.
- b) Procederemos a llenar el molde de prueba previamente engrasado para evitar que se adhiera el material en las paredes. El material deberá de ser colocado en tres capas y en cada una de estas dar unos ligeros golpes tomando le molde de los extremos, con la finalidad de que el material se acomode.
- c) Se debe dejar secar el molde con el material a una temperatura ambiente hasta que su color cambie de oscuro a claro y se coloca en el horno a una temperatura de ciento diez grados centígrados.
- d) Se saca del horno y con el vernier tomamos la longitud de la barra de material seco y la longitud interior del molde, procediendo a anotarlo en la hoja de registro.

#### CÁLCULO.

$$cl = \frac{l1 - l2}{l1} ( 100 )$$

#### DONDE:

CL: Es la contracción lineal, en por ciento

l1 : Longitud interior del molde, en centímetros

l2 : Longitud de la barra del material seco, en centímetros

\* Causas más frecuentes de error al efectuar esta prueba.

1.- Engrasado deficiente del interior del molde, lo que ocasiona que el espécimen se rompa al contraerse.

2.- No dar el número necesario de golpes a la barra para eliminar el aire contenido en el material.

3.- Exponer el espécimen al sol o introducirlo en el horno inmediatamente después de elaborado, originando con ello que se agriete o se deforme, principalmente cuando se trata de materiales muy plásticos.

4.- Medir incorrectamente la longitud final de la barra, sobre todo cuando se rompa o arquee excesivamente.

#### **4.- Determinación de la contracción volumétrica (cv)**

a) Esta prueba se hace con el material que sobro del ensaye del límite líquido, con una humedad ligeramente mayor aproximadamente en un 10%.

b) El material se coloca en una cápsula petri, la cual debe pesarse y cubrir su interior con una capa delgada de grasa. o en su defecto con aceite quemado. El material se coloca en 3 capas, procurando en cada capa dar unos ligeros golpes para que se asiente el material y expulse el aire incrustado en él.

c) A continuación se engrasa el material en el molde utilizando la espátula y se pesa con aproximación al 0.01 de gramo.

d) La cápsula con el suelo se deja orear a la sombra hasta que cambie ligeramente su color; esto es con la finalidad de que la pastilla de suelo no se agriete.

e) Inmediatamente después se pone a secar en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ \text{C}$ , durante 24 horas aproximadamente.

f) Se extrae del horno la cápsula con el espécimen, se deja enfriar a la temperatura ambiente y a continuación se pesa.

g) Se coloca en una cápsula de porcelana un recipiente de vidrio o de Lucita y se llena de mercurio (hg) hasta derramarlo y se enrasa. Para enrasar se coloca el vidrio de 3 puntas sobre la superficie de mercurio (hg) y se presiona hacia abajo para forzar al excedente a salir del recipiente y así expulsar el aire atrapado. El mercurio (hg), que se derrama se recoge en la cápsula para evitar pérdidas. (Hay que tomar precauciones al manejar el mercurio hg, debido a la gran toxicidad de sus vapores).

h) La pastilla de suelo seco se extrae de la cápsula pétrea y se coloca invertida sobre la superficie de mercurio (hg), que se encuentra en el recipiente de vidrio o Lucita; se sumerge lentamente con movimientos de rotación por medio del vidrio de 3 puntas hasta expulsar el aire atrapado.

i) El mercurio (hg) desalojado por la pastilla se pesa y con este dato dividido entre el peso específico del mercurio (hg), se calcula su volumen, que para fines prácticos se toma 13.60, puede variar hasta 13.56

### **CÁLCULO.**

$$cv = \% w - \frac{vI - vF}{\rho S} ( 100 )$$

$\rho S$

### **DONDE:**

CV: Es la contracción volumétrica, en por ciento

W: Es la humedad del material, en por ciento

VI : Volumen inicial de la muestra, en centímetros cúbicos

VF : Volumen final de la muestra, en centímetros cúbicos

El Volumen desalojado se determina con la siguiente expresión:

$$vF = \frac{p \text{ hG DESALOJADO}}{\rho \text{ e. DEL hg}}$$

*p.e. DEL hg*

**DONDE:**

p hG: Es el peso del mercurio desalojado.

p.e. Del hg: es el peso específico del mercurio.

DENOMINACION COMUN

SIMBOLO DEL GRUPO

CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS PARA SU IDENTIFICACION DE CAMPO (APROXIMADA)

GRUPO	IDENTIFICACION DE CAMPO (APROXIMADA)	DILATANCIA	TENACIDAD	RESISTENCIA EN ESPESOR	SIMBOLO DEL GRUPO	DENOMINACION COMUN
GP	GRAVAS MAL GRADUADAS, MEZCLAS DE GRAVA Y ARENA POCO O NADA DE FINOS.				GP	GRAVAS MAL GRADUADAS, MEZCLAS DE GRAVA Y ARENA POCO O NADA DE FINOS.
GM	GRAVAS LIMOSAS, MEZCLAS DE GRAVA, ARENA Y LIMO, MAL GRADUADAS.				GM	GRAVAS LIMOSAS, MEZCLAS DE GRAVA, ARENA Y LIMO, MAL GRADUADAS.
GC	GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLAS DE GRAVA, ARENA Y ARCILLA MAL GRADUADAS.				GC	GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLAS DE GRAVA, ARENA Y ARCILLA MAL GRADUADAS.
SM	ARENAS BIEN GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, POCO O NADA DE FINOS.				SM	ARENAS BIEN GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, POCO O NADA DE FINOS.
SP	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, POCO O NADA DE FINOS.				SP	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, POCO O NADA DE FINOS.
SL	ARENAS LIMOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y LIMO.				SL	ARENAS LIMOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y LIMO.
SC	ARENAS ARCILLOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y ARCILLA MAL GRADUADAS.				SC	ARENAS ARCILLOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y ARCILLA MAL GRADUADAS.
ML	LIMOS Y ARCILLAS BIEN GRADUADAS, LIGERAMENTE	NULLA A LIGERA	NULLA A LIGERA	RESISTENCIA EN ESPESOR	ML	LIMOS Y ARCILLAS BIEN GRADUADAS, LIGERAMENTE
CL	ARCILLAS INORGANICAS DE BAJA O MEDIANA PLASTICIDAD, ARCILLAS CON GRAVA, ARCILLAS ARENOSAS, ARCILLAS LIMOSAS	NULLA A LIGERA	NULLA A LIGERA	RESISTENCIA EN ESPESOR	CL	ARCILLAS INORGANICAS DE BAJA O MEDIANA PLASTICIDAD, ARCILLAS CON GRAVA, ARCILLAS ARENOSAS, ARCILLAS LIMOSAS
OL	LIMOS ORGANICOS Y ARCILLAS LIMOSAS ORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD.	LIGERA A MEDIANA	LIGERA A MEDIANA	RESISTENCIA EN ESPESOR	OL	LIMOS ORGANICOS Y ARCILLAS LIMOSAS ORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD.
MH	LIMOS INORGANICOS DE ALTA COMPRESIBILIDAD, LIMOS ORGANICOS O MUCOSOS, LIMOS ELASTICOS.	LIGERA A MEDIANA	LIGERA A MEDIANA	RESISTENCIA EN ESPESOR	MH	LIMOS INORGANICOS DE ALTA COMPRESIBILIDAD, LIMOS ORGANICOS O MUCOSOS, LIMOS ELASTICOS.
ML	ARCILLAS INORGANICAS DE ALTA PLASTICIDAD	ALTA A MUY ALTA	ALTA A MUY ALTA	RESISTENCIA EN ESPESOR	ML	ARCILLAS INORGANICAS DE ALTA PLASTICIDAD
OH	ARCILLAS ORGANICAS DE MEDIANA A ALTA PLASTICIDAD, LIMOS ORGANICOS DE MEDIANA PLASTICIDAD.	LIGERA A MEDIANA	LIGERA A MEDIANA	RESISTENCIA EN ESPESOR	OH	ARCILLAS ORGANICAS DE MEDIANA A ALTA PLASTICIDAD, LIMOS ORGANICOS DE MEDIANA PLASTICIDAD.
PT	TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS	IDENTIFICABLES POR SU COLOR O REACCION FRECUENTEMENTE TURBA FIBROSA.	IDENTIFICABLES POR SU COLOR O REACCION FRECUENTEMENTE TURBA FIBROSA.	RESISTENCIA EN ESPESOR	PT	TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS
UNDE	UNDE LOS SIMBOLOS	COMBINACION DE LOS SIMBOLOS	COMBINACION DE LOS SIMBOLOS	RESISTENCIA EN ESPESOR	UNDE	UNDE LOS SIMBOLOS

TABLA 3.- CLASIFICACIÓN DE SUELOS EN CAMPO.

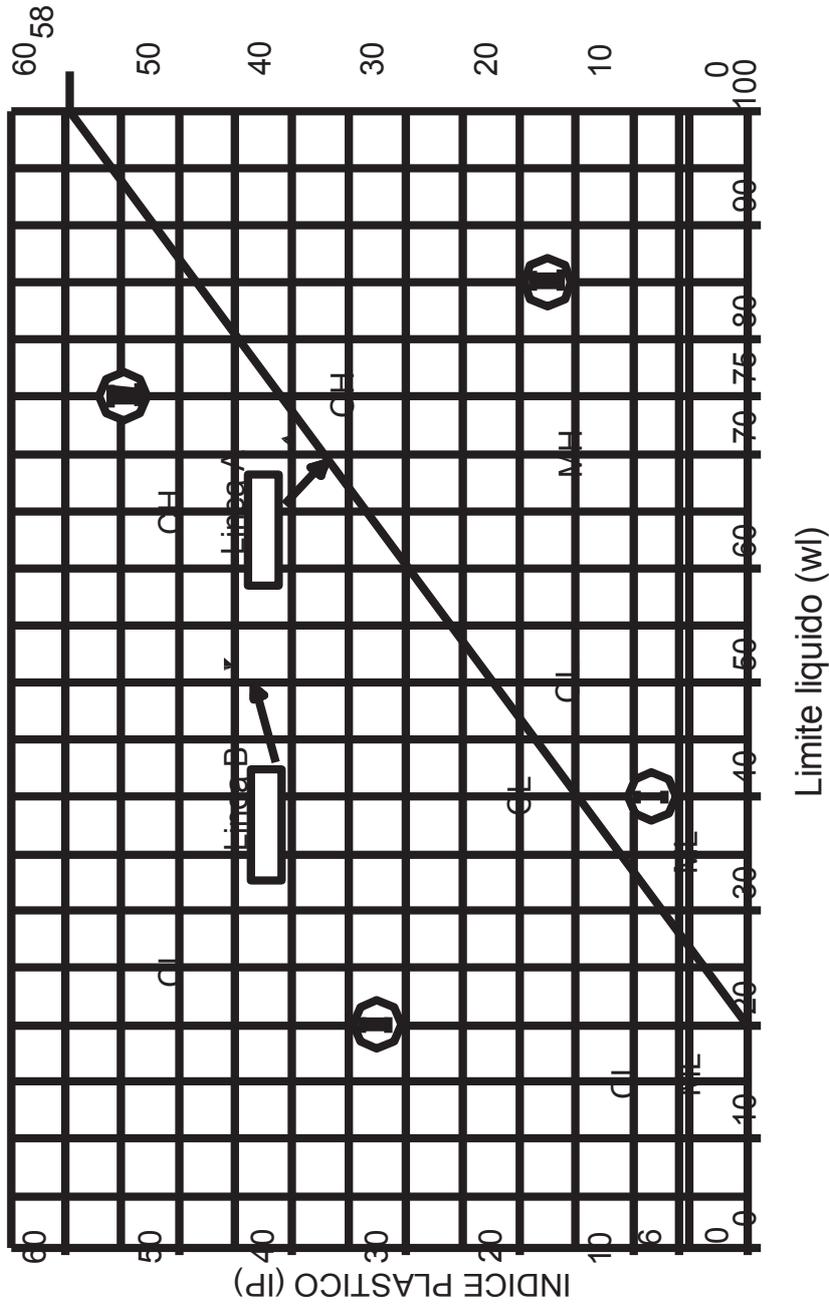


FIGURA 3.- CARTA DE PLASTICIDAD

LIMITES DE PLASTICIDAD Y HUMEDAD NATURAL

OBRA: _____ LOCALIZACION: _____ SONDEO No.: _____ MUESTRA No.: _____ DESCRIPCION.: _____	FECHA: _____ OPERADOR: _____ ENSAYE No.: _____ PROF.: _____ CALCULO: _____
--	--

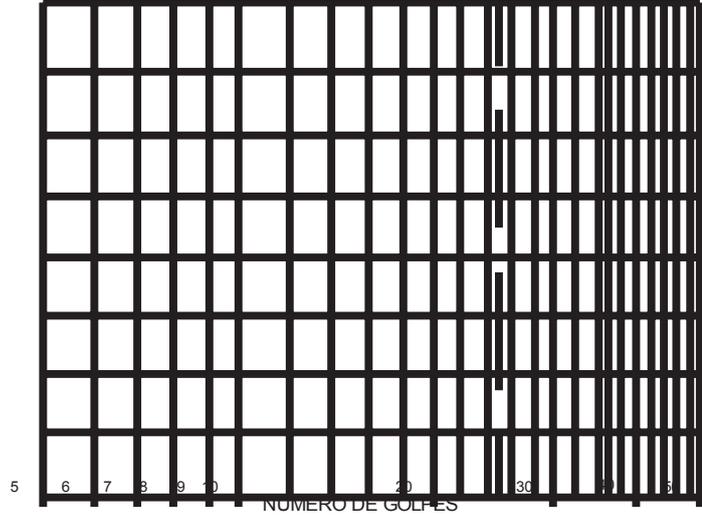
LIMITE LIQUIDO

PESADO No.	SUELO No.	NUMERO DE GOLFES	PESO CAPSULA		PESO DEL SUELO	PESO DE LA CAPSULA	PESO DEL SUELO + CAPSULA	CONTENIDO DE AGUA (%)
			gr	gr				

LIMITE PLASTICO


HUMEDAD NATURAL


CONTENIDO DE AGUA EN %



W = \_\_\_\_\_ %  
 LL = \_\_\_\_\_ %  
 LP = \_\_\_\_\_ %  
 Ip = \_\_\_\_\_ %  
 CR =  $LL - LP =$  \_\_\_\_\_ %  
 Fw = \_\_\_\_\_ %  
 Tw =  $Ip =$  \_\_\_\_\_ %  
 CLASIF. SUCS. \_\_\_\_\_

## **PRUEBA DEL EQUIVALENTE DE ARENA.**

### **OBJETIVO.**

Tiene como principal objetivo la determinación del porcentaje de finos o parte de materia orgánica que pueda contener el material, ya que esta origina cambios volumétricos y estos a su vez provocan los baches en la estructura del pavimento.

### **EQUIPO.**

- 1.- Cloruro de calcio.
- 2.- Glicerina.
- 3.- Agua destilada.
- 4.- Botella con capacidad de (4000 ml).
- 5.- Malla no. 4.
- 6.- 3 Probetas de lucita o acrílico graduadas en decimos de pulgada.
- 7.- Pisón.
- 8.- Cápsulas de aluminio.
- 9.- Tabla forrada con goma.

**10.- Agitador mecánico.****PROCEDIMIENTO.**

**a)** Se procede a elaborar la solución de trabajo la cual es conformada por (454 grs) de cloruro de calcio + (1890 ml) de agua, + (47 grs) de solución volumétrica al 40% de formal dehído + (2050 grs) de glicerina y complementando con agua destilada hasta obtener un volumen de tres mil setecientos ochenta y cinco (3875 ml).

**b)** En la botella de (4000 ml) colocamos la solución de trabajo en una repisa que se encuentre a una altura de aproximadamente (90 cm).

**c)** El material que pasa la malla no. 4 se obtiene por cuarteo (500 grs) depositándolas en las cápsulas de aluminio, una vez el material dentro de las cápsulas procederemos a golpearlo contra la tabla forrada con goma para que este se acomode.

**d)** Vaciamos el material a las probetas previamente llenadas con solución de trabajo, procurando expulsar las burbujas de aire atrapadas, lo dejamos reposar (10 min); transcurrido el tiempo le colocamos el tapón a las probetas, y estas las colocamos en el agitador mecánico (puede ser manual), se darán 90 ciclos en (30 seg).

**e)** Se introduce el tubo irrigador hasta el fondo para remover de esta manera las partículas finas que se encuentran en las paredes de la probeta y a su vez ajustar un nivel final de (381 cm<sup>3</sup>), después lo dejamos reposar un lapso de (20 min).

**F)** Transcurridos los (30 min) tomamos la lectura de arcilla en la escala de la probeta, después introducimos el pisón procurando no perturbar los finos en suspensión, anotando los datos en la hoja de registro.

**CÁLCULO.**

$$\text{Equivalente de Arena} = \frac{\text{Nivel de arena} (100)}{\text{Nivel de arcilla}}$$

**DONDE:**

Nivel de arena, en cms.

Nivel de arcilla, en cms.

Equivalente de arena, en %

Tiempo inicial (minutos)	Tiempo de agitado (minutos)	Lectura de arena (cms)	Lectura de arcilla (cms)	Equiv. De arena (%)

\* Causas más frecuentes de error al efectuar esta prueba.

- 1.- Que el agitado se haga en forma inapropiada.
- 2.- Que se muevan las probetas cuando se encuentran en reposo.
- 3.- Que al introducir el pisón en la probeta se baje a velocidad excesiva.

## **PRUEBA DEL VALOR CEMENTANTE.**

### **OBJETIVO.**

Esta prueba tiene como principal objetivo conocer la cementación o cohesión del suelo sin confinar, que es la resistencia expresada en (kg / cm<sup>2</sup>) que tiene el material seco y compactado a la aplicación de una carga dinámica.

### **EQUIPO.**

- 1.- Molde metálico cuadrado de (7.62 cm) de lado y (11.43 cm) de largo.
- 2.- Pisón de (900 grs) con guía de (40 cm).
- 3.- Espátula.
- 4.- Placa de (1.27 cm de espesor)
- 5.- Prensa
- 6.- Horno

## **PROCEDIMIENTO.**

**a)** Se toman aproximadamente tres 3 kilogramos del material cribado que pasa la malla no. 4, le incorporamos agua, de tal manera de dejarlo lo más próximo a su humedad óptima.

**b)** Procederemos a llenar el molde metálico en tres capas, a cada una de estas capas de material se le dan 15 golpes con el pisón de novecientos (900 grs.) dejándolo caer por la guía a una altura de ( 40 cm.).

**c)** Una vez terminadas las tres capas retiramos el molde teniendo la precaución de no fracturar el espécimen (por lo regular se elaboran 3 especímenes para promediar el valor obtenido de cada uno de ellos).

**d)** Verificando que los especímenes no estén fracturados los metemos al horno por (24 hrs) a una temperatura de ciento cinco (105) grados centígrados.

**e)** Transcurrido el tiempo sacamos los especímenes del horno dejándolos enfriar aproximadamente (30 minutos).

**f)** Les aplicamos carga hasta que se fracturen, los resultados obtenidos se promedian para así conocer el valor cementante. Después se llena la hoja de registro correspondiente.

**CALCULO.**

$$\text{Valor Cementante} = \frac{\text{Carga}}{\text{Área}}$$

Donde:

Valor cementante, en Kgs / cms<sup>2</sup>.

Carga, en Kgs.

Área, en cms<sup>2</sup>

Area (cms <sup>2</sup> )	lectura (adimensional)	Constante del anillo (K)	Carga (kgs)	Valor cementante (Kgs/cms <sup>2</sup> )

## **PRUEBA DE LA ABSORCIÓN.**

### **OBJETIVO.**

El objetivo de esta prueba es determinar la capacidad máxima de absorción de agua del material durante (24 hrs.), con respecto al peso seco del mismo expresado en por ciento.

### **EQUIPO.**

1.- Malla no. 19

2.- Malla no. 9.5

3.- Vaso de aluminio.

4.- Charola.

5.- Franela.

6.- Parrilla.

7.- Espejo

8.- Balanza de (0.1 grs. de aproximación).

**PROCEDIMIENTO.**

- a) De una muestra tomada por cuarteo tomamos aproximadamente trescientos cincuenta gramos (350).
- b) Lo cribamos y tomamos la porción de material que pasa la malla no. 19 y lo que es retenido en la malla no. 9.5.
- c) Se satura el material a una temperatura de (15 a 25) grados centígrados durante un periodo de (24 hrs).
- d) Transcurrido el tiempo la muestra la secamos superficialmente con la franela húmeda y registramos su peso.
- e) Posteriormente colocamos el material en la charola para esta ponerla en la parrilla y comenzar a aplicarle calor hasta eliminar toda el agua, para verificar que el material está completamente seco colocamos un espejo, y si este muestra señales de humedad empañándolo le tendremos que aplicar calor el tiempo necesario hasta que deje de mostrar señales de humedad.
- f) Seco el material lo dejamos enfriar para poder pesarlo y registrar su peso, para poder determinar el porcentaje de absorción.

**CÁLCULO.**

$$\text{Absorción} = ( Ww - Ws ) ( 100 )$$

*Ws*

Donde:

Absorción, en porciento (%).

Ww: Peso de la muestra saturada superficialmente seca, en gramos.

Ws: Peso de la muestra seca, en gramos.

No. de muestra	Peso seco, Ws (grs)	Peso saturado sup. seco, Ww (grs)	Absorción (%)

## **PRUEBA DE LA DENSIDAD.**

### **OBJETIVO.**

Se define como la relación que existe entre un peso de material y el volumen desalojado de agua. Y esta nos sirve para determinar el porcentaje de vacíos de un material.

### **Equipo.**

- 1.- Probeta graduada.
- 2.- Bascula de (0.1 grs) de aproximación.
- 3.- Franela.

### **PROCEDIMIENTO.**

- a) Mantener sumergidas en agua durante (24 hrs) un número suficiente de material, para hacer una determinación representativa.
- b) A continuación se extrae del agua y se seca superficialmente y se pesa el material.
- c) Colocamos el material en la probeta y checamos el volumen desalojado.
- d) Determinamos la densidad.

**CÁLCULO.**

$$\text{Densidad} = \frac{Ws}{Vd}$$

*Vd*

Donde:

Densidad, en unidades adimensionales.

Ws: Peso del material, en gramos.

Vd: Volumen desalojado, en mililitros.

No. de muestra	Peso del material, Ws (grs)	Volumen desalojado, Vd (ml)	Densidad (Adimensional)

## **PRUEBAS DINAMICAS PARA DETERMINAR LA COMPACTACION**

En este tipo de pruebas se determina el peso volumétrico seco máximo y la humedad óptima de un material mediante el golpeteo de pisonos o de placas vibrantes, recomendada generalmente para suelos que pasen la malla 4.75.

### **PRUEBA PROCTOR ESTÁNDAR.**

#### **OBJETIVO.**

Determinar el peso específico seco máximo y la humedad óptima, con la cual se logra la máxima compactación de un suelo con cementante.

#### **EQUIPO.**

- 1.- Equipo Proctor.
- 2.- Charolas de lámina rectangulares.
- 3.- Dos (2) charolas circulares.
- 4.- Vidrio de reloj de aproximadamente 20 x 20 centímetros.
- 5.- Una parrilla eléctrica.
- 6.- Báscula con capacidad de 20 kilogramos con aproximación al gramo.
- 7.- Dos ( 2 ) probetas graduadas de 1 y de ½ litros respectivamente.

8.- Balanza con capacidad de 2 kilogramos con aproximación al décimo de gramo.

9.- Cucharón.

10.-Fluxómetro.

11.- Lubricante.

12.- Un tamiz no.4

13.-10.5 kilogramos de material cribados por el tamiz No.4, que pase más del 90%.

14.-2 litros de agua destilada o en su defecto agua potable.

### **PROCEDIMIENTO.**

a) Se preparan 10.5 kilogramos de material

b) Se determina el contenido de humedad del material en su estado natural con 500 gramos.

c) Se fraccionan los 10 kilogramos restantes de la muestra en 5 partes de 2 kilogramos cada una.

d) Se toma una de las muestras de 2 kilogramos y se le agrega la cantidad de agua necesaria para que al ser repartida uniformemente, se tenga una humedad inferior en 4 a 6% a la optima estimada (se considera que cumple con lo anterior cuando se presenta una consistencia tal que, al comprimir una porción de la muestra en la palma de la mano, no deje partículas adheridas a esta, ni la humedezca y que a la vez, el material comprimido pueda tomarse con dos dedos sin que se desmorone).

**e)** Se mezcla cuidadosamente la muestra para homogeneizarla, se disgregan los grumos y se divide en 3 fracciones aproximadamente iguales; se coloca una de las fracciones en el cilindro de prueba, se apoya sobre una superficie dura y se compacta con 25 golpes del pisón, manteniendo la altura de caída de 30.5 cm y repartiendo uniformemente los golpes en la superficie de la capa. Se escarifica, ligeramente la superficie de la capa y se repiten estas operaciones con cada una de las dos fracciones restantes.

**f)** Terminada la compactación, se retira la extensión del molde y se verifica que el material no sobresalga del cilindro en un promedio de 1.5 centímetros pues de lo contrario la prueba deberá repetirse, utilizando una nueva muestra con peso ligeramente menos que el inicial; se enrasa cuidadosamente el espécimen con la regla metálica y se deposita en una charola el material excedente.

**g)** Se saca el espécimen del cilindro, se corta longitudinalmente y de su parte central se obtiene una porción representativa, a la cual se le determinara la humedad.

**h)** Se toma otra de las muestras de 2 kilogramos y se incorpora a las fracciones del espécimen que sobró al enrasarlo, se disgregan los grumos, se agrega 2% de agua, aproximadamente, con respecto al inicial de la muestra y se repiten los incisos del e), f) y g).

**i)** Con la misma muestra de prueba se repite lo indicado en el paso anterior, incrementando sucesivamente su contenido de agua, hasta que la muestra este muy húmeda y el último espécimen elaborado presente una disminución apreciable en su peso con respecto a lo anterior.

**j)** Para definir convenientemente la variación del peso específico de los especímenes elaborados, se requiere que las determinaciones sean 4 ó 5; así también que en la segunda determinación el peso del cilindro con el espécimen húmedo, sea mayor que en la primera, y que en la penúltima determinación sea mayor que la última.

**k)** Se determinan las características del molde proctor; como son peso y volumen.

**CÁLCULO.**

1.- El peso del suelo húmedo resulta:

$$\text{Peso del suelo húmedo} = (\text{Peso del molde} + \text{suelo húmedo} - \text{Peso del molde})$$

Donde:

Peso del suelo húmedo, en gr

Peso del molde + suelo húmedo, en gr

Peso del molde, en gr

2.- El peso específico húmedo se determina mediante:

$$\text{Peso específico húmedo} = \frac{(\text{Peso del suelo húmedo})}{(\text{Vol. del molde})}$$

Donde:

Peso específico húmedo, en Ton/m<sup>3</sup>

Peso del suelo húmedo, en gr

Volumen del molde, en cm<sup>3</sup>

\* Verificar la conversión de unidades al calcular dichos parámetros.

3.- Se calcula el contenido de agua mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{ humedad} = \frac{(Ph - Ps)}{Ps} (100)$$

*Ps*

Donde:

% humedad, en %

Ph: Peso húmedo, en grs.

Ps: Peso seco, en grs.

\*Para los siguientes, puntos en estudio se le suma el 3% directamente, haciendo la analogía, que se trata del mismo material.

4.- El peso específico seco se calcula mediante la siguiente expresión:

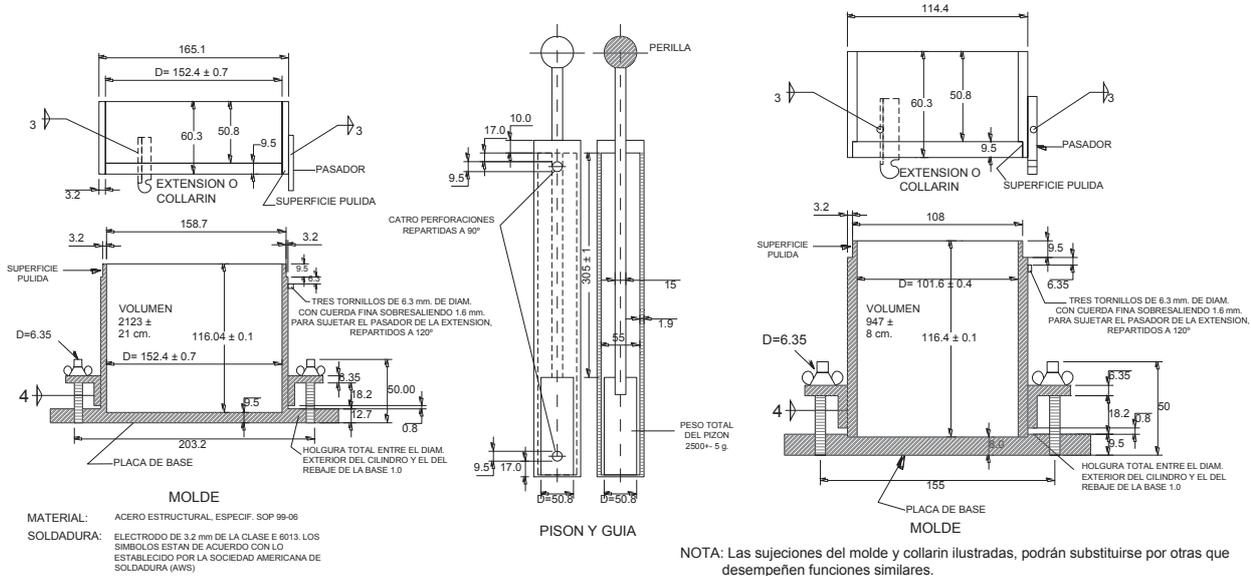
$$\text{Peso específico seco} = \frac{\text{Peso específico húmedo}}{(1 + \text{contenido de agua})}$$

Donde:

Peso específico seco, en tn/m<sup>3</sup>

Contenido de agua, en %

LAS ACOTACIONES ESTÁN INDICADAS EN MILIMETROS



Moldes y pisón empleados en la prueba proctor estándar

## **PRUEBAS ESTATICAS PARA DETERMINAR LA COMPACTACION.**

En este tipo de pruebas se determina el peso volumétrico seco máximo y la humedad optima de un material mediante la carga de una placa pero de manera estática en una superficie uniforme, en un lapso controlado de tiempo.

### **PRUEBA PORTER ESTÁNDAR.**

#### **OBJETIVO.**

Determinar el valor relativo de soporte, sobre la fracción de suelo que pasa la malla de 1", elaborando un espécimen con la humedad óptima del material por estudiar, de acuerdo con el procedimiento de compactación por carga estática, dicho espécimen se somete a un periodo de saturación antes de efectuar la determinación del valor relativo de soporte, y se obtiene como dato adicional la expansión del espécimen originada por su saturación.

#### **EQUIPO.**

- 1.- Molde cilíndrico de compactación de (157.5 mm) de diámetro interior y de (127.5 mm) de altura.
- 2.- Maquina de compresión con capacidad mínima de (30 ton) provista de (1) pistón de penetración, de acero, con diámetro de (49.5 mm) y sección de (19.35 cm<sup>2</sup>).
- 3.- Varilla metálica de (19 mm) de diámetro y (300 mm) de longitud, con punta de bala.
- 4.- Placa circular para compactar, de (154.5 mm) de diámetro.
- 5.- Malla no. 25.

6.- Malla no. 4.75.

7.- Balanza con capacidad mínima de (20) kilogramos de aproximación de (5 grs).

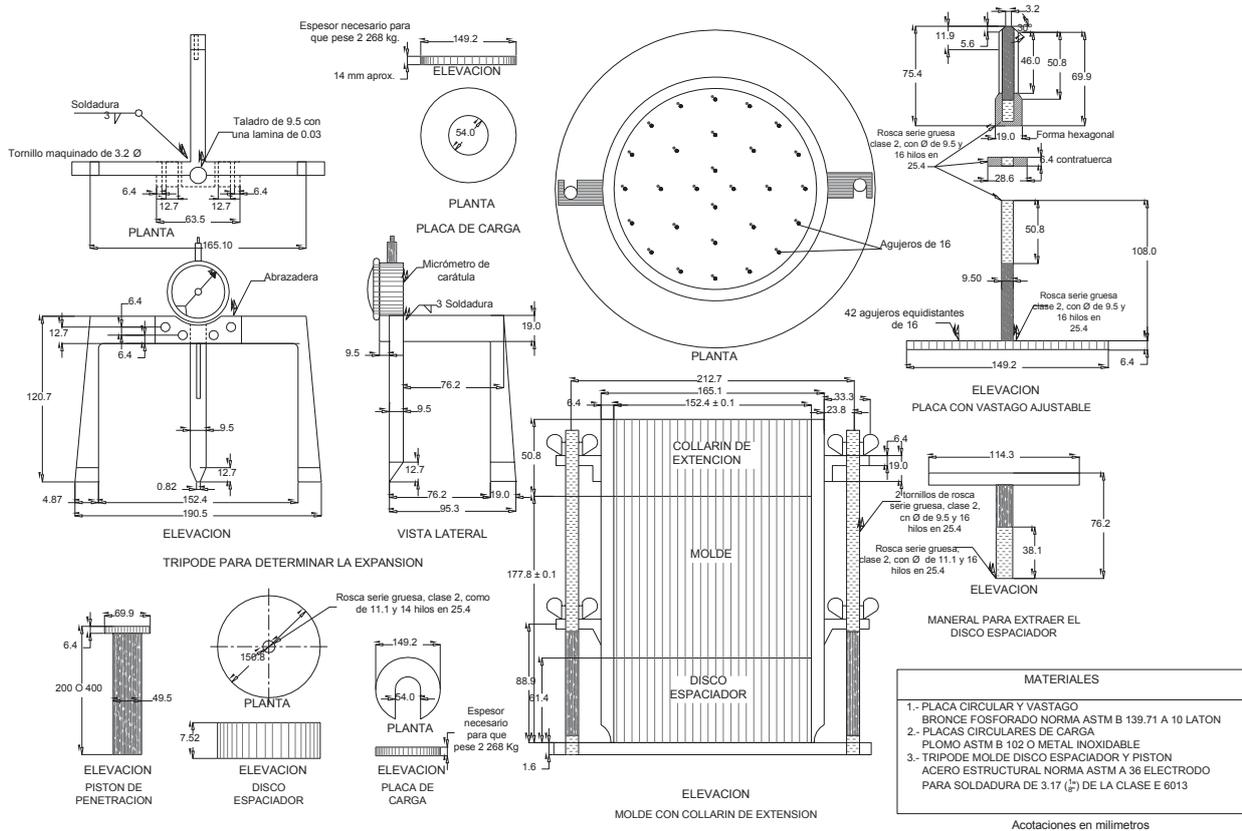
8.- Calibrador vernier.

9.- Tanque de saturación con altura mínima de (30 cm).

10.- (2) placas circulares de carga con diámetro de (154 mm), teniendo un orificio central de (5.4 cm) de diámetro y un peso de (3 kg) cada una.

11.- Cronómetro.

12.- Hojas de papel filtro con diámetro de (154 mm)



Instrumental para determinar el valor relativo de soporte.

## PROCEDIMIENTO.

a) De una muestra se toma por cuarteo una porción suficiente para obtener aproximadamente dieciséis (16 kg) de material que pase por la malla no. 25 y se pesa dicha porción.

b) A continuación se criba el material por la malla no. 25

c) Se elabora el espécimen con la humedad óptima del material y se le toma su altura con aproximación al mm.

d) Se colocan en la parte superior del espécimen, en el orden que se indica, una ( 1 ) o dos ( 2 ) hojas de papel filtro, la placa perforada y las dos ( 2 ) placas de carga; enseguida se introduce al

tanque de saturación el molde contenido el espécimen, procurando que este quede totalmente cubierto con el agua, con un tirante aproximado de dos (2 cm) sobre el borde superior del molde.

e) Inmediatamente después con el objeto de determinar la expansión del espécimen por saturación, se mide el incremento de altura que experimenta el espécimen con el vernier, tomando cuatro ( 4 ) lecturas en diferentes partes para así poder sacar el promedio general de la expansión, se seguirán tomando medidas cada 24 hrs., y estas se pararan hasta que dos sean sucesivas, por lo general se lleva de tres ( 3 ) a cinco ( 5 ) días. Mediante la siguiente expresión:

$$E = \frac{(I_f - I_i)}{h_e} ( 100 )$$

*he*

Donde:

E : Es la expansión, en %

I<sub>f</sub> : Lectura del vernier al final, en cms.

I<sub>i</sub> : Lectura del vernier al inicio, en cms.

h<sub>e</sub>: Altura inicial del espécimen, en cms.

f) Después se coloca el molde que contiene el espécimen y las placas en posición horizontal y se deja así durante tres (3 min), a la sombra, con la finalidad de que se escurra el agua. Inmediatamente después se retiran las placas y el papel filtro, y se vuelven a colocar únicamente las placas de carga.

g) Se instalan en la prensa el extensómetro y el molde con el espécimen y las placas de carga, introduciendo el cilindro de penetración, montado con el vástago de la prensa, a través de los orificios de las placas, hasta tocar la superficie de la muestra; se aplica una carga inicial de diez (10 kg) e inmediatamente, sin retirar la carga, se ajusta el extensómetro.

h) Se aplica carga para que el pisón penetre en el espécimen con una velocidad uniforme de (1.27 mm) por minuto.

## **CÁLCULO.**

1.- Se determina la altura promedio del borde superior del collarín al PL de carga.

$$A_p = (A_1 + A_2 + A_3 + A_4)$$

Donde:

$A_p$ : Es la altura promedio, en cm

$A_1 + A_2 + A_3 + A_4$ : Son las alturas tomadas de cada esquina, en cm

2.- Se determina la altura real.

$$A_r = (\text{Altura del molde} - A_p)$$

Donde:

$A_r$ : Es la altura real, en cm

Altura del molde: Es la altura del collarín del molde, en cm

$A_p$ : Es la altura promedio, en cm

3.- Se obtiene el volumen

$$\text{Volumen} = (\text{Área del molde}) (\text{Ar})$$

Donde:

Volumen: Es el volumen, en  $\text{cm}^3$

Área del molde: Es el área del molde, en  $\text{cm}^2$

Ar: Es la altura real, en cm

4.- Se determina el PVH (peso volumétrico húmedo)

$$\text{PVH} = (4000)/(\text{Volumen})$$

Donde:

PVH: Es el peso volumétrico húmedo, en  $\text{grs} / \text{cm}^3$

Volumen: Es el volumen, en  $\text{cm}^3$

4000: Es la cantidad de material, que le cabe al molde, en grs

5.- Se calcula el contenido de agua mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{ humedad} = ( \underline{Ph - Ps} ) ( 100 )$$

**Ps**

Donde:

% humedad, en %

Ph: Peso húmedo, en grs.

Ps: Peso seco, en grs.

6.- Se determina el peso específico seco máximo (  $\gamma_d$  máx.)

$$\gamma_d \text{ máx.} = (PVH)/(1 + \% \text{ humedad} )$$

Donde:

$\gamma_d$  máx.:Es el peso específico seco máximo, en grs / cm<sup>3</sup> para fines prácticos puede expresarse en kg / m<sup>3</sup>

% Humedad , en %

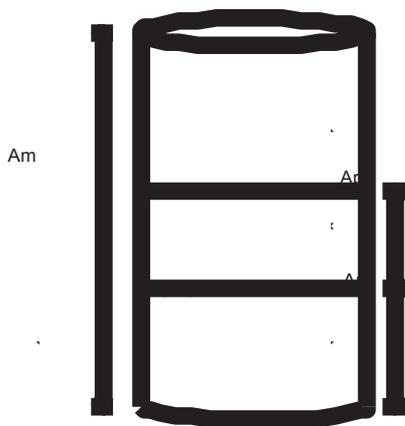
PVH: Es el peso volumétrico húmedo, en grs / cm<sup>3</sup>



*Prensa hidráulica porter.*

PRUEBA PORTER ESTANDAR

OBRA: \_\_\_\_\_ FECHA: \_\_\_\_\_  
 LOCALIZACION: \_\_\_\_\_ OPERADOR: \_\_\_\_\_  
 SONO: \_\_\_\_\_  
 MUESTRA No.: \_\_\_\_\_ TITULO: \_\_\_\_\_  
 DESCRIPCION: \_\_\_\_\_



Molde No. \_\_\_\_\_  
 Altura del molde (Am) \_\_\_\_\_ cms.  
 Area del molde \_\_\_\_\_ cms<sup>2</sup>  
 Volumen del molde (Vm) \_\_\_\_\_ grs.  
 Peso de la muestra (Wm) \_\_\_\_\_

$$Ap = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}{4} \quad Ap = \text{_____ cms.}$$

$$Ar = Am - Ap \quad Ar = \text{_____ cms}$$

$$Vol. = (Area \text{ del molde})(H) \quad Vol. = \text{_____ cms}$$

$$PVH = \frac{Wm}{Vm} \quad PVH = \text{_____ grs/cm}^3$$

$$\%H = \frac{(Ph - Ps)}{Ps} (100) \quad \%H = \text{_____ \%}$$

$$dmax. = \frac{PVH}{(1 + \%H)} \quad dmax. = \text{_____ grs/cm}^3$$

Donde:  
 PVH: Peso volumetrico humedo, en grs.  
 Wm: Peso de la muestra en, grs.  
 Vm: Volumen del molde en, cms<sup>3</sup>

Donde:  
 Ph: Peso humedo, en grs.  
 Ps: Peso seco, en grs.  
 %H: % de humedad, en %

Donde:  
 PVH: Peso volumetrico humedo, en grs.  
 %H: % de humedad, en %

dmax.: Es el peso especifico seco maximo, en grs/cms<sup>3</sup> para fines practicos puede expresarse en kgs/m<sup>3</sup>

**Nota\***Esta prueba se realiza en suelos que pasan la malla de 1" o suelos finos no cohesivos como arenas de río o mina, arenas producto de trituración, tezontles francamente arenosos y en general materiales que carezcan de cementación.

En caso de que no se humedezca la placa, a otra muestra de 4 kg . se le agrega 80 cm<sup>3</sup> de agua más que el punto anterior y así sucesivamente hasta que La placa se humedezca o se expulse una gota de agua al aplicar la carga.

## **PRUEBA DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE ( VRS ).**

Existen diferentes variantes de VRS; de acuerdo con las condiciones de campo que se tengan.

### **OBJETIVO**

Determinar la calidad e los suelos en cuanto a su valor de soporte, midiendo la resistencia a la penetración del suelo compactado y sujetado a un determinado periodo de saturación y así poder determinar el espesor mínimo de la capa o capas que deberán de colocarse encima del material estudiado (suelo natural, terracerías o sub-base), con el fin de que las cargas no produzcan esfuerzos que puedan ocasionar deformaciones permanentes perjudiciales. Estas pruebas deberán verificarse siempre en las condiciones de humedad cercanas a las más desfavorables que se considere pueda alcanzar el material para una compactación dada.

## **PRUEBA ESTÁNDAR DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE. ( PRUEBA DE CALIFORNIA O PORTER ).**

La prueba se realiza con una muestra tamizada con la malla de 1", cuando el material retenido en esta malla es menor que 15%, cuando excede del 15% se sustituye ese retenido por una cantidad igual en peso de material pétreo que pase por la malla de 1" y se retenga en la No. 4 tomada de otra muestra.

La prueba consiste en determinar la resistencia a la penetración de un espécimen compactado a su peso volumétrico seco máximo y su humedad óptima obtenidos bajo una carga estática de 140.6 kg/cm<sup>2</sup> y fabricado en un molde PORTER. El espécimen se penetra después de haber sido saturado en el agua hasta lograr su máxima expansión, generalmente de 3 a 5 días.

El espécimen se satura colocándole en la parte superior papel filtro, una placa perforada, dos placas de agua y un tripeé con extensómetro para medir la expansión.

Se registra la lectura inicial y la final (cuando ya no hay expansión). La diferencia de la lectura inicial y de la final del extensómetro, expresada en milímetros se divide entre la altura del espécimen antes de saturarlo expresado en por ciento nos proporciona el valor de la expansión. Fig. A

$$\% \text{ Expansión} = (E2 - E1) 100 \text{ E1}$$



El molde se saca del agua, se escurre durante 3 minutos y se procede a penetrarlo, con una velocidad de 1.27 mm por minuto, dando inicialmente una carga de 10 kgs.

Se anotan las cargas aplicadas por una maquina de compresión, las cuales se determinan mediante la deformación de un anillo calibrado. Fig. B

Se realizan 7 lecturas como se indican en el siguiente cuadro:

Aplicación	Tiempo (min)	Penetraciones (mm)	Penetraciones (plg)	Cargas registradas (kg)
1 <sup>a</sup>	1	1.27	0.05	
2 <sup>a</sup>	2	2.54	0.10	
3 <sup>a</sup>	3	3.81	0.15	
4 <sup>a</sup>	4	5.08	0.20	
5 <sup>a</sup>	6	7.62	0.30	
6 <sup>a</sup>	8	10.16	0.40	
7 <sup>''</sup>	10	12.70	0.50	

La carga registrada para la penetración de 2.54 mm expresada como un porcentaje de la carga estándar de 1,360 kgs. Es el VRS de la muestra ensayada:

$$\text{VRS} = \frac{\text{Resistencia a la penetración suelo en estudio}}{\text{Resistencia a la penetración del suelo estándar}} \times 100$$

En el laboratorio de la Universidad Michoacana :

$$\text{VRS} = \frac{\text{Lectura del anillo (K)} \times 100}{1,360}$$

**Donde:**  $K = \text{Constante del anillo} = 3.32$

Con los valores obtenidos en las 7 penetraciones se puede realizar una gráfica de penetraciones en mm- carga en kg. y así poder clasificar el material de acuerdo a la zona en que quede en la gráfica.

Zona	VRS	Clasificación
1	0-5	Subrasante Muy Mala
2	5- 10	Subrasante Mala
3	10-20	Subrasante Regular a Buena
4	20-30	Subrasante Muy buena
5	30-50	Sub- base buena
6	50-80	Base buena
7	80- 100	Base muy buena

## **ADHERENCIA O AFINIDAD CON EL ASFALTO Y EL MATERIAL PÉTREO.**

Los materiales de base y carpeta asfáltica deben cumplir con las especificaciones correspondientes a la adherencia.

Estas pruebas nos sirven para conocer si entre el grado pétreo y la película de asfalto que lo cubre existe una liga que permita condiciones de estabilidad satisfactorias. La determinación de esta propiedad es importante para prever el comportamiento de las capas asfálticas de pavimento, al estar expuestas al tránsito aún bajo condiciones adversas de humedad.

El agua ataca a la adherencia, por lo que es un buen elemento para saber si existe o no adherencia del material pétreo con asfalto.

Las pruebas que se realizan para conocer la adherencia con el asfalto son:

Prueba de desprendimiento por fricción.

Prueba de pérdida de estabilidad por inmersión en el agua.

Prueba de cubrimiento con asfalto (método inglés).

## **PRUEBA DE DESPRENDIMIENTO POR FRICCIÓN:**

### **PROCEDIMIENTO:**

Se coloca un frasco, una mezcla de un material pétreo y asfalto ( que cubra completamente las partículas). Se llena con agua las  $\frac{3}{4}$  partes de un frasco y se deja saturar durante 24 hrs. Posteriormente se agita el frasco durante  $\frac{1}{2}$  hrs., se saca la muestra y se deja escurrir. Se coloca en un pedazo de papel y se observa en forma visual el desplazamiento del asfalto de material pétreo. Ese desprendimiento expresado en porcentaje de la superficie total se reporta Si el porcentaje es menor del 10% se trata de un material con buena adherencia con el asfalto y si es mayor del 25% tiene baja adherencia con el asfalto. El porcentaje máximo permitido debe ser el 25%.

## **PRUEBA DE PERDIDA DE ESTABILIDAD POR INMERSIÓN EN EL AGUA.**

Esta prueba se aplica a mezclas asfálticas compactadas y sirve para determinar la pérdida de estabilidad que sufren al ser sometidos a un proceso de saturación de agua. El valor numérico de la pérdida de estabilidad se obtiene relacionando entre sí, la resistencia a la compresión de especímenes curados que han sido sumergidos en agua, con sus respectivos duplicados de especímenes curados en el horno, que se prueban sin someterse al proceso de inmersión.

La pérdida de estabilidad por inmersión en agua, se calcula utilizando la fórmula:

$$PE = \frac{R_1 - R_2 \times 10}{R_1}$$

### **Donde:**

PE = Pérdida de estabilidad en por ciento.

R1 = Resistencia promedio a la compresión de los especímenes sin saturar (kg/cm<sup>2</sup>).

R2 = Resistencia promedio a la compresión de los especímenes sometidos a saturación (kg/ cm<sup>2</sup>).

Si la pérdida es menor del 25% se considera que el material tiene una estabilidad satisfactoria y en caso de que sea mayor, será necesario aumentarla por algún procedimiento adecuado.

## **PRUEBA DE CUBRIMIENTO CON ASFALTO ( MÉTODO INGLES).**

Esta prueba tiene por objeto determinar la facilidad con la que la película de un producto asfáltico rebajado se adhiere a un agregado pétreo en presencia del agua. Se usan partículas retenidas en la malla de *V<sup>i</sup>*".

Los resultados de esta prueba son estimativos y permiten juzgar la susceptibilidad a las fallas por adherencia, producidos por el agua en carpetas de riegos, tratamientos asfálticos y mezclas asfálticas.

Para efectuarse esta prueba se pesa y se distribuye en el fondo de la charola, de 115 a 20 grs. de producto asfáltico, para formar una película de aglutinante de 1.5 mm de espesor y se calienta a la temperatura que represente las condiciones de la obra durante la construcción o bien a 20 °C cuando se utilicen aditivos.

Se sumerge la charola en un baño o en un dispositivo similar, de manera que se tenga un tirante de agua de 25mm sobre el nivel de la película de asfalto. Se coloca con la mano las partículas de material pétreo, presionándolas ligeramente y uniformemente al apoyarlas sobre la película durante un lapso de 10 min. A continuación se saca la charola del baño, se toma con la mano las partículas de material pétreo y se coloca sobre una hoja de papel blanco o una cápsula de cristal de tal manera que pueda observárseles la superficie que haya estado en contacto con el asfalto. Se estima visualmente la superficie cubierta con asfalto y se expresa en porciento de la superficie total del agregado que se considere haya estado en contacto con el asfalto; este porcentaje será el de cubrimiento.

## **PRUEBA DE DESGASTE DE LOS ÁNGELES.**

Sirve para conocer el desgaste que tienen los agregados pétreos que se emplean en la construcción de mezclas asfálticas, riegos de sello, etc., para lo cual dicha agregados, secos y con una graduación determinada, se introducen en el cilindro de la máquina de los ÁNGELES, junto con esferas metálicas, para someterlos a un proceso de rotación, produciéndose entre las esferas y el material, cargas abrasivas y de impacto. Este procedimiento también puede utilizarse en la comprobación del desgaste de los agregados pétreo ligeros y de los que forman obras construidas; los valores de desgaste obtenidos dan idea del grado de alteración alcanzado por los agregados, de su resistencia estructural y de la presencia de los planos de debilitamiento, partículas en forma de lascas y agujas, que puedan ocasionar fallas.

El porcentaje de desgaste del agregado pétreo, deberá de calcularse con la siguiente expresión:

$$D = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100$$

### **DONDE:**

D = Desgaste del material pétreo en por ciento.

W<sub>i</sub> = Peso inicial de la muestra de prueba, en grs. la cual se retiene 100% en la malla No 12.

W<sub>f</sub> = Peso final de la muestra de prueba, en grs. después de quitarle, cribando por la malla No 12, los finos producidos durante el ensaye.

Para esta prueba se utilizan 6 esferas de hierro de 4.76 cm. La máquina de los ángeles es un cilindro de acero hueco cerrado de ambos extremos de 71.1 cm (28") de diámetro interior y de 50.3 cm. de longitud (20"). De 30 a 33 revoluciones por minuto. Esta prueba se la hace a materiales retenidos en las mallas 3", 2 1/2", 2", 1 W, 3A", 1/2", 3,4,8,12.

### **PROCEDIMIENTO:**

- 1).- La muestra se lava y se seca hasta peso constante.
- 2).- Se reproduce mediante el cribado de mallas la granulometría que se va a utilizar en la carpeta asfáltica.
- 3).- Los trozos de roca deben triturarse para formar la granulometría deseada.
- 4).- La muestra se pesa (W<sub>i</sub>) y se coloca con las esferas en la máquina, la cual se hace girar hasta completar el número de revoluciones especificado (500 a 1000).
- 5).- Se lava la muestra por la malla No 12 y el retenido se seca en el horno y se pesa (W<sub>f</sub>).
- 6).- El porcentaje de desgaste se determina con la expresión siguiente:

$$D = W_i - W_f \times 100 W_i$$

### **PRUEBA DEL INTEMPERISMO ACELERADO.**

Con esta prueba se conoce el grado de alteración que sufren los materiales pétreos al estar expuestos a la acción del intemperismo y se aplica a los que se utilizan en la construcción de carpetas, riegos de sello, balastos.

La prueba consiste en someter a los materiales pétreos a varios ciclos desaturación y secado, efectuando la saturación en soluciones de sulfato de sodio o de magnesio; durante este proceso se producen en los agregados esfuerzos internos originados por la formación de cristales en sus huecos, los cuales provocan el agrietamiento y desmoronamiento de dichos agregados.

Los resultados de esta prueba se determinan en función de la cantidad de las partículas desprendidas durante el proceso de saturación y secado, expresándose dichos resultados como porcentaje de las fracciones respectivas que constituyen las muestras originales de prueba.

#### **PROCEDIMIENTO:**

- 1) .- Se determina la composición granulométrica del material retenido en la malla No 4.
- 2) .- Las muestras de material de cada tamaño, secadas y separadas se colocan por separado en charolas que tengan la solución saturada de sulfato de sodio o de magnesio durante 1/8 hrs. a 21°C.
- 3) .- Se sacan las muestras, se escurren y se secan hasta peso constante. Se deja enfriar y se colocan nuevamente en el recipiente con la solución. Lo anterior se repite 5 veces.
- 4) .- Se lavan las muestras y se secan hasta peso constante.
- 5).- Cada muestra se criba sobre la malla inferior y se anota el peso del material retenido; la diferencia de este peso con el original, expresado en porcentaje de este último, representara la perdida por intemperismo de cada tamaño ensayado. Se calculará la pérdida total por intemperismo acelerado del material grueso (retenido en la malla No 4), multiplicado por los porcentajes de cada tamaño ensayado, por la pérdida determinada y dividiendo entre cien esos productos. La suma de ellos representará la pérdida del material ensayado.

Lo anterior se ve en el siguiente ejemplo:

Granulometría de la muestra		Peso de fracción ensayada grs.	Pérdida en 5 ciclos		perdida en 5 ciclo expresada función de la muestra total
Mallas	%en peso		Grs	%	
No 4 a $V_i''$	18	300	33.6	11.2	$(18 \times 11.2) / 100 = 2.2$
$V_i''$ a $3/8''$	33	500	48.0	9.6	$(33.9 \times 9.6) / 100 = 3.1$
$V_i'''$ a $1''$	25	100	80.0	8.0	$(25 \times 8) / 100 = 2.00$
$1''$ a $1/2''$	20	1500	72.0	4.8	$(20 \times 4.8) / 100 = 0.96$
$1/2''$ a $2''$	4			4.8*	$(4 \times 4.8) / 100 = 0.19$
<b>Totales</b>	<b>100</b>				<b>8.34</b>

Se toma el valor de la fracción anterior.

Esta prueba debe hacerse solamente cuando se tengan dudas acerca de la calidad del material que pretende emplearse en la elaboración de carpetas asfálticas.

## **DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE DURABILIDAD.**

### **OBJETIVO:**

Medir la resistencia que oponen los materiales pétreos a degradarse, es decir a producir finos perjudiciales, cuando están trabajando en la obra en ciertas condiciones de humedad.

Su valor se expresa en porcentaje que relaciona los volúmenes de la fracción que se conserva gruesa y el de la fracción fina que se produce durante la prueba.

Este valor se emplea para juzgar la calidad de los materiales para revestimientos, sub-base y base del pavimento y definir su utilidad.

### **PROCEDIMIENTO:**

La prueba consiste en someter una muestra de agregado pétreo, que tiene determinada granulometría (sin finos) a un proceso de degradación por agitado en húmedo, después de lo cual cuantifican los finos producidos, mediante un procedimiento semejante al de la prueba de equivalente de arena.

Para el material grueso, se obtendrán los valores del índice de durabilidad utilizando la siguiente fórmula:

$$D_g = 30.3 + 20.8 \operatorname{Cot}[(0.29 + 0.059)57.2958]$$

Donde:

$D_g = ID$  = índice de durabilidad del material grueso.

$H$  = Altura de sedimento en cm.

57.2958 = Es el valor de grados en un radian. Para el material fino, se calcula el índice de durabilidad mediante la siguiente fórmula:

$D_f$  = Lectura de arena  
x 100 Lectura  
de arcilla

Donde:  **$D_f$**  = índice de durabilidad **del material fi**

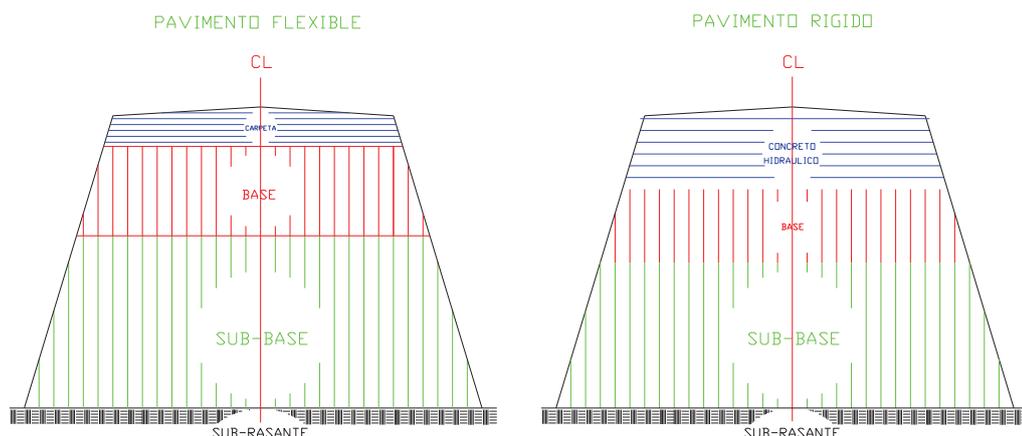
## CAPITULO 4

### DISEÑO DEL PAVIMENTO POR EL MÉTODO DE LA U.N.A.M.

#### DEFINICIÓN DE PAVIMENTO

Un pavimento puede definirse como la capa o conjunto de capas de materiales apropiados, comprendidos entre el nivel superior de las terracerías y la superficie de rodamiento, cuyas principales funciones son las de proporcionar una superficie de rodamiento uniforme, de color y textura apropiados, resistente a la acción del tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales, así como transmitir adecuadamente a las terracerías los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito.

En otras palabras, el pavimento es la superestructura de la obra vial, que hace posible el tránsito expedito de los vehículos con la comodidad, seguridad y economía previstos por el proyecto. La estructura o disposición de los elementos que lo constituyen, así como las características de los materiales empleados en su construcción. Ofrecen una gran variedad de posibilidades, de tal suerte que puede estar formado por una sola capa o, más comúnmente, por varias y, a su vez, dichas capas pueden ser de materiales naturales seleccionados, sometidos a muy diversos tratamientos; su superficie de rodamiento propiamente dicha puede ser una carpeta asfáltica, una losa de concreto hidráulico o estar formada por acumulaciones de materiales pétreos compactados. De hecho la actual tecnología contempla una gama muy diversa de selecciones estructurales diferentes y elegir la más apropiada para las condiciones específicas del caso que se trate no es, por cierto, la tarea más sencilla a que se enfrenta el especialista.



### **PAVIMENTOS RIGIDOS.**

Los pavimentos rígidos están formados por una losa de concreto hidráulico, con recubrimiento bituminoso o sin él apoyada sobre una Subrasante o sobre una capa de material seleccionada llamada sub-base (grava-arena). Los concretos utilizados son de resistencia relativamente grande, generalmente comprendida entre los 210 y los 350 Kg/cm<sup>2</sup>, En general se utiliza concreto simple o en ocasiones especiales concreto reforzado.

### **PAVIMENTOS FLEXIBLES.**

Los pavimentos flexibles están formados por una capa o carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas La BASE y La SUB-BASE.

En general cualquier suelo natural es aprovechable para terracerías, excepto los suelos orgánicos o suelos expansivos que producirán deformaciones excesivas a las capas subyacentes.

La mejor calidad de las capas superiores del pavimento se debe a la mayor intensidad de los esfuerzos en la superficie del pavimento.

## **FUNCIONES DE LAS DIFERENTES CAPAS DE UN PAVIMENTO.**

### **TERRACERIAS**

La función de las terracerías es la de dar forma a la obra civil, recibir las cargas disipadas de los vehículos y formar una sustentación adecuada para el pavimento. Se compactan del 90 al 95% de su P.V.S.M.

### **SUBRASANTE**

Constituye una transición entre el pavimento y la terracería, se exige que los materiales tengan un V.R.S mayor del 5% y una expansión menor del 5%

- Debe de recibir y resistir las cargas de tránsito, que le son transmitidas por el pavimento
- Debe de transmitir y distribuir adecuadamente las cargas de tránsito al cuerpo del terraplén
- Evitar que el pavimento sea obstruido por las terracerías.
- Evitar que las imperfecciones de la cama de los cortes se reflejen en la superficie de rodamiento.
- Economizar espesores del pavimento, en especial cuando los materiales de las terracerías requieren un espesor grande.

### **SUB-BASE**

- Una de sus funciones es economizar, ya que es más fácil realizar una capa aunque de mayor espesor pero de menor calidad que la base.
- La Sub-base, mas base que la fina actúa como un filtro de esta e impide su incrustación en la sub-rasante.
- Absorbe deformaciones perjudiciales en la sub-rasante, por ejemplo cambios volumétricos asociados a cambios de humedad, impidiendo que se reflejen en la superficie del pavimento.
- Actúa como dren para desalojar el agua del pavimento y para impedir la ascensión capilar hacia la base, del agua procedente de la terracería.
- Recibir y resistir las cargas de tránsito a través de la capa que constituye la superficie de rodamiento (carpeta asfáltica o losa).

### **BASE**

- Proporcionar un elemento resistente al pavimento para transmitir a la sub-base y ala sub-rasante los esfuerzos de menor intensidad.

### **CARPETA ASFALTICA**

- Impedir el paso de agua al interior del pavimento.
- Proporcionar una superficie de rodamiento adecuada.

La capacidad de carga de los materiales friccionante es baja en la superficie por falta de confinamiento, razón por la cual se necesita que sobre ella exista una capa de materia cohesiva y con resistencia a la tensión. Lo anterior lo proporciona la carpeta asfáltica.

### **CARACTERISTICAS FUNDAMENTALES QUE DEBE DE TENER UN PAVIMENTO COMO CONJUNTO.**

- Resistencia Estructural.
- Deformabilidad.
- Durabilidad.
- Costo.
- Los requerimientos de conservación.
- La comodidad.

#### **LA RESISTENCIA ESTRUCTURAL.**

- Un pavimento debe de soportar las cargas impuestas por el tránsito.

La metodología teórica para el análisis de la resistencia de un pavimento es proporcionada por la mecánica de suelos, la cual considera que los esfuerzos cortantes son la principal causa de falla desde el punto de vista estructural.

El problema de la resistencia de pavimentos, se plantea desde el punto de vista de la estructura de los materiales del pavimento considerado a la terracería en forma pasiva, sin embargo en muchas de las fallas en los pavimentos se origina probablemente en las terracerías.

Otro factor que influye en la resistencia de los materiales es el tipo de carga que se aplica (cargas móviles y repetitivas). En la actualidad se determina la resistencia de los pavimentos considerando cargas estáticas y con velocidad de aplicación lenta. El hecho

de que las cargas actuantes sean repetitivas afecta a la larga la resistencia de las capas del pavimento de relativa rigidez (es causa de la ruptura de los granos).

La resistencia de los materiales que forman los pavimentos interesa desde 2 puntos de vista.

En cuanto a la capacidad de carga que pueden desarrollar las capas constituyentes del pavimento para soportar adecuadamente las cargas de tránsito.

En cuanto a la capacidad de carga de la capa subrasante, el que constituye el nexo del pavimento y la terracería, para soportar los esfuerzos transmitidos y transmitirlos a las terracerías.

Una capa delgada puede soportar en si misma las cargas impuestas, pero transmitirá altos esfuerzos a los inferiores, en tanto que una capa gruesa, cuya resistencia mejora un poco en el aumento del espesor, se distinguirá por transmitir esfuerzos menores a las capas subyacente.

#### **DEFORMABILIDAD.**

- En algunos aspectos el problema de la deformabilidad de los pavimentos tiene un planteamiento opuesto al de la resistencia. Dada la naturaleza de los materiales que forman las capas del pavimento, la deformabilidad suele crecer mucho hacia abajo y la terracería es más deformable que el pavimento propiamente dicho dentro de este, la sub-rasante, capa inferior es mucho más deformable que las capas superiores.

Desde el punto de vista la deformabilidad interesa sobre todo a niveles relativamente profundos, pues es fácil que las capas superiores tengan niveles de deformación tolerables, aun para los altos esfuerzos que en ellas actúan.

En los pavimentos las deformaciones interesan desde dos puntos de vista .Por un lado porque las deformaciones excesivas están asociadas a estados de falla y por otro lado es sabido que un pavimento deformado puede dejar de cumplir sus funciones independientemente de que las deformaciones no hayan conducido a un colapso

estructural propiamente dicho, es decir deben de cumplir tanto la condición de falla como la de servicio.

En la actualidad un buen número de métodos de diseño se basan en mantener a la deformación dentro de límites tolerables.

### **LA DURABILIDAD.**

Es difícil definir cuál es la durabilidad deseada que haya de lograrse en cada caso.

Ya que están ligadas a una serie de factores económicos y sociales del propio camino, en una obra modesta la duración del pavimento puede ser mucho menor que la del camino, con tal de que las serie de reconstrucciones que entonces se requieran valgan menos que el costo inicial de un pavimento mucho menos durable, más el valor que pueda darse a las interrupciones de servicio a que las reconstrucciones den lugar, por el contrario en obras de muy alto tránsito y gran importancia económica se requieren pavimentos muy durables a fin de no recurrir a costosas interrupciones de un tránsito importante.

Para lograr la durabilidad deseada una vez fijada, surgen muchas incertidumbres a fin de lograrla, ya que hay que analizar el efecto del clima y del tránsito, cuya influencia en la vida del pavimento no pueden definirse con exactitud.

### **EL COSTO.**

Como todas las obras en ingeniería un pavimento representa un balance entre la resistencia y la estabilidad contra el costo.

Un diseño correcto es aquel que llegue a satisfacer los requerimientos de un servicio a un costo mínimo.

La primera decisión a tomar es el tipo de pavimento a emplear, es decir si será pavimento rígido o flexible, ya que cada uno de ellos tiene sus ventajas comparativamente hablando.

Por ejemplo los pavimentos flexibles requieren menor inversión inicial, pero una conservación más costosa, en cambio los rígidos es a la inversa de los flexibles.

- Los requerimientos de conservación.- Los factores climáticos influyen decisivamente en la vida de los pavimentos, así como también la intensidad de tránsito futura, también el futuro comportamiento de las terracerías, sus deformaciones, derrumbes, etc., las condiciones de drenaje y sub-drenaje en la vía, por lo que todos estos factores ha de tomarlos el proyecto en consideración para poder preservarlos.

Frecuentemente los pavimentos sufren falta de conservación sistemática, con lo que su vida se acorta. Esto sucede sobre todo invocando escasez de recursos o impostergables necesidades sociales para la construcción de obras nuevas.

### **EL CONFORT.**

Sobre todo en autopistas o en caminos de altas especificaciones, las pruebas y métodos de diseño deben verse afectados por la comodidad que el usuario requiere para transitar a la velocidad de proyecto.

Las deformaciones longitudinales de un pavimento pueden constituir una gran incomodidad por el usuario, aunque desde el punto de vista estructural no representan ningún tipo de falla

Para poder desarrollar una tecnología adecuada de los pavimentos debe de tenerse un sólido conocimiento de lo materiales y las características de resistencia y deformación de los suelos proporcionada por la Mecánica de Suelos.

## **TIPOS DE DEFORMACIÓN.**

Es indiscutible que una acción de las más importantes sobre la sección estructural de un pavimento es la carga que aplican los vehículos que sobre ella transitan. Estos vehículos transmiten cargas que en casi todos los casos pueden considerarse como instantáneas; los esfuerzos que se producen debido a ellas -y que se disipan gradualmente al profundizar en la sección estructural- provocan deformaciones cuya magnitud no necesariamente disminuye con la profundidad, sino que depende de la relación esfuerzo-deformación de cada uno de los materiales involucrados.

Si la carga es excesiva, sus aplicaciones repetidas ocasionarán agrietamientos que finalmente conducirán a un deterioro total del pavimento. La deformación del pavimento puede originarse por deformación elástica, por consolidación del terreno de cimentación y la infraestructura o por una combinación de deformación elástica y plástica.

A continuación se definen cada una de ellas:

### **DEFORMACION ELASTICA.**

Ocurre cuando una carga deforma temporalmente los materiales de la cimentación y comprime el aire que llena los huecos de la base, sub-base y subrasante. Si la deformación fuera verdaderamente elástica, la superficie regresa a su posición original después de que la carga pasa; de modo que no se produce una falta de uniformidad permanente, aún bajo aplicaciones de carga.

### **DEFORMACION POR CONSOLIDACIÓN.**

Esta ocurre cuando la carga produce una presión suficientemente elevada en los poros del suelo para expulsar parte del aire y del agua y así se consolida el material. Aunque la consolidación que resulta de una aplicación de una carga móvil es pequeña, la deformación es permanente, progresa con las repeticiones adicionales de carga hasta que las capas afectadas se consolidan.

### **DEFORMACION PLASTICA.**

Ocurre cuando la presión del agua y del aire dentro de los poros del material de cimentación u otros, se combina con fuerzas producidas por la carga para desplazar el material del camino. La deformación resultante es progresiva bajo la repetición de las cargas y constituye una de las causas principales del deterioro y de formación permanente de las superficies del camino.

Todas las capas que conforman la sección estructural del pavimento, incluyendo la cimentación son susceptibles a deformarse; sin embargo, el perímetro a lo largo del cual

ocurre el hundimiento tiene menor longitud si la causa tiene lugar en la capa superficial y se hace más grande cuando la causa se encuentra a una profundidad mayor. (Ver figura 1.1)

Los tipos de fallas en los pavimentos son un factor importante en el diseño, desafortunadamente, muchas de ellas son causadas por deficiencias en los procedimientos de construcción, materiales que no cumplen con los requisitos de calidad, mantenimiento inadecuado, etc., y no debido a un mal diseño.

Actualmente, en los métodos mecanicistas se utilizan principalmente dos criterios de falla: por fatiga y por deformaciones permanentes; éstos son analizados por separado al llevar a cabo el diseño. A continuación se explican ambos criterios.

La Figura 1.1 ilustra las formas usuales en las que se producen las fallas de un pavimento. Cada uno es el resultado de un hundimiento producido por un esfuerzo cortante, acompañado por movimientos en las capas afectadas.

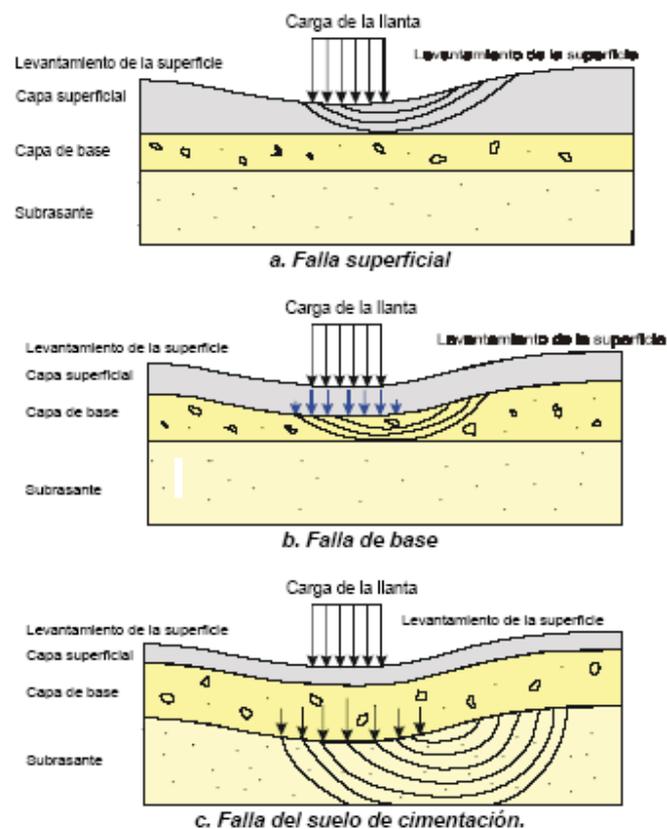


Figura 1.1 Resultados de la deformación plástica en el suelo de cimentación, base y capa superficial (Según F.N. Hveem).

## **CARACTERISTICAS DEL TRANSITO**

Las principales características del tránsito que es necesario conocer para el diseño de pavimentos son las siguientes:

- Tránsito diario promedio anual (TDPA).
- Tránsito en el carril de diseño.
- Composición del tránsito por tipo de vehículos.
- Peso de los vehículos, cargados y vacíos.
- Número y composición de ejes y llantas.
- Incremento anual del tránsito.
- Número de vehículos o ejes que transitarán por el camino durante su vida útil.

### **TRANSITO DIARIO PROMEDIO ANUAL o TDPA.-**

Se llama TDPA al número total de vehículos que transitarán en una carretera en ambos sentidos durante un año dividido entre 365 días.

Para determinar el TDPA de un camino en operación, se cuenta en forma directa el tránsito, a esto se le llama AFORO y este puede hacerse por operarios o por contadores mecánicos, también el conteo puede llevarse durante todo el año o solo en una cierta temporada y luego proyectarlo a un año, para lo cual se emplean técnicas estadísticas. Conociendo la tendencia del TDPA de varios años se puede conocer la tendencia de crecimiento.

Para conocer el TDPA de un camino que se va a construir la situación se complica un poco, pues todavía no hay tránsito sobre él, por lo que se recurre a estimarlo basándose en lo que se llama Tránsito Inducido y Tránsito Generado.

El Tránsito Inducido es aquel que en la actualidad está utilizando otros caminos, pero que al construirse el nuevo, hará uso de él para llegar al mismo destino.

Para conocer con bastante aproximación el tránsito inducido, se realizan estudios de origen y destino en los caminos que actualmente están en operación, en los que se le hacen entrevistas tanto a los operadores de los vehículos como a los pasajeros.

El tránsito generado es aquel debido al desarrollo propio de la zona de influencia del nuevo camino, para conocerlo se hace una cuantificación de los productos que se generan, como son ganaderos, agrícolas, industriales, etc. y se calcula el número de vehículos que serán necesarios para su movimiento, además se estudia el número de vehículos que se necesitaran para actividades comerciales turísticas, etc.

Con la suma del tránsito inducido y generado se puede conocer el TDPA para caminos futuros.

### **TRANSITO EN EL CARRIL DE DISEÑO.**

Del TDPA se necesita conocer el porcentaje que hace uso del carril en donde se carga más el movimiento, el cual se toma como carril de diseño, para un camino de dos carriles (uno en cada sentido) , se ha llegado a la conclusión que el carril de diseño lleva de 60 a 65 % del TDPA; para uno de 4 carriles lleva casi la misma cantidad que uno de 2, pues en los carriles de la derecha transitan los vehículos de mayor peso, que dañan más el pavimento.

### **COMPOSICION DEL TRANSITO.**

Es necesario conocer la cantidad de vehículos de diferentes tipos que circulan por las carreteras, los cuales se pueden dividir en grupos para hacer más fácil los cálculos.

### **EFFECTOS DEL TRANSITO:**

Las cargas de tránsito producen en el pavimento deformaciones de varias clases: Las elásticas, son de recuperación instantánea y suelen denominarse plásticas dentro de la tecnología, a aquellas que permanecen en el pavimento después de cesar la causa deformadora. La deformación plástica tiende a hacerse acumulativa y puede llegar a alcanzar valores inadmisibles. Paradójicamente, este proceso suele ir acompañado de una “densificación” de los materiales, de manera que el pavimento “fallado” puede ser más resistente que el original.

La deformación elástica repetida preocupa sobre todo en los materiales con resistencia a la tensión, colocados en la parte superior de la estructura, en los que puede llegar a generar falla por fatiga si el monto de la deformación es importante y los materiales son susceptibles.

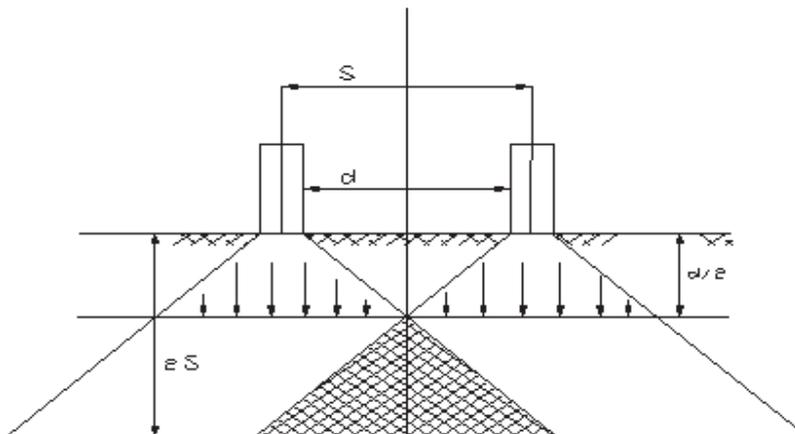
Los materiales que acusan fuertes deformaciones elásticas bajo carga, los más peligrosos a este respecto, son muchas veces de origen volcánico.

No es posible reproducir en el laboratorio las condiciones de movilidad, variabilidad y frecuencia de las cargas, ni el efecto de su repetición. La inmensa mayoría de las pruebas de laboratorio son de carácter estático, su aplicación a un problema esencialmente dinámico constituye una de las deficiencias más grande en la actual técnica de investigación de pavimentos.

## CARGA PARA RUEDA DE DISEÑO

Las aplicaciones de las cargas, para que tengan sentido en los análisis comparativos, han de referirse a conceptos que las homogenicen, tales como el de rueda de diseño y el de carga equivalente. Ningún método de diseño en uso toma en cuenta la variabilidad del tránsito en forma completa, de hecho, es normal proyectar los pavimentos flexibles de las carreteras para que sean capaces de resistir la carga transmitida por una sola rueda idealizada; en el caso de aeropistas, por un arreglo de llantas prefijado. Para determinar éstos de un modo representativo será preciso comenzar por elegir al vehículo que, a su vez, represente convenientemente al tránsito. En carreteras lo usual es escoger al camión más frecuente o al más pesado, para llegar a la carga de diseño, que represente el efecto global, será además preciso establecer una equivalencia entre la carga transmitida por el arreglo de las llantas del vehículo elegido y la carga ideal.

Para llegar a la carga equivalente se han seguido dos criterios. O se busca la rueda simple que produzca a una cierta profundidad los mismos esfuerzos verticales que el sistema de llantas del vehículo o la que produzca las mismas deformaciones.



Los cálculos para determinar la carga por rueda equivalente pueden basarse ya sea en el criterio de la igualdad de deformación o en el criterio de igualdad de esfuerzos. Es decir que si se conoce la máxima deflexión que ocurre bajo un conjunto de ruedas duales, una deflexión que ocurra de la misma cantidad bajo una rueda sencilla, indica que esa rueda es equivalente a las ruedas duales. Lo mismo se puede decir, aproximadamente, acerca de lo que ocurre con los esfuerzos. A profundidades pequeñas, las máximas deflexiones ocurren bajo una rueda, mientras que a mayores profundidades las deflexiones mayores ocurren bajo el centro del conjunto de las dos ruedas.

La deflexión bajo una rueda simple y la deflexión bajo un conjunto de ruedas duales vienen dadas por las expresiones que siguen, mismas que provienen de la ecuación de asentamiento dada por Boussinesq para deflexiones al centro de un plato flexible:

$$\Delta = \left( \frac{P \cdot a^3}{E} \right) F$$

en la que:

$$F = \left( \frac{3}{2} \right) \frac{1}{(1 + (Z/a))^{1.5}}$$

, y que vale 1.5 cuando la carga está colocada en la superficie, o sea cuando  $Z = 0$ , pues "F" depende de la relación  $Z/a$ .

De acuerdo con la ecuación anterior, para una presión por rueda constante, la deflexión bajo una rueda simple es de

$$\Delta_1 = \frac{P a_1^3}{E} F_1 \quad \text{y para ruedas duales vale} \quad \Delta_2 = \frac{P a_2^3}{E} (F_1 + F_2)$$

En todas estas expresiones:

P = Presión de la llanta.

$a_1$  = Radio de contacto de la rueda simple.

$a_2$  = Radio de contacto para cada llanta de un set de ruedas duales.

$F_1$  = Factor de asentamiento para rueda simple.

$F_1$  = Factor de asentamiento contribuido por una llanta de las duales.

$F_2$  = Factor de asentamiento contribuido por la otra llanta de las duales.

E = Modulo de Elasticidad del suelo.

Empleando el criterio de dobles deflexiones se tiene:

$$\frac{P\delta_1}{E} F_1 = \frac{P\delta_2}{E} (F_1 + F_2)$$

Reemplazando en la ecuación anterior los valores:

$$\frac{P\delta_1}{E} = \sqrt{P_1} \dots Y \dots \frac{P\delta_2}{E} = \sqrt{P_2}$$

Se tiene:

$$\sqrt{P_1} \cdot F_1 = \sqrt{P_2} (F_1 + F_2)$$

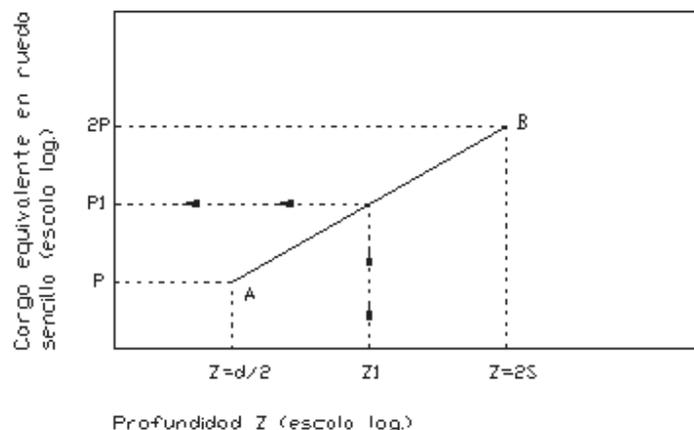
en la que  $P_1$  = carga sobre la rueda simple, y  $P_2$  es la carga sobre cada una de las ruedas duales.

Si se desea convertir un set de ruedas duales a una carga equivalente de rueda sencilla empleando el criterio de deflexiones, se tiene que se conoce el valor  $P_2$  sobre cada rueda dual, se buscan en una gráfica los valores máximos de  $F_1$  y  $F_2$  y se determinan los valores de  $P_1$  y  $F_1$  de tal manera que el

producto  $\sqrt{P_1} F_1$  sea igual a  $\sqrt{P_2} (F_1 + F_2)$

El cuerpo de ingenieros del ejército americano presenta un método grafico para determinar la carga equivalente por rueda.

Asumiendo una relación lineal entre las profundidades  $d/2$  y  $2S$  puede, derivarse una relación para determinar la equivalencia a ruedas duales. La figura siguiente indica el método para determinar la carga sencilla equivalente a cualquier set de ruedas duales.



Se grafica el espesor del pavimento en la escala horizontal y se dibuja el punto de coordenadas  $(P, d/2)$ . De igual modo, a la profundidad de  $2S$  y con una carga por rueda de  $2P$  el punto representa la profundidad al cual los efectos de los esfuerzos traslapados son despreciables. Una línea recta de A a B marca los puntos donde cualquier carga por rueda resulta equivalente a un set de ruedas duales.

Este método también sirve para transformar cargas duales en tandem a rueda sencilla. La distancia  $d$  es igual, en este caso, al claro libre entre las ruedas duales, y la distancia  $S$  se toma como la distancia diagonal entre los centros de las llantas duales del tandem. El procedimiento que se sigue para determinar el valor de la carga equivalente es el siguiente:

- a. Suponga un espesor aproximado del pavimento.
- b. Determine la carga simple equivalente con el grafico del cuerpo de ingenieros.
- c. Determine el espesor del pavimento empleando el valor determinado de la carga por rueda simple.

Compruebe el espesor con el asumido. Repita el proceso

## **DISEÑO DE PAVIMENTO.**

### **Bancos de préstamo para pavimentos.**

Se visitaron y reconocieron los sitios susceptibles para su explotación como bancos de préstamo para la construcción de pavimentos, determinando sus condiciones litológicas, grado de alteración y la potencialidad, los cuales son: **La palotada, Javier Saenz y Arroyo san francisco.**

### Datos de tránsito

La Secretaría de comunicaciones y transportes en su departamento de geotecnia, se nos proporcionaron los siguientes datos para el diseño de los espesores de pavimento.

TDPA = 1980 vehículos en ambos sentidos para el año de 2010 con tasa de crecimiento anual = 4% y una composición vehicular como se indica a continuación:

Tipo de Vehículo	Descripción	Porcentaje
A	Automóviles.	78.7
B	Autobuses.	4.3
C2	Camiones unitarios de dos ejes.	8.3
C3	Camiones unitarios de tres ejes.	3.8
T3-S2	Tractor de 3 ejes con semiremolque de 2 ejes.	3.0
T3-S3	Tractor de 3 ejes con semiremolque de 3 ejes.	1.0
T3-S2-R3	Tractor de 3 ejes con semiremolque de 2 ejes y remolque de 4 ejes.	0.3
T3-S2-R4	Tractor de 4 ejes con semiremolque de 2 ejes y remolque de 4 ejes.	0.6

Tomando en cuenta la variación del tránsito, el diseño estructural se calculara por el Método del instituto de ingeniería de la UNAM.

El método se basa en el valor relativo de soporte (V.R.S.), con el objeto de determinar la estructura adecuada y factible para el pavimento.

Para determinar el VRS crítico fue necesario efectuar pruebas físicas en el laboratorio y en campo, tanto en el terreno natural como en los bancos con que se construirá la obra.

### **MÉTODO DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA DE LA UNAM (DISPAV 5).**

Desde hace aproximadamente tres décadas, los proyectistas de carreteras han contado en México con un método de diseño para pavimentos desarrollado por el instituto de ingeniería de la UNAM, a petición de la entonces Secretaria de Obras Públicas, luego SAHOP y ahora SCT. Este método partió del análisis de datos experimentales en tramos de prueba, en carreteras en servicio, de investigación teórica y de experimentación en laboratorio en la pista circular de pruebas, que influyó más recientemente en sucesivos perfeccionamientos.

Actualmente el método está preparado para ser manejado con la ayuda de gráficas, con calculadoras programables o con la ayuda del cómputo. el conjunto del trabajo de años del instituto de ingeniería de la U.N.A.M se encuentra en la publicación No.444 de dicha institución que data de 1981.

Este método considera como datos de entrada básicos el tipo de carretera, el número de carriles, la vida de proyecto, el tránsito diario promedio anual (TDPA), tasa de crecimiento y variables adicionales sobre características del terreno y materiales, así como de climas, nivel freático y precipitación pluvial como guía para el proyectista, se recomienda la estimación de un Valor Relativo de Soporte Crítico.

Se requieren adicionalmente pruebas de laboratorio confiables, para una mejor comprensión del comportamiento de las terracerías y demás capas a diseñar, debiendo realizarse para cada material propuesto y disponible, pruebas con tres diferentes energías de compactación; esto es baja (AASHTO estándar) compactación intermedia y alta energía (AASHTO modificada).

Encontrando la humedad óptima y teniendo normado el porcentaje de compactación que se especifique en el proyecto y dependiendo del control de la construcción, se indicara un rango de variación de humedad respecto al óptimo. Paralelamente al laboratorio deberá reportar los valores de resistencia en V.R.S. para cada tipo de material a utilizar.

Con el conjunto anterior, se encontrara una zona que reflejara las condiciones esperadas para la subrasante, encontrándose, en función de la humedad crítica esperada, el valor crítico de VRS<sup>de diseño</sup>.

En función del VRS<sup>crítico</sup> obtenido para la subrasante, por experiencia se asignara un valor menor para el cuerpo del terraplén, del orden del 60% obtenido para la subrasante.

Para obtener el VRS<sup>crítico</sup> de las capas restantes, esto es la base, el método emplea la siguiente ecuación, en donde interviene un coeficiente de variación estimado (v) entre 0.2 y 0.3, debido a cambios posibles del material, procedimiento constructivo, etc. Lo anterior, siempre tendera a disminuir el VRS de campo promedio, que como ya se dijo cubrirá incertidumbres tanto de la prueba de valor relativo de soporte como de los materiales, redundando en lo que se conoce como factor de seguridad.

El segundo paso contemplado en el método, consiste en la información y procesamiento de los datos de tránsito, partiendo del TDPA inicial, su tasa de crecimiento en porcentaje anual y la composición vehicular detallada, considerando desde los automóviles y vehículos ligeros hasta los vehículos más pesados de carga.

Se hace notar que el método contempla en este análisis los porcentajes de vehículos pesados, tanto cargados con carga legal, como totalmente vacíos.

Para el análisis del tránsito equivalente acumulado ( $\Sigma L$ ), el método inicia el cálculo de los coeficientes de daño a diferentes profundidades de la estructura del pavimento, se deberá calcular el coeficiente de daño de cada vehículo tanto en condiciones de carga reglamentada y vacíos, para profundidades de  $Z = 0$  cm para obtener los ejes equivalentes en carpeta y base. y  $Z = 30$  cm para el resto de la sección.

$$\log d_i = \log \sigma_{z(i)} - \log \sigma_{z(eq)} = \log \sigma(pF_{z(i)}) - \log(5.8F_z) \quad \text{--- -- -- -- Ecuación 1.1}$$

LogA    LogA

**Donde:**

$D_i$  = Coeficiente de daño equivalente en la capa  $i$ .

$\sigma_z$  = Esfuerzo a la profundidad  $z$ , en  $\text{kg/cm}^2$ .

$p$  = Peso del eje, en KG.

$F_z$  = Coeficiente de influencia de Boussinesq a la profundidad  $z$ .

$A$  = Constante experimental.

$z$  = Profundidad en cm.

$5.8$  = Presión de contacto de la llanta en  $\text{kg/cm}^2$ .

Al Obtenerse los coeficientes de daño para todos y cada uno de los vehículos vacíos y cargados a las profundidades  $z = 0$  y  $z = 30$ , el proyectista deberá multiplicar estos por la composición del tránsito en porcentaje, con ello se obtendrá el número de ejes equivalentes para cada vehículo y para cada profundidad. Al efectuar la sumatoria de tales valores en el carril de proyecto por el coeficiente de acumulación del tránsito  $C_T$  (ecuación 1.2) y por el valor de TDPA inicial, se obtendrá el tránsito equivalente acumulado  $\sum L$  para las capas de carpeta y base, y sub base y terracerías respectivamente (Figura 1.2).

$$C_T = 365 \sum_{j=1}^n (1+r)^{j-1} = 365 \left[ \frac{(1+r)^n - 1}{r} \right] \quad \text{--- --- Ecuación 1.2}$$

**Donde:**

$C_T$  = coeficiente de acumulación del tránsito.

$n$  = Años de servicio.

$r$  = Tasa de crecimiento anual.

Finalmente el método presenta un procedimiento sencillo para obtener los espesores equivalentes para cada capa a las profundidades  $Z_N$ , tomando en cuenta coeficientes de resistencia estructural recomendados  $a_i$ , que considera 1 cm de asfalto equivalente a 2 cm de grava.

$a_1 D_1$  = Carpeta,  $D_1$  espesor en cm,  $a_1$  coeficiente equivalencia.

$a_2 D_2$  = Base,  $D_2$  espesor en cm,  $a_2$  coeficiente equivalencia.

$a_n D_n$  = Capa,  $D_n$  espesor en cm,  $a_n$  coeficiente equivalencia. Con lo anterior, determinaremos el espesor final de cada capa de la sección estructural del pavimento diseñado, interviniendo para ello los diferentes criterios que se adopten para una mejor estructuración de la sección carretera, tomando en cuenta ciertas clases de materiales y mínimos espesores que se tienen especificados por la dependencia o autoridad responsable.

El método (DISPAV 5) está basado en el extenso programa de investigación patrocinado por la actual Secretaria de Comunicaciones y Transportes, (SCT) y el instituto de ingeniería, UNAM los conceptos generales, desarrollados en las investigaciones realizadas de 1965 a la fecha (informes 325 y 444) son compatibles con el nuevo método de diseño, que se incluye tanto en carreteras de altas especificaciones como carreteras normales.

El programa permite:

- 1.- Diseñar de acuerdo con lineamientos fijados.
- 2.- Revisar diseños específicos que proponga el proyectista.

El programa tiene dos opciones de diseño, según el tipo de camino:

**1.- Caminos de altas especificaciones, en los que se desea conservar un nivel de servicio alto al final de la vida de proyecto (1.2 cm. de deformación en la rodada y agrietamiento ligero a medio).**

**2.- Caminos normales en los que se permiten deformaciones del orden de 2.5 cm en la rodada y agrietamiento medio a fuerte, al final de la vida de proyecto.**

Se requiere conocer el tránsito en el carril de proyecto en millones de ejes estándar (ejes sencillos de 8.2 toneladas).

Tiene dos opciones:

- 1.- Si se conoce el tránsito de proyecto, introducirlo directamente
- 2.- Calcularlo a partir del tránsito mezclado.

Introduzca los siguientes datos:

TDPA en el carril de proyecto (vehículos)	
Tasa de crecimiento anual del tránsito (%)	
Periodo de proyecto (años)	

Se necesita conocer el tipo de camino:

1.- Camino tipo A o B.

2.- Camino tipo C.

3.- Camino tipo D.

Se requiere conocer la composición del tránsito es decir:

<b>Vehículo</b>	<b>Composición en (%)</b>
A	
A'2	
B2	
B3	
C2	
C3	
C4	
T2-S1	
T2-S2	
T3-S2	
T3-S3	
C2-R2	
C3-R2	
CR-R3	
T2-S1-R2	

T2-S2-R2	
T3-S1-R2	
T3-S2-R2	
T3-S2-R4	

Los vehículos tipo A se supone que siempre están cargados

Los autobuses y vehículos de carga (Tipos B,C y T) pueden circular vacíos en un porcentaje de casos.

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

Se tienen dos opciones:

1.- Emplear un porcentaje de vehículos cargados aplicable a todos los vehículos comerciales (un porcentaje promedio).

2.- Emplear un porcentaje de vehículos cargados para cada tipo.

(Automóvil A2)		
Eje	1	2
Tipo	Sencillo	Sencillo
Carga*	5	9
Presión**	6	6

\*Carga total del eje sencillo, doble, triple, en toneladas

\*\* Presión de inflado en condiciones de servicio, en kg/cm<sup>2</sup>.

Se ha indicado las cargas legales por eje, en toneladas, según aparecen en el decreto publicado el 7 de enero de 1997 (en algunos casos la carga por eje se ajustó para no sobrepasar la carga máxima total del vehículo). Puede modificarse de acuerdo a su proyecto.

Coeficientes de equivalencia del vehículo cargado						
(Automóvil A2)						
Eje	Profundidad (z)					
	5	15	30	60	90	120
1						
2						
Total						

Transito de proyecto en millones de ejes estándar para una profundidad de:

Z = 5 cm	Z = 15 cm	Z = 30 cm	Z = 60 cm	Z = 90 cm	Z = 120 cm

Se sugiere emplear el tránsito de proyecto determinando a 15 y 90 cm, para el diseño por fatiga y deformación permanente respectivamente pero usted puede proponer lo adecuado.

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

a) Por fatiga en las capas estabilizadas =

b) Por deformación en capas no estabilizadas =

El programa permite analizar pavimentos que contengan algunas de las siguientes capas

- 1.- Carpeta
- 2.- Base granular.
- 3.- Sub base.
- 4.- Subrasante.
- 5.- Terracería.

Capa	VRS critico (%)	VRS promedio (%)	Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )
Carpeta			
Base granular			
Sub base			
Sub rasante			
Terracería			

El método permite elegir el nivel de confianza del proyecto, se sugiere emplear un nivel de confianza de 85%, pero puede elegir otro nivel (Entre 50 y 99%)

Diseño por deformación para un camino tipo normal con un nivel de confianza de (n)

Para un tránsito de proyecto de (n) millones de ejes estándar

Capa	Espesor calculado (cms)	Espesor proyecto (cms)
Carpeta		
Base granular		
Sub base		
Subrasante		
Terracería		

Los espesores de capa calculados se ajustan a un espesor constructivo mínimo, el cual depende de la capa y del tránsito de proyecto.

El diseño anterior previene contra la deformación excesiva

A continuación debe revisarlo para prevenir el agrietamiento por fatiga a menos que este empleando un tratamiento superficial

**Datos y resultados del diseño**

Camino de tipo normal. Nivel de confianza en el proyecto (m)

Capa	Espesor(H), en (cms)	VRS critico (%)	Módulo de elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )
Carpeta			
Base granular			
Sub base			
Subrasante			
Terracería			

Parámetro	Vida previsible	Tránsito de proyecto
Deformación		
Fatiga		

Nota:

La vida previsible es cercana o mayor que la vida de proyecto el diseño parece adecuado. La tolerancia es  $\pm 10\%$  del tránsito de proyecto crítico.

**OBTENCIÓN DE LA SECCIÓN DEL PAVIMENTO.**

**CAMINO: CARRETERA E.C. JANOS-AGUA PRIETA-EL BERRENDOPARA DOS CARRILES  
(A2)DE KM: 0+000 AL KM 14+250.604.**

COMPOCISION DEL TRANSITO		PORCENTAJE DE VEHICULOS
Vehículo	Porcentaje	CARGADOS
A	78.7	80
B2	4.3	80
B3		
B4		
C2	8.3	80
C3	3.8	80
C2-R2		
C3-R2		
C3-R3		
C2-R3		
T2-S1		
T2-S2		
T3-S2	3.0	80
T3-S3	1.0	80
T2-S1-R2		
T3-S1-R2		
T3-S2-R2		
T3-S2-R3	0.3	80
T3-S2-R4	0.6	80
T3-S3-S2		
TOTAL		100

Tránsito diario promedio anual en el carril de proyecto= 990 vehículos

Vida útil del proyecto = 15 años.

Tasa de crecimiento anual del tránsito = 4%

Para efecto de la carga máxima legal el camino se considera tipoA2

Tránsito de proyecto en millones de ejes equivalentes estándar

Profundidad (cm)	5	15	30	60	90	120
Coefficiente de equivalencia	5.10	4.90	5.50	7.00	7.50	7.60

El tránsito de proyecto, en millones de ejes equivalentes queda como sigue:

Por fatiga en las capas estabilizadas = 5.10

Por deformación en capas no estabilizadas = 7.50

**1ER.PROPUUESTA**

**CAMINO: CARRETERA E.C. JANOS-AGUA PRIETA-EL BERRENDOPARA DOS CARRILES (A2)**

**DE KM: 0+000 AL KM 14+250.604.**

Diseño de un pavimento flexible en un camino de altas especificaciones.

**Caminos de altas especificaciones, en los que se desea conservar un nivel de servicio alto al final de la vida de proyecto (1.2 cm. de deformación en la rodada y agrietamiento ligero a medio).**

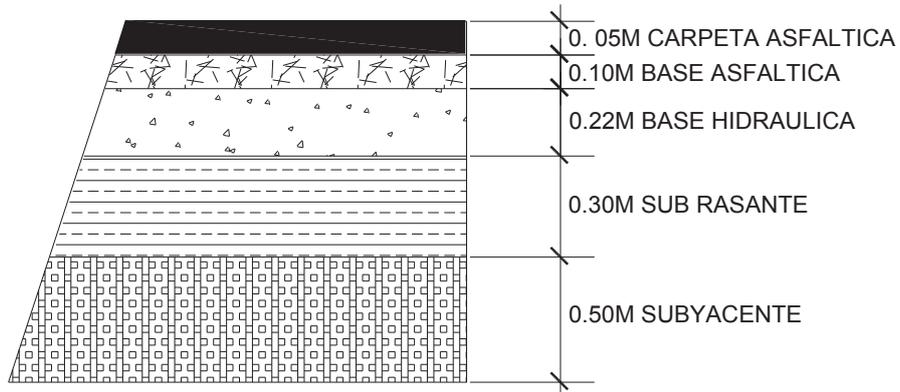
Empleando un nivel de confianza de 90%

<b>CAPA</b>	<b>ESPESOR (cms)</b>	<b>Vrs critico (%)</b>	<b>Modulo de elasticidad (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Relación de Poisson</b>
Carpeta	<b>5</b>	-----	28000	0.35
Base asfáltica	<b>10</b>	-----	25000	0.35
Base granular	<b>22</b>	100	3265	0.35
Subrasante	<b>80</b>	38	1657	0.45
Terreno natural	-----	7.60	536	0.45

<b>PARAMETRO</b>	<b>VIDA PREVISIBLE</b>	<b>TRANSITO DE PROYECTO</b>
Deformación	8.20	7.50
Fatiga	8.00	5.10

**El diseño es adecuado debido a que la vida previsible es cercana o mayor que la vida de proyecto, pues la tolerancia = tránsito de proyecto  $\pm$  10% del tránsito de proyecto crítico.**

Para fines de diseño se proponen los siguientes espesores:



## 2DA.PROPUUESTA

**CAMINO: CARRETERA E.C. JANOS-AGUA PRIETA-EL BERRENDOPARA DOS CARRILES (A2)**

**DE KM: 0+000 AL KM 14+250.604.**

Diseño de un pavimento flexible en un camino de altas especificaciones.

**Caminos de altas especificaciones, en los que se desea conservar un nivel de servicio alto al final de la vida de proyecto (1.2 cm. de deformación en la rodada y agrietamiento ligero a medio).**

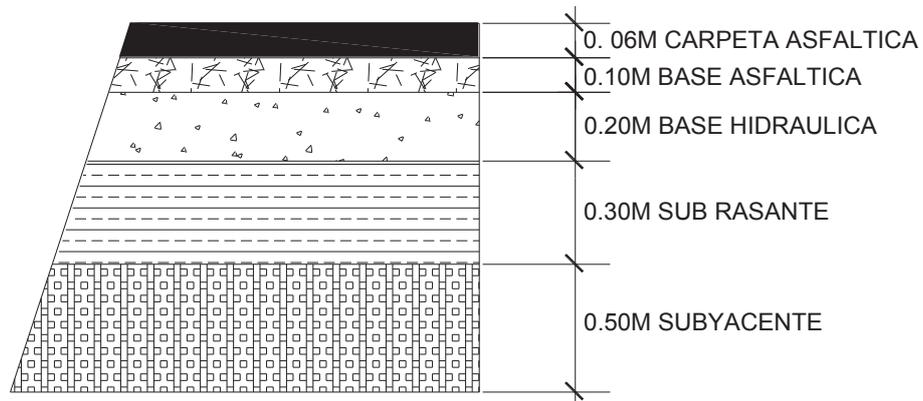
Empleando un nivel de confianza de 90%

<b>CAPA</b>	<b>ESPESOR (cms)</b>	<b>Vrs critico (%)</b>	<b>Módulo de elasticidad (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Relación de Poisson</b>
Carpeta	<b>6</b>	-----	28000	0.35
Base asfáltica	<b>10</b>	-----	25000	0.35
Base granular	<b>20</b>	100	3265	0.35
Subrasante	<b>80</b>	38	1657	0.45
Terreno natural	-----	7.60	536	0.45

<b>PARÁMETRO</b>	<b>VIDA PREVISIBLE</b>	<b>TRANSITO DE PROYECTO</b>
Deformación	8.30	7.50
Fatiga	10.2	5.10

**El diseño es adecuado debido a que la vida previsible es mayor que el tránsito de proyecto, pues la tolerancia = tránsito de proyecto  $\pm$  10%.**

Para fines de diseño se proponen los siguientes espesores:



### 3ER.PROPUUESTA

**CAMINO: CARRETERA E.C. JANOS-AGUA PRIETA-EL BERRENDOPARA DOS CARRILES (A2)**

**DE KM: 0+000 AL KM 14+250.604.**

Diseño de un pavimento flexible en un camino de altas especificaciones.

**Caminos de altas especificaciones, en los que se desea conservar un nivel de servicio alto al final de la vida de proyecto (1.2 cm. de deformación en la rodada y agrietamiento ligero a medio).**

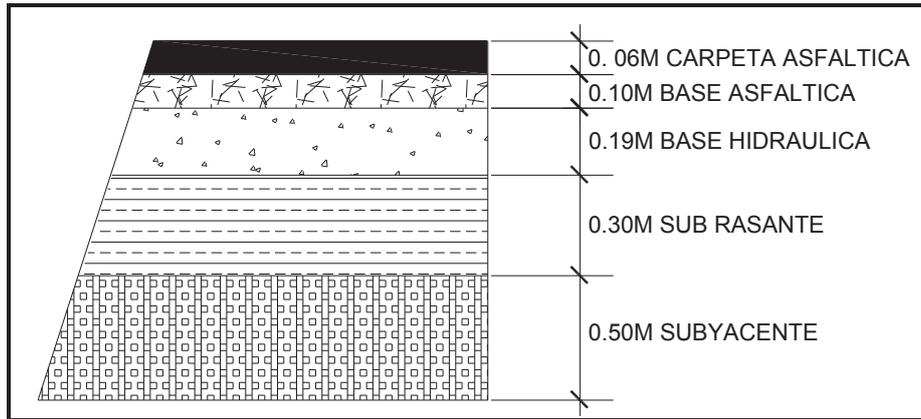
Empleando un nivel de confianza de 90%

<b>CAPA</b>	<b>ESPESOR (cms)</b>	<b>Vrs critico (%)</b>	<b>Módulo de elasticidad (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Relación de Poisson</b>
Carpeta	<b>6</b>	-----	28000	0.35
Base asfáltica	<b>10</b>	-----	25000	0.35
Base granular	<b>19</b>	100	3265	0.35
Subrasante	<b>80</b>	38	1657	0.45
Terreno natural	-----	7.60	536	0.45

<b>PARÁMETRO</b>	<b>VIDA PREVISIBLE</b>	<b>TRANSITO DE PROYECTO</b>
Deformación	6.80	7.50
Fatiga	10.0	5.10

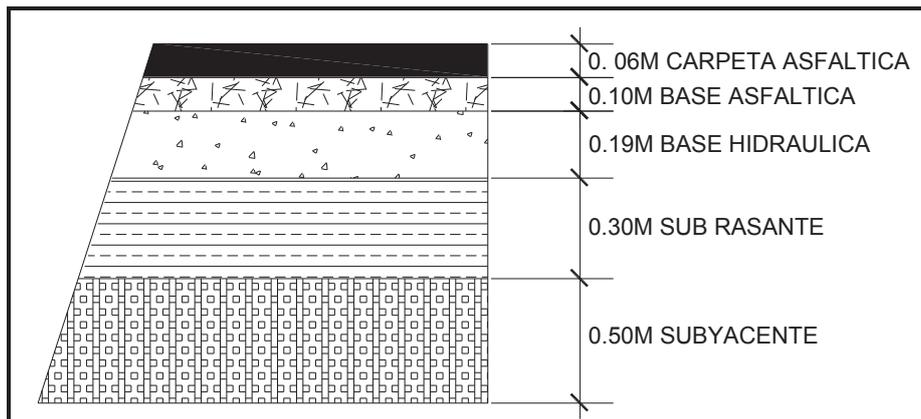
**El diseño es adecuado debido a que la vida previsible es cercana o mayor que la vida de proyecto, pues la tolerancia = tránsito de proyecto  $\pm$  10% del tránsito de proyecto crítico.**

Para fines de diseño se proponen los siguientes espesores:



**Se propone como sección definitiva de la carretera e.c. janos-agua prieta-el berrendo, del km 0+000 al km 14+250.604.**

Para fines prácticos se propone como sección definitiva, **puesto que cumple como un camino de altas especificaciones, donde se conservan niveles de servicio alto al final de la vida de proyecto es decir (1.2 cm de deformación en la rodada y agrietamiento ligero a medio).**



**ANEXO A:**  
**EXPLORACION Y RESULTADOS DE LABORATORIO.**

**INFORME DE TERRACERIAS**

OBRA:	E.C. JANOS/AGUA PRIETA-EL BERRENDO	ENSAYES:	2040-2041-2042-2043-2044
TRAMO:	E.C. JANOS/AGUA PRIETA-EL BERRENDO	FECHA DE RECIBO:	Septiembre 2010
LOCALIZACION:	E.C. JANOS-AGUA PRIETA (0+000)	FECHA DE INFORME:	Septiembre 2010

IDENTIFICACION.	SONDEO No.	P.C.A.1	P.C.A.2	P.C.A.3	P.C.A.4	P.C.A.5
	ESTACION	0+030	0+500	1+000	1+500	2+000
	LADO	L/D	L/D	L/D	L/C	L/C
	DESPALME (cms)	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMAÑO MAXIMO	1½"	¾"	1"	¾"	3/8"
	%RET. EN LA MALLA 75 mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	% QUE PASA MALLA DE 4.75 mm	83.00	93.00	77.00	94.00	98.00
	% QUE PASA MALLA DE 0.425 mm	54.00	68.00	54.00	86.00	88.00
	% QUE PASA MALLA DE 0.075 mm	8.00	25.00	30.00	68.00	66.00
	EQUIVALENTE DE HUM. DE CAMPO (%)					
	LIMITE LIQUIDO %	25.00	27.00	27.00	45.00	48.0
	LIMITE PLASTICO %	INAP.	INAP.	18.00	11.00	12.0
	INDICE PLASTICO %	N.P.	N.P.	9.00	34.00	36.0
	CONTRACCION LINEAL %	0.00	1.00	3.50	12.60	13.60
	P.E.S. SUELTO Kg/m³	1656	1344	1301	1179	1161
	P.E.S. MAXIMO Kg/m³	1586	1745	1911	1713	1695
	HUMEDAD OPTIMA %	10.60	13.20	12.60	19.10	18.40
	HUMEDAD NATURAL %	9.00	11.10	10.20	15.00	14.7
	COMPACTACION DEL LUGAR %					
	V.R.S. ESTANDAR SATURADO	29.00	24.10	19.10	9.80	9.90
EXPANSION %	0.18	0.22	1.19	9.60	9.57	
CLASIFICACION S.O.P.	<b>SP-SM</b>	<b>SM</b>	<b>SC</b>	<b>CL</b>	<b>CL</b>	

ESTUDIO DE ESPESORES	TIPO DE PRUEBA						
	CURVA DE PROYECTO						
	CONDICIONES DEL LUGAR	H. DE PRUEBA (%)					
		V.R.S. (%)					
		Esp. requerido, cm					
	90% DE COMP.	H. DE PRUEBA (%)	13.60	16.20	15.6	22.1	21.4
		V.R.S. (%)	7.70	8.40	24.9	10.3	9.6
		Esp. requerido, cm					
	95% DE COMP.	H. DE PRUEBA (%)	12.10	15.70	14.1	20.6	19.9
		V.R.S. (%)	14.90	15.10	39.6	17.7	15.0
		Esp. requerido, cm					
	100% DE COMP.	H. DE PRUEBA (%)					
V.R.S. (%)							
Esp. requerido, cm							

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:

**INFORME DE TERRACERIAS**

OBRA:	E.C. JANOS/AGUA PRIETA-EL BERRENDO	ENSAYES:	2045-2046-2047-2048-2049
TRAMO:	E.C. JANOS/AGUA PRIETA-EL BERRENDO	FECHA DE RECIBO:	Septiembre 2010
LOCALIZACION:	E.C. JANOS-AGUA PRIETA (0+000)	FECHA DE INFORME:	Septiembre 2010

IDENTIFICACION.	SONDEO No.	P.C.A. 6	P.C.A. 7	P.C.A.8	P.C.A.9	P.C.A.10
	ESTACION	2+500	3+000	3+500	4+000	4+500
	LADO	L/C	L/D	L/C	L/C	L/C
	DESPALME (cms)	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMAÑO MAXIMO	3/4"	1 1/2"	1 1/2"	3/8"	1"
	%RET. EN LA MALLA 75 mm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	% QUE PASA MALLA DE 4.75 mm	73.00	80.00	66.00	97.00	79.00
	% QUE PASA MALLA DE 0.425 mm	35.00	34.00	15.00	86.00	47.00
	% QUE PASA MALLA DE 0.075 mm	19.00	16.00	3.00	66.00	19.00
	EQUIVALENTE DE HUM. DE CAMPO (%)					
	LIMITE LIQUIDO %	44.00	41.00	21.00	31.00	29.00
	LIMITE PLASTICO %	14.00	13.00	INAP.	10.00	13.00
	INDICE PLASTICO %	30.00	28.00	N.P.	20.00	16.00
	CONTRACCION LINEAL %	11.00	9.50	0.00	7.80	6.10
	P.E.S. SUELTO Kg/m³	1374	1391	1598	1138	1309
	P.E.S. MAXIMO Kg/m³	1880	1922	1720	1725	1805
	HUMEDAD OPTIMA %	10.10	11.20	6.20	13.47	12.20
	HUMEDAD NATURAL %	9.20	9.80	4.10	8.10	5.80
	COMPACTACION DEL LUGAR %					
	V.R.S. ESTANDAR SATURADO	13.00	14.30	40.00	9.70	15.10
EXPANSION %	2.70	2.60	0.00	9.80	1.80	
CLASIFICACION S.O.P.	<b>SC</b>	<b>SC</b>	<b>SP</b>	<b>CL</b>	<b>SC</b>	

ESTUDIO DE ESPESORES	TIPO DE PRUEBA						
	CURVA DE PROYECTO						
	CONDICIONES DEL LUGAR	H. DE PRUEBA (%)					
		V.R.S. (%)					
		Esp. requerido, cm					
	90% DE COMP.	H. DE PRUEBA (%)	13.10	14.20	9.20	16.7	15.20
		V.R.S. (%)	18.00	21.10	8.00	7.7	8.70
		Esp. requerido, cm					
	95% DE COMP.	H. DE PRUEBA (%)	11.60	12.70	7.70	15.2	13.70
		V.R.S. (%)	29.40	36.70	15.00	16.4	17.20
		Esp. requerido, cm					
	100% DE COMP.	H. DE PRUEBA (%)					
V.R.S. (%)							
Esp. requerido, cm							

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:

**INFORME DE TERRACERIAS**

OBRA:	E.C. JANOS/AGUA PRIETA-EL BERRENDO	ENSAYES:	2050-2051-2052-2053-2054
TRAMO:	E.C. JANOS/AGUA PRIETA-EL BERRENDO	FECHA DE RECIBO:	Septiembre 2010
LOCALIZACION:	E.C. JANOS-AGUA PRIETA (0+000)	FECHA DE INFORME:	Septiembre 2010

IDENTIFICACION.	SONDEO No.		P.C.A.11	P.C.A.12	P.C.A.13	P.C.A.14	P.C.A.15
	ESTACION		5+000	5+500	6+000	6+500	7+000
	LADO		L/C	L/C	L/C	L/I	L/C
	DESPALME (cms)		30.00	30.00	30.00	30.00	30.00

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMAÑO MAXIMO		1"	1"	3/4"	3/8"	3/4"
	%RET. EN LA MALLA 75 mm		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	% QUE PASA MALLA DE 4.75 mm		83.00	89.00	90.00	91.0	80.0
	% QUE PASA MALLA DE 0.425 mm		61.00	73.00	67.00	65.0	54.0
	% QUE PASA MALLA DE 0.075 mm		44.00	53.00	35.00	38.0	34.0
	EQUIVALENTE DE HUM. DE CAMPO (%)						
	LIMITE LIQUIDO %		27.00	26.00	31.00	33.0	30.0
	LIMITE PLASTICO %		12.00	10.00	13.00	13.00	15.00
	INDICE PLASTICO %		15.00	16.00	18.00	20.00	15.00
	CONTRACCION LINEAL %		5.20	5.80	6.70	7.80	12.0
	P.E.S. SUELTO Kg/m <sup>3</sup>		1273	1256	1231	1226	1209
	P.E.S. MAXIMO Kg/m <sup>3</sup>		1612	1584	1794	1825	1810
	HUMEDAD OPTIMA %		11.60	12.20	12	12.00	11.50
	HUMEDAD NATURAL %		5.10	7.3	6.1	4.9	8.5
	COMPACTACION DEL LUGAR %						
	V.R.S. ESTANDAR SATURADO		9.68	9.82	14.8	14.0	17.5
EXPANSION %		9.75	9.69	3.19	3.42	4.9	
CLASIFICACION S.O.P.		<b>CL</b>	<b>CL</b>	<b>SC</b>	<b>SC</b>	<b>SC</b>	

ESTUDIO DE ESPESORES	TIPO DE PRUEBA						
	CURVA DE PROYECTO						
	CONDICIONES	H. DE PRUEBA (%)					
	DEL LUGAR	V.R.S. (%)					
		Esp. requerido, cm					
	90% DE	H. DE PRUEBA (%)	14.60	15.2	14.7	15.0	14.5
	COMP.	V.R.S. (%)	9.10	10.4	15.1	14.5	26.0
		Esp. requerido, cm					
	95% DE	H. DE PRUEBA (%)	13.10	13.7	13.2	13.5	13.0
	COMP.	V.R.S. (%)	18.60	21.1	29.4	30.1	31.0
		Esp. requerido, cm					
	100% DE	H. DE PRUEBA (%)					
COMP.	V.R.S. (%)						
	Esp. requerido, cm						

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:

**INFORME DE TERRACERIAS**

OBRA:	E.C. JANOS/AGUA PRIETA-EL BERRENDO	ENSAYES:	2055-2056-2057-2058-2059
TRAMO:	E.C. JANOS/AGUA PRIETA-EL BERRENDO	FECHA DE RECIBO:	Septiembre 2010
LOCALIZACION:	E.C. JANOS-AGUA PRIETA (0+000)	FECHA DE INFORME:	Septiembre 2010

IDENTIFICACION.	SONDEO No.		P.C.A.16	P.C.A.17	P.C.A.18	P.C.A.19	P.C.A.20
	ESTACION		7+500	8+000	8+400	9+000	9+500
	LADO		L/C	L/C	L/C	L/C	L/C
	DESPALME (cms)		30.00	30.00	30.00	30.00	30.00

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMAÑO MAXIMO		3/4"	1"	1"	3/8"	3/8"
	%RET. EN LA MALLA 75 mm		0.0	0.00	0.0	0.0	0.0
	% QUE PASA MALLA DE 4.75 mm		83.0	60.0	79.0	91.0	74.0
	% QUE PASA MALLA DE 0.425 mm		70.0	28.0	59.0	74.0	67.0
	% QUE PASA MALLA DE 0.075 mm		57.0	14.0	43.0	58.0	59.0
	EQUIVALENTE DE HUM. DE CAMPO (%)						
	LIMITE LIQUIDO %		45.0	35.0	40.0	47.0	48.0
	LIMITE PLASTICO %		13.0	12.0	19.0	13.5	12.0
	INDICE PLASTICO %		32.0	23.0	21.0	33.5	36.0
	CONTRACCION LINEAL %		14.50	9.1	12.5	14.7	17.9
	P.E.S. SUELTO Kg/m³		1110	1444	1189	1156	1120
	P.E.S. MAXIMO Kg/m³		1700	1774	1705	1598	1591
	HUMEDAD OPTIMA %		19.00	16.0	17.0	21.0	20.0
	HUMEDAD NATURAL %		11.7	4.2	5.5	6.4	10.6
	COMPACTACION DEL LUGAR %						
	V.R.S. ESTANDAR SATURADO		9.70	45.4	7.8	6.8	5.1
EXPANSION %		9.90	3.1	9.6	9.8	10	
CLASIFICACION S.O.P.		<b>CL</b>	<b>SC</b>	<b>SC</b>	<b>CL</b>	<b>CL</b>	

ESTUDIO DE ESPESORES	TIPO DE PRUEBA						
	CURVA DE PROYECTO						
	CONDICIONES	H. DE PRUEBA (%)					
	DEL LUGAR	V.R.S. (%)					
		Esp. requerido, cm					
	90% DE	H. DE PRUEBA (%)	14.5	19.0	20.0	24.0	23.0
	COMP.	V.R.S. (%)	26.0	28.0	8.1	7.9	7.0
		Esp. requerido, cm					
	95% DE	H. DE PRUEBA (%)	13.0	19.5	18.5	22.5	21.5
	COMP.	V.R.S. (%)	31.0	33.5	13.5	11.4	9.7
		Esp. requerido, cm					
	100% DE	H. DE PRUEBA (%)					
COMP.	V.R.S. (%)						
	Esp. requerido, cm						

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:

**INFORME DE TERRACERIAS**

OBRA:	E.C. JANOS/AGUA PRIETA-EL BERRENDO	ENSAYES:	2060-2061-2062-2063-2064
TRAMO:	E.C. JANOS/AGUA PRIETA-EL BERRENDO	FECHA DE RECIBO:	Septiembre 2010
LOCALIZACION:	E.C. JANOS-AGUA PRIETA (0+000)	FECHA DE INFORME:	Septiembre 2010

IDENTIFICACION.	SONDEO No.		P.C.A.21	P.C.A.22	P.C.A.23	P.C.A.24	P.C.A.25
	ESTACION		10+000	10+500	11+000	11+500	12+000
	LADO		L/C	L/C	L/C	L/C	L/C
	DESPALME (cms)		30.00	30.00	30.00	30.00	30.00

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMAÑO MAXIMO		3/8"	3/8"	3/8"	3/8"	1"
	%RET. EN LA MALLA 75 mm		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	% QUE PASA MALLA DE 4.75 mm		90.0	92.0	83.0	89.0	52.00
	% QUE PASA MALLA DE 0.425 mm		80.0	87.0	55.0	39.0	35.00
	% QUE PASA MALLA DE 0.075 mm		69.0	73.0	43.0	13.0	29.00
	EQUIVALENTE DE HUM. DE CAMPO (%)						
	LIMITE LIQUIDO %		50.0	50.0	35.0	27.5	28.00
	LIMITE PLASTICO %		15.0	15.5	14.1	12.0	13.00
	INDICE PLASTICO %		35.0	36.5	20.9	15.5	15.00
	CONTRACCION LINEAL %		18.0	18.1	10.9	8.4	9.10
	P.E.S. SUELTO Kg/m <sup>3</sup>		1123	1116	1159	1040	1318
	P.E.S. MAXIMO Kg/m <sup>3</sup>		1590	1595	1521	1508	1850
	HUMEDAD OPTIMA %		20.0	20.3	23.0	20.0	15.00
	HUMEDAD NATURAL %		8.2	7.3	7.1	6.7	11.10
	COMPACTACION DEL LUGAR %						
	V.R.S. ESTANDAR SATURADO		5.00	5.00	57.90	40.10	49.10
EXPANSION %		10.10	10.10	3.20	2.90	3.00	
CLASIFICACION S.O.P.		<b>CH</b>	<b>CH</b>	<b>SC</b>	<b>SC</b>	<b>GC</b>	

ESTUDIO DE ESPESORES	TIPO DE PRUEBA						
	CURVA DE PROYECTO						
	CONDICIONES DEL LUGAR	H. DE PRUEBA (%)					
		V.R.S. (%)					
		Esp. requerido, cm					
	90% DE COMP.	H. DE PRUEBA (%)	23.0	23.3	26.0	23.0	18.00
		V.R.S. (%)	5.5	5.7	58.6	42.0	30.00
		Esp. requerido, cm					
	95% DE COMP.	H. DE PRUEBA (%)	21.5	21.18	24.5	21.5	16.50
		V.R.S. (%)	8.3	8.9	64.1	47.6	37.40
		Esp. requerido, cm					
	100% DE COMP.	H. DE PRUEBA (%)					
V.R.S. (%)							
Esp. requerido, cm							

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:

**INFORME DE TERRACERIAS**

OBRA:	E.C. JANOS/AGUA PRIETA-EL BERRENDO	ENSAYES:	2065-2066-2067-2068
TRAMO:	E.C. JANOS/AGUA PRIETA-EL BERRENDO	FECHA DE RECIBO:	Septiembre 2010
LOCALIZACION:	E.C. JANOS-AGUA PRIETA (0+000)	FECHA DE INFORME:	Septiembre 2010

IDENTIFICACION.	SONDEO No.		P.C.A.26	P.C.A.27	P.C.A.28	P.C.A.29	
	ESTACION		12+500	13+000	13+500	14+100	
	LADO		L/C	L/C	L/C	L/C	
	DESPALME (cms)		30.00	30.00	30.00	30.00	

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMAÑO MAXIMO		3/8"	1 1/2"	1"	1 1/2"	
	%RET. EN LA MALLA 75 mm		0.0	0.0	0.0	0.0	
	% QUE PASA MALLA DE 4.75 mm		82.00	80.0	74.0	65.00	
	% QUE PASA MALLA DE 0.425 mm		60.00	59.0	39.0	45.00	
	% QUE PASA MALLA DE 0.075 mm		42.00	48.0	28.0	37.00	
	EQUIVALENTE DE HUM. DE CAMPO (%)						
	LIMITE LIQUIDO %		34.00	35.0	29.0	30.00	
	LIMITE PLASTICO %		14.20	13.50	12.00	13.00	
	INDICE PLASTICO %		19.80	21.50	17.00	17.00	
	CONTRACCION LINEAL %		9.50	5.30	3.50	12.70	
	P.E.S. SUELTO Kg/m³		1302	1229	1245	1262	
	P.E.S. MAXIMO Kg/m³		1800	1750	1765	1637	
	HUMEDAD OPTIMA %		14.10	17.00	17.50	13.00	
	HUMEDAD NATURAL %		4.50	4.2	3.90	4.40	
	COMPACTACION DEL LUGAR %						
V.R.S. ESTANDAR SATURADO		47.10	35.00	36.40	20.40		
EXPANSION %		3.1	2.7	2.0	4.50		
CLASIFICACION S.O.P.		<b>SC</b>	<b>SC</b>	<b>SC</b>	<b>GC</b>		

ESTUDIO DE ESPESORES	TIPO DE PRUEBA					
	CURVA DE PROYECTO					
	CONDICIONES	H. DE PRUEBA (%)				
	DEL LUGAR	V.R.S. (%)				
		Esp. requerido, cm				
	90% DE	H. DE PRUEBA (%)	17.1	20.0	20.5	16.00
	COMP.	V.R.S. (%)	48.0	36.2	37.0	15.10
		Esp. requerido, cm				
	95% DE	H. DE PRUEBA (%)	15.6	18.5	19.0	14.50
	COMP.	V.R.S. (%)	51.3	40.0	41.0	19.50
		Esp. requerido, cm				
	100% DE	H. DE PRUEBA (%)				
COMP.	V.R.S. (%)					
	Esp. requerido, cm					

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:

**ANEXO B:**  
**TABLAS CON DATOS PARA EL CÁLCULO**  
**DE LA CURVA MASA.**

KM. A KM.	ESTRATO		CLASIFICACION ( SUCS )	TRATAM. PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA			CLASIF. PRESUP. A - B - C	TERRAPLEN		CORTE		OBSERV.
	No.	ESP.			90%	95%	100%		BAND.	ALT. MAX.	TALUD	ALT. MAX.	
0+000 A 0+400	1	0.30 m	Suelo vegetal	Despalme				100-00-00					
	2	Indefinido	Arena limosa mal graduada poco humeda, medianamente compacta de color café claro <b>SP-SM</b> .	Compactado	0.96	0.91	0.86	60-40-00	4.00	1.7:1	2.00	3/4:1	A,B,F,G,M
0+400 A 0+900	1	0.30 m	Suelo vegetal	Despalme				100-00-00					
	2	Indefinido	Arena limosa poco humeda medianamente compacta de color café claro <b>SM</b> .	Compactado	0.96	0.91	0.86	70-30-00	4.00	1.7:1	2.00	3/4:1	A,B,F,G,M

KM. A KM.	ESTRATO		CLASIFICACION ( SUCS )	TRATAMI. PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA			CLASIF. PRESUP. A - B - C	TERRAPLEN		CORTE		OBSERV.
	No.	ESP.			90%	95%	100%		BAND.	ALT. MAX.	TALUD	ALT. MAX.	
0+900 A 1+400	1	0.30 m	Suelo vegetal	Despalme				100-00-00					
	2	Indefinido	Arena arcillosa poco humeda, medianamente compacta de color café claro <b>SC</b> .	Compactado	0.96	0.91	0.86	60-40-00	4.00	1.7:1	2.00	3/4:1	A,B,F,G,M
1+400 A 2+280	1	0.30 m	Suelo vegetal	Despalme				100-00-00					
	2	Indefinido	Arcilla inorganica de baja plasticidad de consistencia firme de color café claro <b>CL</b> .	Compactado	1.00	0.96	0.91	70-30-00	4.00	1.7:1	2.00	3/4:1	A,B,C,J

KM. A KM.	ESTRATO		CLASIFICACION ( SUCS )	TRATAMI. PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA			CLASIF. PRESUP. A - B - C	TERRAPLEN		CORTE		OBSERV.
	No.	ESP.			90%	95%	100%		BAND.	ALT. MAX.	TALUD	ALT. MAX.	
2+280 A 3+300	1	0.30 m	Suelo vegetal	Despalme				100-00-00					
	2	Indefinido	Arena arcillosa poco humeda compacta de color café claro <b>SC</b> .	Compactado	1.03	0.98	0.93	40-60-00	4.00	1.7:1	2.00	3/4:1	A,B,D,J
3+300 A 3+800	1	0.30 m	Suelo vegetal	Despalme				100-00-00					
	2	Indefinido	Arena mal graduada poco humeda medianamente compacta de color café claro <b>SP</b> .	Compactado	0.96	0.91	0.86	30-70-00	4.00	1.7:1	2.00	3/4:1	A,B,F,G,M

KM. A KM.	ESTRATO		CLASIFICACION ( SUCS )	TRATAMI. PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA			CLASIF. PRESUP. A - B - C	TERRAPLEN		CORTE		OBSERV.
	No.	ESP.			90%	95%	100%		BAND.	ALT. MAX.	TALUD	ALT. MAX.	
3+800 A 4+340	1	0.30 m	Suelo vegetal	Despalme				100-00-00					
	2	Indefinido	Arcilla inorganica de baja plasticidad de consistencia media de color café claro <b>CL</b> .	Compactado	0.95	0.90	0.85	50-50-00	4.00	1.7:1	2.00	3/4:1	A.B.C.J
4+340 A 4+800	1	0.30 m	Suelo vegetal	Despalme				100-00-00					
	2	Indefinido	Arena arcillosa poco humeda, medianamente compacta de color café claro <b>SC</b> .	Compactado	0.96	0.91	0.86	60-40-00	4.00	1.7:1	2.00	3/4:1	A.B.D.J

KM. A KM.	ESTRATO		CLASIFICACION ( SUCS )	TRATAM. PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA			CLASIF. PRESUP. A - B - C	TERRAPLEN		CORTE		OBSERV.
	No.	ESP.			90%	95%	100%		BAND.	ALT. MAX.	TALUD	ALT. MAX.	
4+800 A 5+720	1	0.30 m	Suelo vegetal  Arcilla inorganica de baja plasticidad de consistencia firme de color café claro <b>CL</b> .	Despalme  Compactado	1.00	0.96	0.91	100-00-00  70-30-00	4.00	1.7:1	2.00	3/4:1	A,B,C,J
	2	Indefinido											
5+720 A 7+300	1	0.30 m	Suelo vegetal  Arena arcillosa poco humeda compacta de color café claro <b>SC</b> .	Despalme  Compactado	1.03	0.98	0.93	100-00-00  40-60-00	4.00	1.7:1	2.00	3/4:1	A,B,D,J
	2	Indefinido											

KIL. A KIL.	ESTRATO		CLASIFICACION ( SUCS )	TRATAM. PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA			CLASIF. PRESUP. A - B - C	TERRAPLEN		CORTE		OBSERV.
	No.	ESP.			90%	95%	100%		BAND.	ALT. MAX.	TALUD	ALT. MAX.	
7+300 A 7+840	1	0.30 m	Suelo vegetal Arcilla inorganica de baja plasticidad de consistencia firme de color café claro <b>CL</b> .	Despalme Compactado	1.00	0.96	0.91	100-00-00 70-30-00	4.00	1.7:1	2.00	3/4:1	A,B,C,J
	2	Indefinido											
7+840 A 8+340	1	0.30 m	Suelo vegetal Arena arcillosa poco humeda compacta de color café claro <b>SC</b> .	Despalme Compactado	1.03	0.98	0.93	100-00-00 40-60-00	4.00	1.7:1	2.00	3/4:1	A,B,F,G,M
	2	Indefinido											

KM. A KM.	ESTRATO		CLASIFICACION ( SUCS )	TRATAMI. PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA			CLASIF. PRESUP. A - B - C	TERRAPLEN		CORTE		OBSERV.
	No.	ESP.			90%	95%	100%		BAND.	ALT. MAX.	TALUD	ALT. MAX.	
8+340 A 8+680	1	0.30 m	Suelo vegetal	Despalme				100-00-00					
	2	0.40 m	Arena arcillosa poco humeda compacta de color café claro <b>SC</b> .	Compactado	1.03	0.98	0.93	40-60-00	4.00	1.7:1	2.00	3/4:1	A,B,C,J
8+880 A 9+660	1	0.30 m	Suelo vegetal	Despalme				100-00-00					
	2	Indefinido	Arcilla inorganica de baja plasticidad de consistencia muy firme de color café claro <b>CL</b> .	Compactado	1.08	1.02	0.97	80-20-00	4.00	1.7:1	2.00	3/4:1	A,B,C,J

KIL. A KIL.	ESTRATO		CLASIFICACION ( SUCS )	TRATAM. PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA			CLASIF. PRESUP. A - B - C	TERRAPLEN		CORTE		OBSERV.
	No.	ESP.			90%	95%	100%		BAND.	ALT. MAX.	TALUD	ALT. MAX.	
9+860 A 10+780	1	0.30 m	Suelo vegetal	Despalme				100-00-00					
	2	Indefinido	Arcilla inorganica de alta plasticidad de consistencia muy firme de color café claro <b>CH</b> .	Compactado	1.08	1.02	0.97	90-10-00	4.00	1.7:1	2.00	1:1	A,B,C,J
10+780 A 11+800	1	0.30 m	Suelo vegetal	Despalme				100-00-00					
	2	Indefinido	Arena arcillosa poco humeda muy compacta de color café claro <b>SC</b> .	Compactado	1.11	1.05	1.00	20-80-00	4.00	1.7:1	2.00	3/4:1	A,B,F,G,M

KM. A KM.	ESTRATO		CLASIFICACION ( SUCS )	TRATAM. PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA			CLASIF. PRESUP. A - B - C	TERRAPIEN		CORTE		OBSERV.
	No.	ESP.			90%	95%	100%		ALT. MAX.	TALUD	ALT. MAX.	TALUD	
11+800 A 12+400	1	0.30 m	Suelo vegetal	Despalme				100-00-00					
	2	Indefinido	Grava arcillosa compacta de color café claro <b>GC</b> .	Compactado	1.08	1.03	0.98	20-80-00	4.00	1.7:1	2.00	3/4:1	A,B,F,G,M
12+400 A 13+900	1	0.30 m	Suelo vegetal	Despalme				100-00-00					
	2	Indefinido	Arena arcillosa poco humeda compacta de color café claro <b>SC</b> .	Compactado	1.03	0.98	0.93	40-60-00	4.00	1.7:1	2.00	3/4:1	A,B,F,G,M

KM. A KM.	ESTRATO		CLASIFICACION ( SUCS )	TRATAM. PROBABLE	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA			CLASIF. PRESUP. A - B - C	TERRAPLEN		CORTE		OBSERV.
	No.	ESP.			90%	95%	100%		BAND.	ALT. MAX.	TALUD	ALT. MAX.	
13+900 A 14+250. 604	1	0.30 m	Suelo vegetal	Despalme				100-00-00					
	2	Indefinido	Grava arcillosa compacta de color café claro GC.	Compactado	1.08	1.03	0.98	20-80-00	4.00	1.7:1	2.00	3/4:1	A,B,F,G,M

**ANEXO B 1:**  
**TABLAS DE CAPACIDAD DE CARGA EN**  
**CIMENTACIONES DE OBRAS MENORES.**

UBICACIÓN	TIPO DE OBRA Y DIMENSIONES	MATERIAL SOBRE EL QUE SE EFECTUA EL DESPLANTE	ALTURA DEL TERRAPLEN (M)	PROF. DEL DESPLANTE (M)	CAPACIDAD DE CARGA (Kg/cm2)	TIPO DE ARRASTRE	OBSERVACIONES
0+500	L= 1.50 x 1.500 m	Arena limosa poco humeda, medianamente compacta. de color café claro. <b>SM</b>	4.00	1.00 1.50 2.00	13 15 17	FINOS ARENAS GRAVAS	AB
1+000	L= 1.00 x 1.50 m	Arena arcillosa poco humeda, medianamente compacta. de color café claro. <b>SC</b>	4.00	1.00 1.50 2.00	12 13 15	FINOS ARENAS GRAVAS	AB
1+500	L= 6.00 x 5.00 m	Arcilla inorganica de baja plasticidad de consistencia media de color café claro <b>CL</b> .	4.00	1.00 1.50 2.00	5 7 10	FINOS ARENAS GRAVAS	AB
1+740	L= 2.00 X 1.00 m	Arcilla inorganica de baja plasticidad de consistencia media de color café claro <b>CL</b> .	4.00	1.00 1.50 2.00	5 7 10	FINOS ARENAS GRAVAS	AB
2+000	L= 3.00 X 3.00 m	Arcilla inorganica de baja plasticidad de consistencia firme de color café claro <b>CL</b> .	4.00	1.00 1.50 2.00	5 7 10	FINOS ARENAS GRAVAS	AB
2+500	L= 1.00 x 1.00 m	Arena arcillosa poco humeda , compacta. de color café claro. <b>SC</b>	4.00	1.00 1.50 2.00	12 13 15	FINOS ARENAS GRAVAS	AB
2+781.500	L= 3.50 x 3.00 m	Arena arcillosa poco humeda , compacta. de color café claro. <b>SC</b>	4.00	1.00 1.50 2.00	12 13 15	FINOS ARENAS GRAVAS	AB
3+000	L= 1.00 x 1.00 m	Arena arcillosa poco humeda , compacta. de color café claro. <b>SC</b>	4.00	1.00 1.50 2.00	12 13 15	FINOS ARENAS GRAVAS	AB

**OBSERVACIONES**

- A) SE FORMULA LA RECOMENDACIÓN PARA HACER LA CIMENTACIÓN ESPECIAL DE LOSA O TUBO, PREVIENDO ALGUNA MODIFICACION DEL PROYECTO
- B) SE PROYECTARA DENTELLON EN LA ENTRADA Y SALIDA DE LA OBRA CON PROFUNDIDAD MINIMA DE 0.05 M.A PARTIR DEL NIVEL DE DESPLANTE DE LA OBRA, ADEMAS DE ZAMPEAR TODA LA LONGITUD SALVADA POR LA MISMA
- C) LA PROFUNDIDAD DEL DESPLANTE ESTA REFERIDA AL NIVEL OBTENIDO DESPUES DEL DESPALME
- D) EXISTE MATERIAL DE MAMPOSTERIA

L= LOSA      Bm= BOVEDA DE MAMPOSTERIA      C= CAJON      T.C.= TUBO DE CONCRETO      T.L.= TUBO DE LAMINA

UBICACIÓN	TIPO DE OBRA Y DIMENSIONES	MATERIAL SOBRE EL QUE SE EFECTUA EL DESPLANTE	ALTURA DEL TERRAPLEN (M)	PROF. DEL DESPLANTE (M)	CAPACIDAD DE CARGA (Kg/cm2)	TIPO DE ARRASTRE	OBSERVACIONES
3+500	L= 4.00 X 3.00 m	Arena mal graduada poco humeda medianamente compacta de color café claro <b>SP</b> .	4.00	1.00 1.50 2.00	13 15 17	FINOS ARENAS GRAVAS	AB
4+000	L= 3.00 X 2.50 m	Arcilla inorganica de baja plasticidad de consistencia media de color café claro <b>CL</b> .	4.00	1.00 1.50 2.00	5 7 10	FINOS ARENAS GRAVAS	AB
4+500	L= 2.00 X 1.00 m	Arena arcillosa poco humeda , medianamente compacta. de color café claro. <b>SC</b>	4.00	1.00 1.50 2.00	12 13 15	FINOS ARENAS GRAVAS	AB
5+000	L= 2.00 X 2.00 m	Arcilla inorganica de baja plasticidad de consistencia firme de color café claro <b>CL</b> .	4.00	1.00 1.50 2.00	5 7 10	FINOS ARENAS GRAVAS	AB
5+500	L= 2.00 X 1.00 m	Arcilla inorganica de baja plasticidad de consistencia firme de color café claro <b>CL</b> .	4.00	1.00 1.50 2.00	5 7 10	FINOS ARENAS GRAVAS	AB
6+000	L= 2.50 X 1.00 m	Arena arcillosa poco humeda ,compacta. de color café claro. <b>SC</b>	4.00	1.00 1.50 2.00	12 13 15	FINOS ARENAS GRAVAS	AB
6+500	2L= 5.00 X 5.00 m	Arena arcillosa poco humeda ,compacta. de color café claro. <b>SC</b>	4.00	1.00 1.50 2.00	12 13 15	FINOS ARENAS GRAVAS	AB
7+000	L= 2.00 X 2.00 m	Arena arcillosa poco humeda ,compacta. de color café claro. <b>SC</b>	4.00	1.00 1.50 2.00	12 13 15	FINOS ARENAS GRAVAS	AB

**OBSERVACIONES**

- A) SE FORMULA LA RECOMENDACIÓN PARA HACER LA CIMENTACION ESPECIAL DE LOSA O TUBO ,PREVIENDO ALGUNA MODIFICACION DEL PROYECTO
- B) SE PROYECTARA DENTELON EN LA ENTRADA Y SALIDA DE LA OBRA CON PROFUNDIDAD MINIMA DE 0.05 M A PARTIR DEL NIVEL DE DESPLANTE DE LA OBRA, ADEMÁS DE ZAMPEAR TODA LA LONGITUD SALVADA POR LA MISMA
- C) LA PROFUNDIDAD DEL DESPLANTE ESTA REFERIDA AL NIVEL OBTENIDO DESPUES DEL DESPALME
- D) EXISTE MATERIAL DE MAMPOSTERIA

L= LOSA      Bm= BOVEDA DE MAMPOSTERIA      C= CAJON      T.C.= TUBO DE CONCRETO      T.L.= TUBO DE LAMINA

UBICACIÓN	TIPO DE OBRA Y DIMENSIONES	MATERIAL SOBRE EL QUE SE EFECTUA EL DESPLANTE	ALTURA DEL TERRAPLEN (M)	PROF. DEL DESPLANTE (M)	CAPACIDAD DE CARGA (Kg/cm2)	TIPO DE	OBSERVACIONES
7+500	L= 5.00 X 3.50 m	Arcilla inorganica de baja plasticidad de consistencia firme. de color café claro <b>CL</b> .	4.00	1.00 1.50 2.00	5 7 10	ARRASTRE FINOS ARENAS GRAVAS	AB
8+000	L= 1.00 X 1.00 m	Arena arcillosa poco humeda , compacta. de color café claro. <b>SC</b>	4.00	1.00 1.50 2.00	12 13 15	FINOS ARENAS GRAVAS	AB
8+500	L= 2.00 X 1.50 m	Arena arcillosa poco humeda , compacta. de color café claro. <b>SC</b>	4.00	1.00 1.50 2.00	12 13 15	FINOS ARENAS GRAVAS	AB
9+000	L= 6.00 X 5.00 m	Arcilla inorganica de baja plasticidad de consistencia muy firme. de color café claro <b>CL</b> .	4.00	1.00 1.50 2.00	5 7 10	FINOS ARENAS GRAVAS	AB
9+500	L= 4.00 X 3.00 m	Arcilla inorganica de baja plasticidad de consistencia muy firme. de color café claro <b>CL</b> .	4.00	1.00 1.50 2.00	5 7 10	FINOS ARENAS GRAVAS	AB
10+000	L= 1.50 X 1.00 m	Arcilla inorganica de alta plasticidad de consistencia muy firme. de color café claro <b>CH</b> .	4.00	1.00 1.50 2.00	5 7 10	FINOS ARENAS GRAVAS	AB
10+500	L= 6.00 X 5.00 m	Arcilla inorganica de alta plasticidad de consistencia muy firme. de color café claro <b>CH</b> .	4.00	1.00 1.50 2.00	5 7 10	FINOS ARENAS GRAVAS	AB
11+000	L= 5.00 X 3.00 m	Arena arcillosa poco humeda , muy compacta. de color café claro. <b>SC</b>	4.00	1.00 1.50 2.00	12 13 15	FINOS ARENAS GRAVAS	AB

**OBSERVACIONES**

- A) SE FORMULA LA RECOMENDACIÓN PARA HACER LA CIMENTACION ESPECIAL DE LOSA O TUBO, PREVIENDO ALGUNA MODIFICACION DEL PROYECTO
- B) SE PROYECTARA DENTELON EN LA ENTRADA Y SALIDA DE LA OBRA CON PROFUNDIDAD MINIMA DE 0.05 M A PARTIR DEL NIVEL DE DESPLANTE DE LA OBRA, ADEMAS DE ZAMPEAR TODA LA LONGITUD SALVADA POR LA MISMA
- C) LA PROFUNDIDAD DEL DESPLANTE ESTA REFERIDA AL NIVEL OBTENIDO DESPUES DEL DESPALME
- D) EXISTE MATERIAL DE MAMPOSTERIA

L= LOSA    Bm= BOVEDA DE MAMPOSTERIA    C= CAJON    T.C.= TUBO DE CONCRETO    T.L.= TUBO DE LAMINA

UBICACIÓN	TIPO DE OBRA Y DIMENSIONES	MATERIAL SOBRE EL QUE SE EFECTUA EL DESPLANTE	ALTURA DEL TERRAPLEN (M)	PROF. DEL DESPLANTE (M)	CAPACIDAD DE CARGA (Kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE	OBSERVACIONES
11+700	L= 1.00 X 1.00 m	Arena arcillosa poco humeda , muy compacta. de color café claro. <b>SC</b>	4.00	1.00	12	ARRASTRE FINOS	AB
12+000	L= 2.00 X 2.00 m	Grava arcillosa compacta.de color café claro <b>GC</b> .	4.00	1.00	10	FINOS	AB
12+500	L= 3.00 X 2.00 m	Arena arcillosa poco humeda, medianamente compacta. de color café claro. <b>SC</b>	4.00	1.00	12	FINOS	AB
13+000	L= 1.00 X 1.00 m	Arena arcillosa poco humeda ,compacta. de color café claro. <b>SC</b>	4.00	1.00	12	FINOS	AB
13+500	L= 5.00 X 3.50 m	Arena arcillosa poco humeda ,compacta. de color café claro. <b>SC</b>	4.00	1.00	12	FINOS	AB
14+000	L= 1.00 X 1.00 m	Grava arcillosa compacta.de color café claro <b>GC</b> .	4.00	1.00	10	FINOS	AB
				2.00	15	GRAVAS	
				1.50	13	ARENAS	
				2.00	15	GRAVAS	
				1.50	13	ARENAS	
				2.00	15	GRAVAS	
				1.00	10	FINOS	
				1.50	12	ARENAS	
				2.00	15	GRAVAS	

**OBSERVACIONES**

A) SE FORMULA LA RECOMENDACIÓN PARA HACER LA CIMENTACION ESPECIAL DE LOSA O TUBO, PREVIENDO ALGUNA MODIFICACION DEL PROYECTO  
 B) SE PROYECTARA DENTELON EN LA ENTRADA Y SALIDA DE LA OBRA CON PROFUNDIDAD MINIMA DE 0.05 M A PARTIR DEL NIVEL DE DESPLANTE DE LA OBRA, ADEMAS DE ZAMPEAR TODA LA LONGITUD SALVADA POR LA MISMA  
 C) LA PROFUNDIDAD DEL DESPLANTE ESTA REFERIDA AL NIVEL OBTENIDO DESPUES DEL DESPALME  
 D) EXISTE MATERIAL DE MAMPOSTERIA

L= LOSA      Bm= BOVEDA DE MAMPOSTERIA      C= CAJON      T.C.= TUBO DE CONCRETO      T.L.= TUBO DE LAMINA

UBICACIÓN	TIPO DE OBRA Y DIMENSIONES	MATERIAL SOBRE EL QUE SE EFECTUA EL DESPLANTE	ALTURA DEL TERRAPLEN (M)	PROF. DEL DESPLANTE (M)	CAPACIDAD DE CARGA (Kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE	OBSERVACIONES
11+700	L= 1.00 X 1.00 m	Arena arcillosa poco humeda , muy compacta. de color café claro. <b>SC</b>	4.00	1.00	12	ARRASTRE FINOS	AB
12+000	L= 2.00 X 2.00 m	Grava arcillosa compacta.de color café claro <b>GC</b> .	4.00	1.00	10	FINOS	AB
12+500	L= 3.00 X 2.00 m	Arena arcillosa poco humeda, medianamente compacta. de color café claro. <b>SC</b>	4.00	1.50	12	ARENAS	AB
13+000	L= 1.00 X 1.00 m	Arena arcillosa poco humeda ,compacta. de color café claro. <b>SC</b>	4.00	2.00	15	GRAVAS	AB
13+500	L= 5.00 X 3.50 m	Arena arcillosa poco humeda ,compacta. de color café claro. <b>SC</b>	4.00	1.00	12	FINOS	AB
14+000	L= 1.00 X 1.00 m	Grava arcillosa compacta.de color café claro <b>GC</b> .	4.00	1.50	13	ARENAS	AB
				2.00	15	GRAVAS	AB
				1.00	12	FINOS	AB
				1.50	13	ARENAS	AB
				2.00	15	GRAVAS	AB
				1.00	10	FINOS	AB
				1.50	12	ARENAS	AB
				2.00	15	GRAVAS	AB

**OBSERVACIONES**

- A) SE FORMULA LA RECOMENDACIÓN PARA HACER LA CIMENTACION ESPECIAL DE LOSA O TUBO, PREVIENDO ALGUNA MODIFICACION DEL PROYECTO
- B) SE PROYECTARA DENTELON EN LA ENTRADA Y SALIDA DE LA OBRA CON PROFUNDIDAD MINIMA DE 0.05 M A PARTIR DEL NIVEL DE DESPLANTE DE LA OBRA, ADEMAS DE ZAMPEAR TODA LA LONGITUD SALVADA POR LA MISMA
- C) LA PROFUNDIDAD DEL DESPLANTE ESTA REFERIDA AL NIVEL OBTENIDO DESPUES DEL DESPALME
- D) EXISTE MATERIAL DE MAMPOSTERIA

L= LOSA      Bm= BOVEDA DE MAMPOSTERIA      C= CAJON      T.C.= TUBO DE CONCRETO      T.L.= TUBO DE LAMINA

**ANEXO C:**  
**BANCOS DE MATERIALES.**

BANCO No.	DENOMINACION	LOCALIZACION	CLASIFICACION SOP	CLAS.PRESUPUESTO			DESPALME APROXIMADO	UTILIZACION	TRATAMIENTO	VOLUMEN APROX.M3
				A	B	C				
1	LA PALOTADA	Ubicado en la carretera janos- agua prieta en el km 15+400 con desviacion Izquierda a 200m en terraceria y referenciado al eje de trazo con 35.800m del km 0+000	Arena mal graduada medianamente compacta de color café claro <b>SP.</b>	80	20	0	0.30	Subrasante Subyacente C.de terraplen	Compactado	1,350,000
2	ARROYO SAN FRANCISCO	Ubicado en la carretera janos- agua prieta en el km 58+900 con desviacion Izquierda 3000m en terraceria y referenciado al eje de trazo con 10.900m del km 0+000	Arena mal graduada medianamente compacta de color café claro <b>SP.</b>	80	20	0	0.30	Subrasante Subyacente C.de terraplen	Compactado	400,000

BANCO No.	DENOMINACION	LOCALIZACION	CLASIFICACION SOP	CLAS. PRESUPUESTO			DESPALME APROXIMADO	UTILIZACION	TRATAMIENTO	VOLUMEN APROX.M3
				A	B	C				
1	Banco Javier Saenz	Ubicado en la carretera Cd. Juarez-Janos en el km 172+000 con desviacion derecha a 6000 mts en camino de terraceria y referenciado al eje de trazado con 85,000 mts del km 0+000	Grava arena de rio mal graduada con fragmentos de roca grandes aislados, medianos y chicos <b>GF-Fgmc.</b>	20	80	0	0.30	Base hidraulica  Carpeta asfaltica  Riego de sello	Triturado parcial y cribado para obtener tamafio maximo de 1 1/2"  Triturado parcial y cribado para obtener tamafio maximo de 3/4"  Triturado parcial y cribado para obtener material según especificaciones	3,150,000

**REPORTE FOTOGRAFICO**  
**BANCOS DE MATERIALES (BASE)**



Fotografía 1.- Banco de materiales denominado como Javier Sáenz ubicado en el km 172+000 de la carretera Cd. Juárez-Janos con 6,000 metros desviación derecha en terracería y referenciado al eje de trazo con desviación derecha a 85,000 metros del Km 0+000, propuesto para ser empelado como: base hidráulica, base asfáltica, carpeta asfáltica y riego de sello.



Fotografía 2.- Vista del banco Javier Sáenz.



Fotografía 3.- Otra vista del banco Javier Sáenz.



Fotografía 4.- Zona de cribas y trituradoras del banco Javier Sáenz.



Fotografía 5.- Zona de trituradoras del banco Javier Sáenz.



Fotografía 6.- Otra vista del banco Javier Sáenz.

### **REPORTE FOTOGRAFICO**

#### **BANCOS DE MATERIALES (SUBRASANTE)**



Fotografía 1.- Banco de materiales denominado como La Palotada propuesto para ser empleado como subrasante, subyacente y cuerpo de terraplén ubicado en el Km 15+400 de la carretera Janos-Agua prieta con 200 metros desviación izquierda en terracería y referenciado al eje de trazo a 35,800 metros del Km 0+000.



Fotografía 2.- Vista oeste del banco La Palotada.



Fotografía 3.- Otra vista del banco La Palotada.



Fotografía 4.- el banco La Palotada.



Fotografía 6.- Banco de materiales denominado como Arroyo San Francisco propuesto para ser empleado como subrasante, subyacente y cuerpo de terraplén, ubicado en el km 58+900 de la carretera Janos-Agua Prieta con 3000 metros desviación izquierda y referenciado al eje del trazo con 10,900 metros del km 0+000 .



Fotografía 7.- Vista norte del banco Arroyo San Francisco.



Fotografía 8.- Otra vista del banco Arroyo San Francisco.



Fotografía 9.- El banco Arroyo San Francisco.



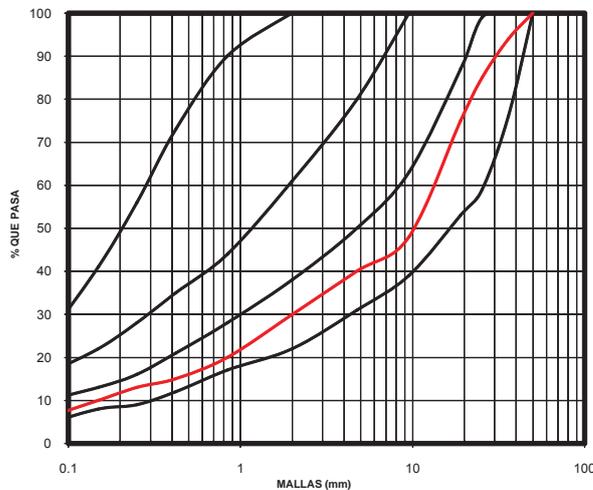
Fotografía 10.- Banco Arroyo San Francisco.

**REPORTE DE ENSAYE DE MATERIALES PARA SUB - BASE Y BASE**

OBRA:	CARR.E.C.JANOS/AGUA PRIETA-EL BERR.	ENSAYE No.	4500
TRAMO:	CARR.E.C.JANOS/AGUA PRIETA-EL BERR.	FECHA DE RECIBO:	Sep.2010
LOCALIZACION:	DE KM 0+000 AL KM 14+250.604	FECHA DE INFORME:	Sep.2010
MUESTRA DE:	BASE HIDRAULICA	(Frente principal)	

P.E. Seco y Suelto, kg/m <sup>3</sup>	1617	Limite Liquido, %	23.00
P.E. Seco y Maximo, kg/m <sup>3</sup>	1857	Limite Plastico, %	INAP.
Humedad Optima, %	6.10	Indice Plastico, %	N.P.
V.R.S. (Estandar), %	100	Contraccion lineal,%	0.50
Expansion, %	0.00	Equivalente de Arena, %	57
Absorcion, %	3.30	Valor Cementante,kg/cm <sup>2</sup>	INAP.
Densidad	2.43	Clasificacion S.U.C.S.	<b>GP</b>

**GRÁFICA DE COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA**



**Composicion Granulometrica**

Malla	Abertura (mm)	% Que pasa
2"	50.0	100
1 1/2"	37.5	94
1"	25.0	85
3/4"	19.0	75
3/8"	9.50	48
No. 4	4.75	40
No. 10	2.00	30
No. 20	0.85	20
No. 40	0.425	15
No. 60	0.25	13
No. 100	0.15	10
No. 200	0.075	6
Desperdicio, % 2"=	0	0

**OBSERVACIONES:**

El material cumple para ser empleado como base hidraulica,carpeta asfaltica y riego de sello.

**INFORME DE BANCOS DE MATERIAL**

OBRA:	E.C. JANOS/AGUA PRIETA-EL BERRENDO	ENSAYES:	4503-4504-4505
TRAMO:	E.C. JANOS/AGUA PRIETA-EL BERRENDO	FECHA DE RECIBO:	Septiembre-2010
LOCALIZACION:	E.C. JANOS-AGUA PRIETA (0+000)	FECHA DE INFORME:	Septiembre-2010

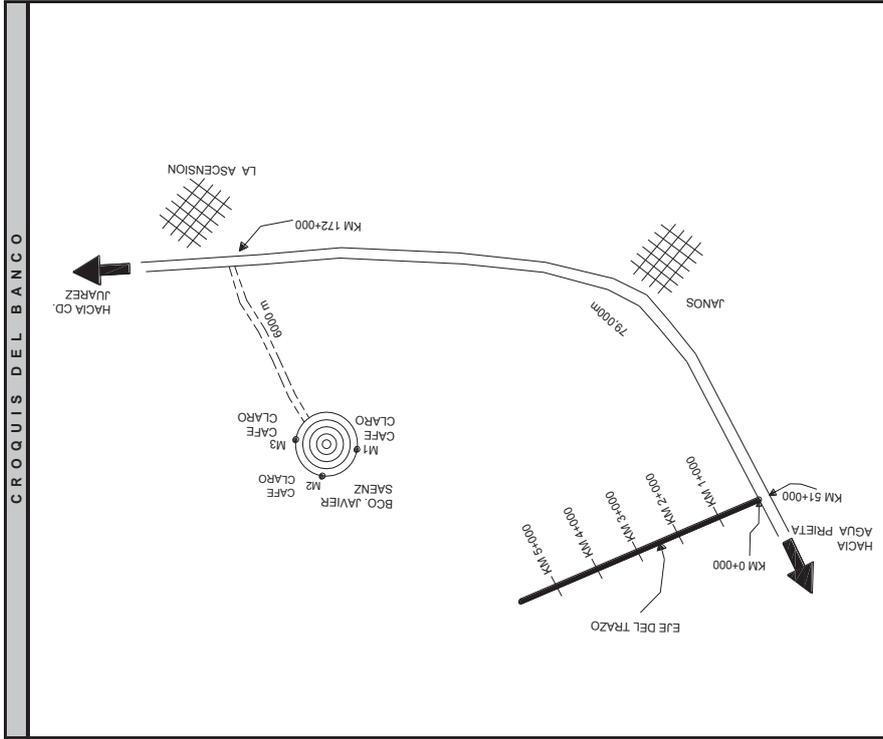
IDENTIFICACION.	BANCO	ARROYO SAN FRANCISCO			
	LOCALIZACION	Ubicado en la carretera janos-agua prieta en el km 58+900 con desviacion izquierda a 3000 matros en terraceria y referenciado al eje de trazo con 10,900 metros del km 0+000.			
	SONDEO	3691	3692	3693	
	DESPALME	0.30	0.30	0.30	

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMAÑO MAXIMO	2"	1½"	2"
	%RET. EN LA MALLA 75 mm	0.0	0.0	0.0
	% QUE PASA MALLA DE 4.75 mm	57	55	52
	% QUE PASA MALLA DE 0.425 mm	8	10	7
	% QUE PASA MALLA DE 0.075 mm	1	3	2
	EQUIVALENTE DE HUM. DE CAMPO (%)			
	LIMITE LIQUIDO %	34	33	35
	LIMITE PLASTICO %	INAP.	INAP.	INAP.
	INDICE PLASTICO %	N.P.	N.P.	N.P.
	CONTRACCION LINEAL %	0.00	0.00	0.00
	P.E.S. SUELTO Kg/m³	1541	1585	1551
	P.E.S. MAXIMO Kg/m³	1912	1990	1895
	HUMEDAD OPTIMA %	7.50	7.10	6.90
	HUMEDAD NATURAL %			
	COMPACTACION DEL LUGAR %			
V.R.S. ESTANDAR SATURADO	81	83	80	
EXPANSION %	0.10	0.15	0.12	
CLASIFICACION S.O.P.	SP	SP	SP	

ESTUDIO DE ESPESORES	TIPO DE PRUEBA					
	CURVA DE PROYECTO					
	CONDICIONES DEL LUGAR	H. DE PRUEBA (%)				
		V.R.S. (%)				
		Esp.requerido, cm				
	90% DE COMP.	H. DE PRUEBA (%)	10.5	11.3	10.2	
		V.R.S. (%)	11.1	13.1	9.5	
		Esp.requerido, cm				
	95% DE COMP.	H. DE PRUEBA (%)	9	10.3	11.6	
		V.R.S. (%)	48.7	42.9	43.1	
		Esp.requerido, cm				
	100% DE COMP.	H. DE PRUEBA (%)	7.5	8.4	8.1	
V.R.S. (%)		82.4	79.2	77.6		
Esp.requerido, cm						

**OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:**

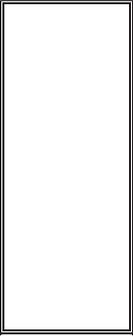
EL MATERIAL ANALIZADO ES SUCEPTIBLE DE SER EMPLEADO COMO CAPA DE SUBRASANTE, SUBYACENTE Y CUERPO DE TERRAPLEN.



DATOS GENERALES DEL BANCO	
Denominación:	Javier Saenz
Ubicación:	Ubicado en la carretera Cd Juárez-Janos en el KM 172+000 con desviación derecha a 6000 mts en terracería y referenciado al eje de trazo con 85,000m del km. 0+000
Capacidad del Banco en m³	3,150,000
Vol. De Material aprov. Estudiado m³	500,000
Empleo del Material:	Base hidráulica, Carpeta asfáltica y Riego de sell.
Tratamiento	Triturado parcial y cribado TPC.
Tamaño Máximo de las Partículas:	-----
% de Partículas > 2"	-----
% de Partículas > 1 1/2"	-----
% de Partículas > 3/4"	-----
Observaciones	De uso conveniente.
Propietario:	Ing. Javier Saenz

PERFIL ESTRATIGRAFICO		
ESTRATO	ESPESOR APROX.	CLASIFICACION
		GEOLOGIA
NO.	M	A B C
		100-00-00
1	0.30	Terreno vegetal
2	Indefinido	Grava arena de río mal graduada con fragmentos de rocas grandes, asidos medianos y chicos GP-Fgmc.
		20-80-00



CARRETERA:	E.C. JANOS/AGUA PRIETA-EL BERRENDO	TRAMO:	E.C. JANOS/AGUA PRIETA-EL BERRENDO
SUBTRAMO:	DE KM 0+000 AL KM 14+250.604	ORIGEN:	E.C. JANOS-AGUA PRIETA(0+000)





**ANEXO C1:  
DISEÑO MARSHALL.**

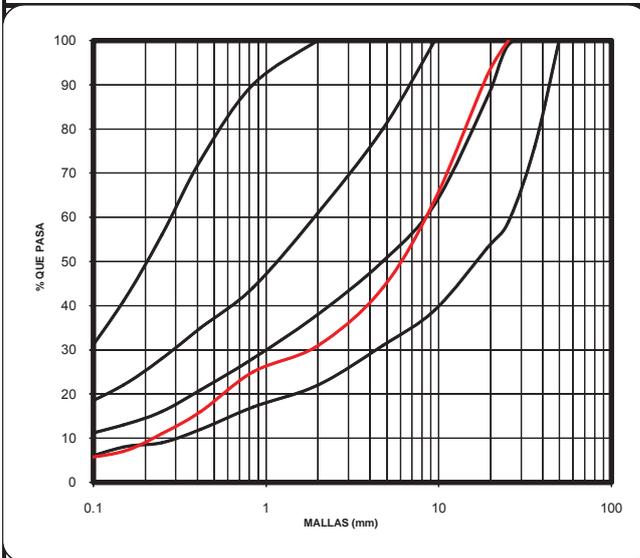
BANCO No.	DENOMINACION	LOCALIZACION	CLASIFICACION SOP	CLAS.PRESUPUESTO			DESPALME APROXIMADO	UTILIZACION	TRATAMIENTO	VOLUMEN APROX.M3
				A	B	C				
1	Banco San Francisco de la Sierra	Ubicado en el km 1+000 de la carretera San Francisco de la Sierra-Guerrero Negro con 1000 mts en des- viacion izquierda en terracera y referenci- ado al eje de trazo con desviacion dere- cha a 56,000 mts del km 17+000	Grava arena de rio mal graduada ligeramente alterada al atacarse dara fragmentos de roca grandes, medianos y chicos <b>GP-Fgm c.</b>	0	90	10	0.30	Base hidraulica  Carpeta asfaltica  Riego de sello	Triturado parcial y cribado para obtener tamano maximo de 1 1/2"  Triturado parcial y cribado para obtener tamano maximo de 3/4"  Triturado parcial y cribado para obtener material según especificaciones	16,000,000

**REPORTE DE ENSAYE DE MATERIALES PARA SUB - BASE Y BASE**

OBRA:	CARR.TRANS.DE BAJA CALIFORNIA	ENSAYE No.	
TRAMO:	SAN IGNACIO-LA PURISIMA	FECHA DE RECIBO:	
LOCALIZACION:	DE KM 17+000 AL KM 57+000	FECHA DE INFORME:	
MUESTRA DE:	BASE HIDRAULICA	(Frente principal)	

P.E. Seco y Suelto, kg/m³	1655	Limite Liquido, %	20.00
P.E. Seco y Maximo, kg/m³	2073	Limite Plastico, %	INAP.
Humedad Optima, %	6.9	Indice Plastico, %	N.P.
V.R.S. (Estandar), %	100	Contraccion lineal, %	1.0
Expansion, %	0.10	Equivalente de Arena, %	52
Absorcion, %	2.97	Valor Cementante,kg/cm²	INAP.
Densidad	2.44	Clasificacion S.U.C.S.	<b>GP</b>

GRÁFICA DE COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA

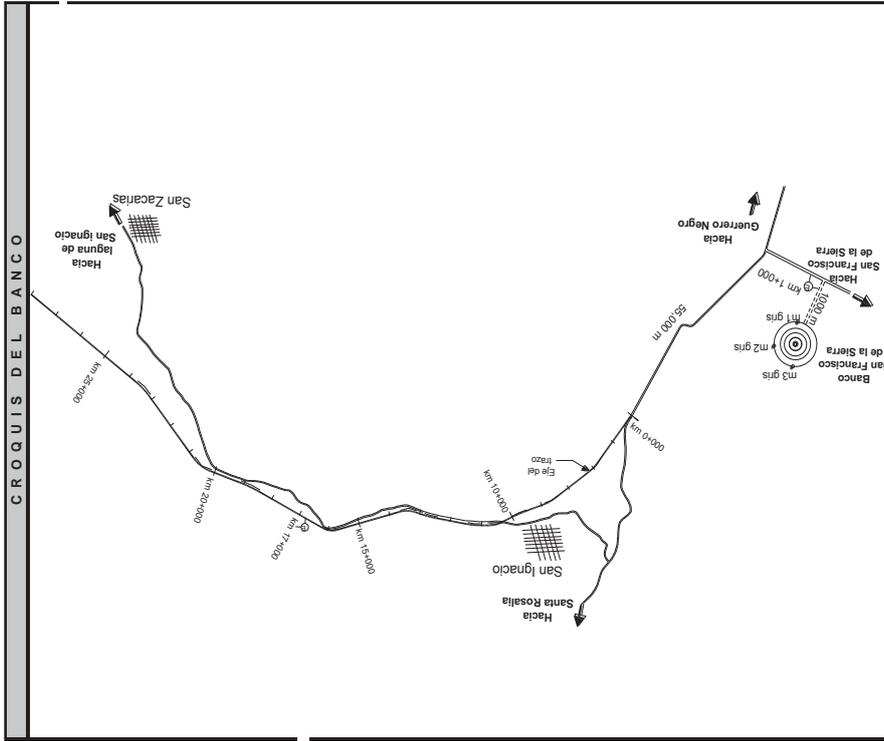


Composicion Granulometrica

Malla	Abertura (mm)	% Que pasa
2"	50.0	0
1 1/2"	37.5	0
1"	25.0	100
3/4"	19.0	92
3/8"	9.50	64
No.4	4.75	44
No.10	2.00	31
No. 20	0.85	25
No. 40	0.425	16
No. 60	0.25	11
No. 100	0.15	7
No. 200	0.075	5
Desperdicio, % 2"=	0	

OBSERVACIONES:

El material cumple para ser empleado como base hidraulica,carpeta asfaltica y riego de sello.



DATOS GENERALES DEL BANCO			
Denominación:	San Francisco de la Sierra		
Ubicación:	Ubicado en el KM 1+000 de la carretera San Francisco de la Sierra- Guerrero Negro con 1000 mts desviación izquierda en terracería y referenciado al eje de trazo con desviación derecha a 56,000 mts del km. 17+000		
Capacidad del Banco en m³	16,000,000		
Vol. De Material aprov. Estudiado m³	500,000		
Empleo del Material.	Base hidráulica, Carpeta asfáltica y Riego de sell.		
Tratamiento	Triturado parcial y cribado 1PC.		
Tamaño Máximo de las Partículas.	-----		
% de Partículas > 2"	-----		
% de Partículas > 1 1/2"	-----		
% de Partículas > 3/4"	-----		
Observaciones	De uso conveniente.		
Propietario:	Propiedad privada		
PERFIL ESTRATIGRAFICO			
ESTRATO NO.	CLASIFICACION		
	ESPESES APROX.	GEOLOGIA	
M	A B C	PRESUPUESTO	
1	0.30	Terreno vegetal	100.00-00
2	Indefinido	Grava arena de río mal graduada ligeramente alejada al abanarse otra fragmentos de roca grandes, mediana y chicos GP-Fgmc.	00.30-10

San Francisco de la Sierra

SAN IGNACIO-LA PURISIMA  
SAN IGNACIO (0+000)

CARRETERA: TRANSP-DE BAJA CALIFORNIA TRAMO:  
SUBTRAMO: DE KM 17+000 AL KM 57+000 ORIGEN:

DATOS DEL MUESTREO		
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	GRAVA TRITURADA	PARA USARSE EN: DISEÑO MARSHALL
TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO:	GRAVA TRITURADA 1" A 3/8"	
CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO:	ALMACEN DE PLANTA	
UBICACIÓN DEL BANCO: Ubicado en la carretera Cd Juarez-Janos en el KM 172+000 con desviación derecha a 6000 mts en terracería y referenciado al eje de trazo con 85,000 mts. del km 0+000. BANCO JAVIER SAENZ		
VIAJE NO.	TENDIDO EN KM	AL KM CPO FRANJA
TEMP. DE LA MEZCLA AL SALIR DE LA PLANTA		% EN EL TENDIDO AL INICIAR LA COMPACT.
CARACTERISTICAS DEL MATERIAL PETREO		
COMPOSICION GRANULOMETRICA		
MALLAS NO.	% QUE PASA	DEL PROYECTO
25,000	100	
19,000	100	99
12,500	100	93
9,500	90	80
6,300	69	61
4,750	59	49
2,000	35	32
0,850	22	21
0,425	16	14
0,250	13	11
0,150	10	7
0,075	6	4
GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA		
P.E.S.suelto(kg/m³)	1287	
PE (YP)		
ABSORCION	2.80	
DESGASTE		30% max
DENSIDAD	2.46	2.4 min.
P.ALARGADAS		35% max
P.LAJEADAS		35% max
EQ. DE ARENA		50% min
CON.LINEAL		
CARACTERISTICAS DEL ESPECIMEN		ESPECIFIC.
PE Kg/m³		
ESTABILIDAD Kg		817-min
FLUJO mm		2-3.5
VACIOS %		3-5
V.A.M. %		14 min.
CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA		DEL PROYECTO
CONTENIDO DE ASFALTO (%)		
ADITIVO USADO		
MARCA		
TIPO		
CANTIDAD		
AFINIDAD		
CARACTERISTICAS DEL ASFALTO		
TIPO		AC-20
PENETRACION		
VISCOCIDAD		
TEMP.COMPACTACION		
TEMP. DE MEZCLADO		
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:		
MEZCLA DE FINOS Y GRAVAS A UTILIZARCE EN LA ELABORACION DE DISEÑO MARSHALL		

DATOS DEL MUESTREO		
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	SELLO TRITURADO	PARA USARSE EN: DISEÑO MARSHALL
TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO:	SELLO TRITURADO 3/4" A No.4	
CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO:	ALMACEN DE PLANTA	
UBICACIÓN DEL BANCO: Ubicado en la carretera Cd. Juarez-Janos en el KM 172+000 con desviación derecha a 6000 mts en terracería y referenciado al eje de trazo con 85,000 mts. del km 0+000. BANCO JAVIER SAENZ		
VIAJE NO.	TENDIDO EN KM	AL KM CPO FRANJA
TEMP. DE LA MEZCLA AL SALIR DE LA PLANTA		%c EN EL TENDIDO AL INICIAR LA COMPACT.
CARACTERISTICAS DEL MATERIAL PETREO		
COMPOSICION GRANULOMETRICA		
MALLAS NO.	% QUE PASA	DEL PROYECTO
25,000	100	
19,000	100	99
12,500	100	93
9,500	90	80
6,300	69	61
4,750	59	49
2,000	35	32
0,850	22	21
0,425	16	14
0,250	13	11
0,150	10	7
0,075	6	4

CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA	DEL PROYECTO
CONTENIDO DE ASFALTO (%)	
ADITIVO USADO	
MARCA	
TIPO	
CANTIDAD	
AFINIDAD	

P.E.S.suelo(kg/m <sup>3</sup> )	1560
PE (YP)	
ABSORCION	
DESGASTE	30% max
DENSIDAD	2.4 min.
P.ALARGADAS	35% max
P.LAJEADAS	35% max
EQ. DE ARENA	48.00%
CON LINEAL	50% min

CARACTERISTICAS DEL ESPECIMEN	ESPECIFIC.
PE Kg/m <sup>3</sup>	
ESTABILIDAD Kg	817-min
FLUJO mm	2-3.5
VACIOS %	3-5
V.A.M. %	14 min.

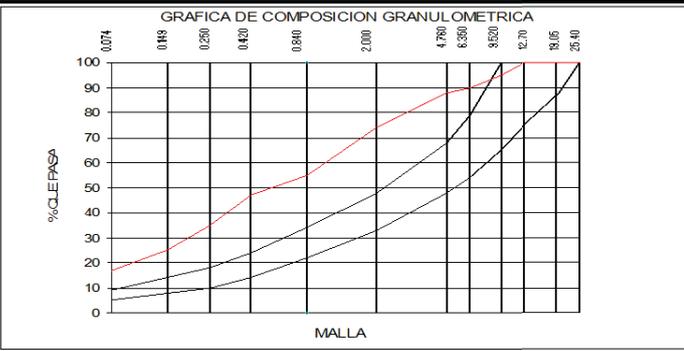
CARACTERISTICAS DEL ASFALTO	
TIPO	AC-20
PENETRACION	
VISCOSIDAD	
TEMP.COMPACTACION	
TEMP. DE MEZCLADO	

**OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:**

MATERIAL PETREO A UTILIZARSE EN LA ELABORACION DE DISEÑO MARSHALL

DATOS DEL MUESTREO			
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	<u>ARENA CRIBADA</u>	PARA USARSE EN: <u>DISEÑO MARSHALL</u>	
TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO:	<u>ARENA CRIBADA 3/8" A FINOS</u>		
CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO:	<u>ALMACEN DE PLANTA</u>		
UBICACIÓN DEL BANCO: Ubicado en la carretera Cd Juarez-Janos en el KM 172+000 con desviación derecha a 6000 mts en terracería y referenciado al eje de trazo con 85,000 mts. del km 0+000. BANCO JAVIER SAENZ			
VIAJE NO.	TENDIDO EN KM	AL KM	CPO
TEMP. DE LA MEZCLA AL SALIR DE LA PLANTA		%c EN EL TENDIDO	
		FRANJA	
		AL INICIAR LA COMPACT.	

COMPOSICION GRANULOMETRICA		
MALLAS NO.	% QUE PASA	DEL PROYECTO
25,000	100	
19,000	100	99
12,500	100	93
9,500	90	80
6,300	69	61
4,750	59	49
2,000	35	32
0,850	22	21
0,425	16	14
0,250	13	11
0,150	10	7
0,075	6	4



P.E.S.suello(kg/m <sup>3</sup> )	<u>1560</u>	
PE (YP)		
ABSORCION		
DESGASTE		30% max
DENSIDAD		2.4 min.
P.ALARGADAS		35% max
P.LAJEADAS		35% max
EQ. DE ARENA	<u>48.00%</u>	50% min
CON LINEAL		

CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA	DEL PROYECTO
CONTENIDO DE ASFALTO (%)	
ADITIVO USADO	
MARCA	
TIPO	
CANTIDAD	
AFINIDAD	

CARACTERISTICAS DEL ESPECIMEN	ESPECIFIC.
PE Kg/m <sup>3</sup>	
ESTABILIDAD Kg	817-min
FLUJO mm	2-3.5
VACIOS %	3-5
V.A.M. %	14 min.

CARACTERISTICAS DEL ASFALTO	
TIPO	<u>AC-20</u>
PENETRACION	
VISCOSIDAD	
TEMP. COMPACTACION	
TEMP. DE MEZCLADO	

**OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:**

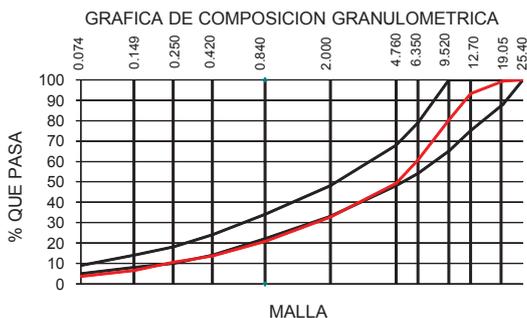
MATERIAL PETREO A UTILIZAR EN LA ELABORACION DE DISEÑO MARSHALL

**DATOS DEL MUESTREO**

DESCRIPCION DEL MATERIAL: CURVA AJUSTADA PARA USARSE EN: DISEÑO MARSHALL  
 TRATAMIENTO PREVIO AL MUESTREO: GRAVA 1" A 3/8", SELLO 3/4" A No.4 y ARENA 3/8" A FINOS.  
 CLASE DE DEPOSITO MUESTREADO: \_\_\_\_\_  
 UBICACIÓN DEL BANCO: Ubicado en la carretera Cd Juarez-Janos en el KM 172+000 con desviación derecha a 6000 mts en terracería y referenciado al eje de trazo con 85,000 mts. del km 0+000. BANCO JAVIER SAENZ  
 VIAJE NO. \_\_\_\_\_ TENDIDO EN KM \_\_\_\_\_ AL KM \_\_\_\_\_ CPO \_\_\_\_\_ FRANJA \_\_\_\_\_  
 TEMP. DE LA MEZCLA AL SALIR DE LA PLANTA \_\_\_\_\_ °C EN EL TENDIDO \_\_\_\_\_ AL INICIAR LA COMPACT.

**CARACTERISTICAS DEL MATERIAL PETREO**

COMPOSICION GRANULOMETRICA		
MALLAS NO.	% QUE PASA	DEL PROYECTO
25,000	100	100
19,000	100	99
12,500	100	93
9,500	90	80
6,300	69	61
4,750	59	49
2,000	35	32
0,850	22	21
0,425	16	14
0,250	13	11
0,150	10	7
0,075	6	4



P.E.S.suelto(kg/m³)	SIN NORMA	1520 kg/m³
PE (YP)	SIN NORMA	
ABSORCION		2.36%
DESGASTE	30% max	19%
DENSIDAD		95%
P.ALARGADAS	35% max	28%
P.LAJEADAS	35% max	26%
EQ. DE ARENA	50% max	56%
CON.LINEAL		0.5

CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA		DEL PROYECTO
CONTENIDO DE ASFALTO (%)		6.5
ADITIVO USADO		
MARCA		NO SE USO
TIPO		ADITIVO
CANTIDAD		
AFINIDAD		

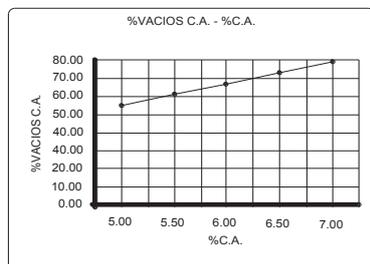
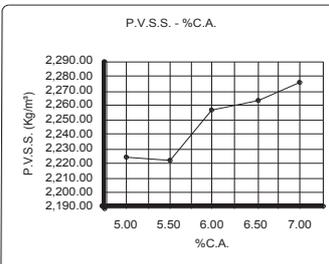
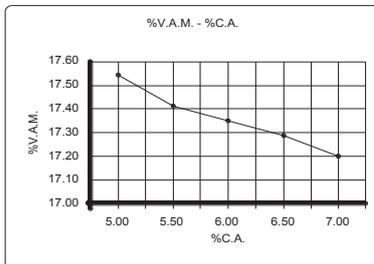
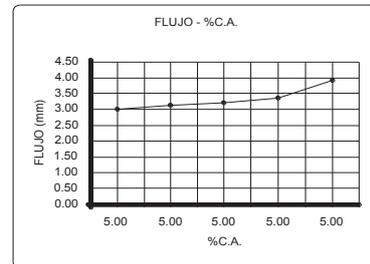
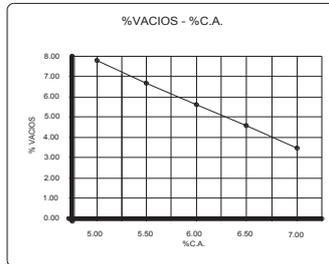
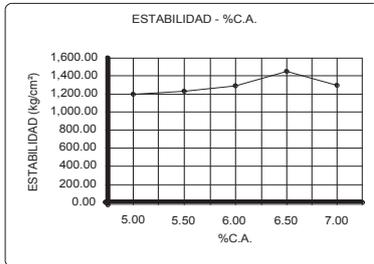
CARACTERISTICAS DEL ESPECIMEN	ESPECIFIC.
PE Kg/m³	1520 SIN NORMA
ESTABILIDAD Kg	1459.02 800-min
FLUJO mm	3.38 2-3.5mm
VACIOS %	4.62 3-5
V.A.M. %	17.29 19 min.

CARACTERISTICAS DEL ASFALTO	
TIPO	AC-30
PENETRACION	50
VISCOCIDAD	310
TEMP.COMPACTACION	150 ° C
TEMP. DE MEZCLADO	160 ° C

**OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:**

DISEÑO MARSHALL DE CONCRETO ASFALTICO A EMPLEARSE SOBRE LA CARPETA DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES DE PROYECTO.

GRAFICAS DE LA PRUEBA MARSHALL



CONCEPTO	NORMA SCT	ENSAYE
ESTABILIDAD	800.00 Kg Minimo	1347.36 KG
FLUJO	2.0 a 3.5 mm	3.27 MM
%VACIOS	3.0 a 5.0 %	4.01 %
%V.A.M.	14.0 % Minimo	15.08 %
P.V.S.	SIN NORMA	2293.72 KG/M³

EL CONTENIDO OPTIMO PARA LA ELABORACION DE LA MEZCLA ASFALTICA ES DEL:  
% C.A. 5.50



**REPORTE FOTOGRAFICO**  
**BANCOS DE MATERIALES (BASE)**



Fotografía 1.- Banco de materiales denominado como San Francisco de la Sierra ubicado en el km 1+000 de la carretera San Francisco de la Sierra-Guerrero Negro con 10,000 metros desviación izquierda en terracería y referenciado al eje de trazo con desviación derecha a 50,000 metros del Km 17+000, propuesto para ser empelado como: base hidráulica, base asfáltica, carpeta asfáltica y riego de sello.



Fotografía 2.- Vista del banco San Francisco de la Sierra.



Fotografía 3.- Otra vista del banco San Francisco de la Sierra.



Fotografía 4.- Zona de cribas y trituradoras del banco San Francisco de la Sierra.



Fotografía 5.- Zona de trituradoras del banco San Francisco de la Sierra.



Fotografía 6.- Planta de asfalto móvil del banco San Francisco de la Sierra.

**ANEXO D:**  
**MEMORIA DE CÁLCULO DE PAVIMENTOS.**

**DISEÑO DE PAV. DE JANOS/AGUA PRIETA-EL BERRENDO**

Introduzca los siguientes datos :

990 TDPA en el carril de proyecto (en vehículos) :

4 Tasa de crecimiento anual del tránsito (en %) :

Periodo de proyecto, en años : 15

Se necesita conocer el tipo de camino

1. Tipo A

Se requiere conocer la composición del tránsito, introduzca el porcentaje de cada tipo de vehículo.

Automóvil articulado	A : 78.7	Tractocamión	T2-S1 :
			T2-S2 :
Autobús	B2 : 4.3		T3-S2 : 3.0
	B3 :		T3-S3 : 1.0
	B4 :	Tractocamión doblemente articulado	
			T2-S1-R2 :
Camión unitario	C2 : 8.3		T3-S1-R2 :
	C3 : 3.8		T3-S2-R2 :
			T3-S2-R3 : 0.3
			T3-S2-R4 : 0.6
Camión remolque			T3-S3-S2 :
	C2-R2 :		
	C3-R2 :		
	C3-R3 :		
	C2-R3 :		

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

Z = 5 cm	Z = 15 cm	Z = 30 cm	Z = 60 cm	Z = 90 cm	Z = 120 cm
5.1	4.9	5.5	7.0	7.5	7.6

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

- (a) Por fatiga en las capas estabilizadas : 5.1
- (b) Por deformación en capas no estabilizadas : 7.5

Capa	VRSz	VRS	Mod de rigidez	Poisson
Carpeta			28000	0.35
Base granular	100	100	3265	0.35
Subrasante	38	20	1657	0.45
Terracería	8	8	536	0.45

Introduzca el nivel de confianza que prefiere :90

### 1ER.PROPUUESTA

#### DATOS Y RESULTADOS DEL DISEÑO

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño : 90 %

Capa	H	VRSz	E	V	Vida previsible
cm	%	kg/cm <sup>2</sup>	DefFatiga		
Carpeta	9.0		28000	0.35	> 150
Base asfáltica	10.0		25000	0.35	18.8
Base granular	15.0	100.0	3265	0.35	> 150
Subrasante	80.0	38.0	1657	0.45	10.3
Terracería	Semi-inf	7.6	536	0.45	> 150
		Vida previsible		Tránsito proyecto	
Deformación		10.3		7.5	
Fatiga		18.8		5.1	

La vida previsible es mayor que el tránsito de proyecto.  
Tolerancia = Tránsito de proyecto +/- 10%.

### 2DA.PROPUUESTA

#### DATOS Y RESULTADOS DEL DISEÑO

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño : 90 %

Capa	H	VRSz	E	V	Vida previsible
cm	%	kg/cm <sup>2</sup>	DefFatiga		
Carpeta	8.5		28000	0.35	> 150
Base asfáltica	10.0		25000	0.35	16.7
Base granular	15.0	100.0	3265	0.35	> 150
Subrasante	80.0	38.0	1657	0.45	8.4
Terracería	Semi-inf	7.6	536	0.45	> 150
		Vida previsible		Tránsito proyecto	
Deformación		8.4		7.5	
Fatiga		16.7		5.1	

La vida previsible es mayor que el tránsito de proyecto.  
Tolerancia = Tránsito de proyecto +/- 10%.

**3ER.PROPUUESTA**

## DATOS Y RESULTADOS DEL DISEÑO

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño : 90 %

cm	Capa %	H kg/cm <sup>2</sup>	VRSz	E	V	Vida previsible
						DefFatiga
	<b>Carpeta</b>	8.0		28000	0.35	> 150
	Base asfáltica	10.0		25000	0.35	14.7
	Base granular	15.0	100.0	3265	0.35	> 150
	Subrasante	80.0	38.0	1657	0.45	6.9
	Terracería	Semi-inf	7.6	536	0.45	> 150
			Vida previsible			Tránsito proyecto
	Deformación		6.9			7.5
	Fatiga		14.7			5.1

La vida previsible es cercana o mayor que la vida de proyecto el diseño parece adecuado. La tolerancia es +/- 10% del tránsito de proyecto crítico.

\*ALEATORIO

## DATOS Y RESULTADOS DEL DISEÑO

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño : 90 %

cm	Capa %	H kg/cm <sup>2</sup>	VRSz	E	V	Vida previsible
						DefFatiga
	<b>Carpeta</b>	5.0		28000	0.35	> 150
	Base asfáltica	10.0		25000	0.35	8.0
	Base granular	22.0	100.0	3265	0.35	> 150
	Subrasante	80.0	38.0	1657	0.45	8.2
	Terracería	Semi-inf	7.6	536	0.45	> 150
			Vida previsible			Tránsito proyecto
	Deformación		8.2			7.5
	Fatiga		8.0			5.1

La vida previsible es cercana o mayor que la vida de proyecto el diseño parece adecuado. La tolerancia es +/- 10% del tránsito de proyecto crítico.

## DATOS Y RESULTADOS DEL DISEÑO

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño : 90 %

Capa	H	VRSz	E	V	Vida previsible
------	---	------	---	---	-----------------

cm	%	kg/cm <sup>2</sup>	DefFatiga		
Carpeta		6.0	28000	0.35	> 150
Base asfáltica		10.0	25000	0.35	10.2
Base granular		20.0	100.0	3265	0.35 > 150
Subrasante		80.0	38.0	1657	0.45 8.3
Terracería	Semi-inf		7.6	536	0.45 > 150

	Vida previsible	Tránsito proyecto
Deformación	8.3	7.5
Fatiga	10.2	5.1

La vida previsible es mayor que el tránsito de proyecto.  
Tolerancia = Tránsito de proyecto +/- 10%.

#### DATOS Y RESULTADOS DEL DISEÑO

Camino de altas especificaciones. Nivel de confianza en el diseño : 90 %

cm	Capa	H	VRSz	E	V	Vida previsible
	%	kg/cm <sup>2</sup>	DefFatiga			
Carpeta		6.0	28000	0.35		> 150
Base asfáltica		10.0	25000	0.35		10.0
Base granular		19.0	100.0	3265	0.35	> 150
Subrasante		80.0	38.0	1657	0.45	6.8
Terracería	Semi-inf		7.6	536	0.45	> 150

	Vida previsible	Tránsito proyecto
Deformación	6.8	7.5
Fatiga	10.0	5.1

La vida previsible es cercana o mayor que la vida de proyecto  
el diseño parece adecuado. La tolerancia es +/- 10% del  
tránsito  
de proyecto crítico.

¿Quiere explorar otras alternativas? (s/n)

KILOMETRAJE	V.R.S. DEL LUGAR	NO. DE VALORES	SUMATORIA DE V.R.S.	V.R.S. MEDIA	SUMATORIA DE (V.R.S.) <sup>2</sup>	DESVIACION ESTANDAR(S)	COEF. DE VAR.	V.R.S. CRITICO.
<b>0+030</b>	<b>29.00</b>	29	620.600	21.4	385144.36	15.31389362	0.715603	9
<b>0+500</b>	<b>24.10</b>							
1+000	19.10							
1+500	9.80							
2+000	9.90							
2+500	13.00							
3+000	14.30							
<b>3+500</b>	<b>40.00</b>							
4+000	9.70							
4+500	15.10							
5+000	9.68							
5+500	9.82							
6+000	14.80							
6+500	14.00							
7+000	17.50							
7+500	9.70							
<b>8+000</b>	<b>45.40</b>							
8+400	7.80							
9+000	6.80							
9+500	5.10							
10+000	5.00							
10+500	5.00							
<b>11+000</b>	<b>57.90</b>							
<b>11+500</b>	<b>40.10</b>							
<b>12+000</b>	<b>49.10</b>							
<b>12+500</b>	<b>47.10</b>							
<b>13+000</b>	<b>35.00</b>							
<b>13+500</b>	<b>36.40</b>							
14+100	20.40							
<b>620.600</b>								

NOTA:

El vrs crítico de terreno natural se determinara con valores menores o cercanos al 22%

KILOMETRAJE	V.R.S. DEL LUGAR	NO. DE VALORES	SUMATORIA DE V.R.S.	V.R.S. MEDIA	SUMATORIA DE (V.R.S.) <sup>2</sup>	DESVIACION ESTANDAR(S)	COEF. DE VAR.	V.R.S. CRITICO.
1+000	19.10	19	216.500	11.395	46872.25	4.543672719	0.39875	7.57805
1+500	9.80							
2+000	9.90							
2+500	13.00							
3+000	14.30							
4+000	9.70							
4+500	15.10							
5+000	9.68							
5+500	9.82							
6+000	14.80							
6+500	14.00							
7+000	17.50							
7+500	9.70							
8+400	7.80							
9+000	6.80							
9+500	5.10							
10+000	5.00							
10+500	5.00							
14+100	20.40							
<b>216.500</b>								

**NOTA:**

Para el calculo del vrs critico de terreno natural se tomo el criterio anterior, es decir el de elegir valores menores al 22% o bien los mas cercanos.

KILOMETRAJE	V.R.S. DEL LUGAR	NO. DE VALORES	SUMATORIA DE V.R.S.	V.R.S. MEDIA	SUMATORIA DE (V.R.S.) <sup>2</sup>	DESVIACION ESTANDAR(S)	COEF. DE VAR.	V.R.S. CRITICO.
Banco	83.00	6	493.000	82.167	243049	1.3437	0.0164	81.03795
"La palotada"	82.00							
	84.00							
Banco	81.00							
"Arroyo san fco."	83.00							
	80.00							
	<b>493.000</b>							

**NOTA:**

Para el calculo del vrs critico de la subrasante tambien se tomara en cuenta los tramos de corte y de compensacion.

KILOMETRAJE	V.R.S. DEL LUGAR	NO. DE VALORES	SUMATORIA DE V.R.S.	V.R.S. MEDIA	SUMATORIA DE (V.R.S.) <sup>2</sup>	DESVIACION ESTANDAR(S)	COEF. DE VAR.	V.R.S. CRITICO.
Banco "La palotada"	83.00	16	897.100	56.06875	804788.41	21.5672	0.3847	37.952316
	82.00							
	84.00							
Banco "Arroyo san fco."	81.00							
	83.00							
	80.00							
0+030	29.00							
0+500	24.10							
3+500	40.00							
8+000	45.40							
11+000	57.90							
11+500	40.10							
12+000	49.10							
12+500	47.10							
13+000	35.00							
13+500	36.40							
<b>897.100</b>								

**NOTA:**

El vrs critico de la subrasante se determino con los bancos de materiales y con los valores del terreno de corte,por ser susceptibles a ser empleados como subrasante.

**DISEÑO DEL PAVIMENTO**  
(V.R.S. ESTANDAR SATURADO)

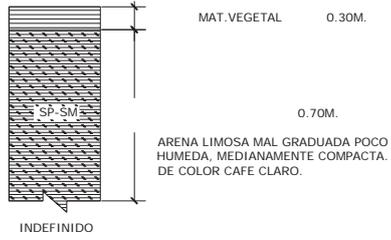
KILOMETRAJE	V.R.S. DEL LUGAR	NO. DE VALORES	SUMATORIA DE V.R.S.	V.R.S. MEDIA	SUMATORIA DE (V.R.S.) <sup>2</sup>	DESVIACION ESTANDAR(S)	COEF. DE VAR.	V.R.S. CRITICO.
Banco "Javier Saenz"	100	1	100	100	10000	0.0000	0.0000	100

100

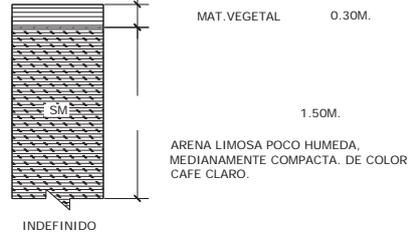
**ANEXO E:**  
**PERFILES ESTRATIGRÁFICOS.**

ANEXO E  
 PERFILES ESTRATIGRAFICOS  
 CARRETERA: E.C. JANOS-AGUA PRIETA-EL BERRENDO  
 TRAMO: E.C. JANOS-AGUA PRIETA-EL BERRENDO  
 DE KM: 0+000 AL KM 14+250.604  
 ORIGEN: E.C. JANOS-AGUA PRIETA(0+000)

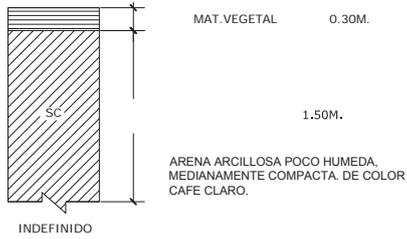
S-1  
 KM 0+030



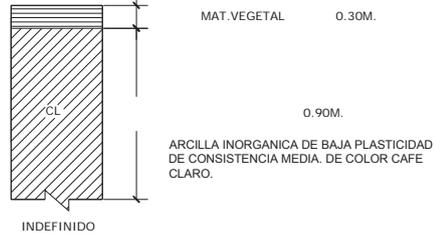
S-2  
 KM 0+500



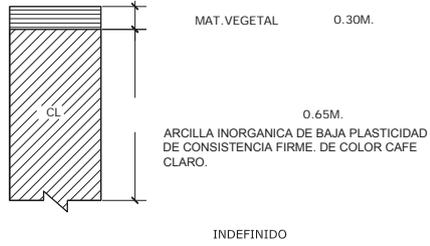
S-3  
 KM 1+000



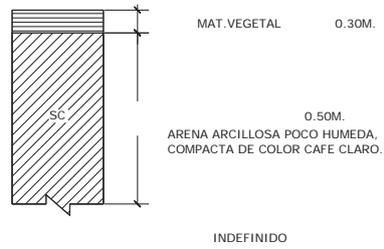
S-4  
 KM 1+500



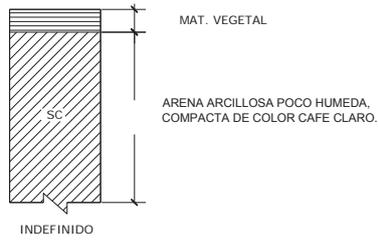
S-5  
KM 2+000



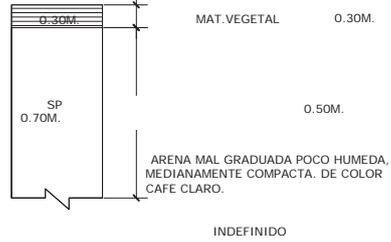
S-6  
KM 2+500



S-7  
KM 3+000

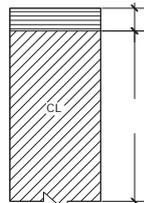


S-8  
KM 3+500



**ANEXO E**  
**PERFILES ESTRATIGRAFICOS**  
**CARRETERA: E.C. JANOS-AGUA PRIETA-EL BERRENDO**  
**TRAMO: E.C. JANOS-AGUA PRIETA-EL BERRENDO**  
**DE KM: 0+000 AL KM 14+250.604**  
**ORIGEN: E.C. JANOS-AGUA PRIETA(0+000)**

S-9  
 KM 4+000

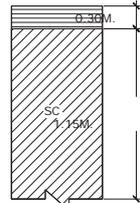


MAT. VEGETAL

ARCILLA INORGANICA DE BAJA PLASTICIDAD DE CONSISTENCIA MEDIA. DE COLOR CAFE CLARO

INDEFINIDO

S-10  
 KM 4+500

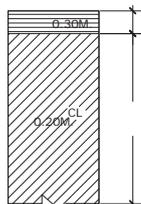


MAT. VEGETAL

ARENA ARCILLOSA POCO HUMEDA, MEDIANAMENTE COMPACTA. DE COLOR CAFE CLARO.

INDEFINIDO

S-11  
 KM 5+000

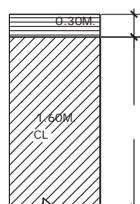


MAT. VEGETAL

ARCILLA INORGANICA DE BAJA PLASTICIDAD DE CONSISTENCIA FIRME. DE COLOR CAFE CLARO.

INDEFINIDO

S-12  
 KM 5+500



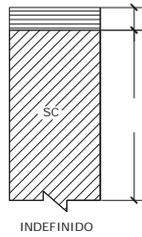
MAT. VEGETAL

0.30M.

ARCILLA INORGANICA DE BAJA PLASTICIDAD DE CONSISTENCIA FIRME. DE COLOR CAFE CLARO. 0.80 M.

INDEFINIDO

S-13  
KM 6+000

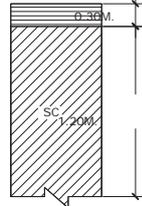


MAT. VEGETAL

ARENA ARCILLOSA POCO HUMEDA,  
COMPACTA. DE COLOR CAFE CLARO.

INDEFINIDO

S-14  
KM 6+500



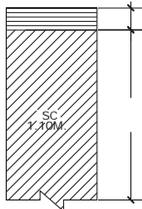
MAT. VEGETAL

0.30M.

ARENA ARCILLOSA POCO HUMEDA,  
COMPACTA. DE COLOR CAFE CLARO.

INDEFINIDO

S-15  
KM 7+000

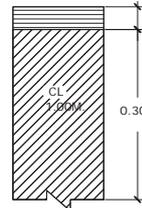


0.30M.

ARENA ARCILLOSA POCO HUMEDA,  
COMPACTA. DE COLOR CAFE CLARO.

INDEFINIDO

S-16  
KM 7+500



MAT. VEGETAL

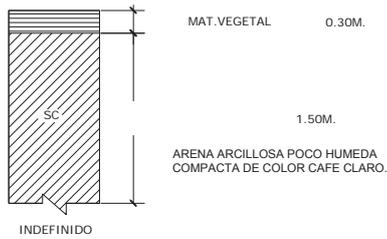
0.30M.

ARCILLA INORGANICA DE BAJA  
PLASTICIDAD DE CONSISTENCIA FIRME.  
DE COLOR CAFE CLARO.

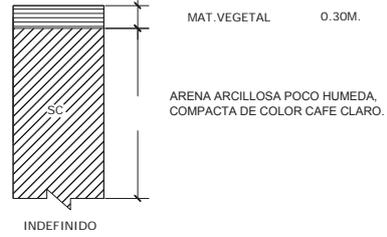
INDEFINIDO

**ANEXO E**  
**PERFILES ESTRATIGRAFICOS**  
**CARRETERA: E. C. JANOS-AGUA PRIETA-EL BERRENDO**  
**TRAMO: E. C. JANOS-AGUA PRIETA-EL BERRENDO**  
**DE KM: 0+000 AL KM 14+250.604**  
**ORIGEN: E. C. JANOS-AGUA PRIETA(0+000)**

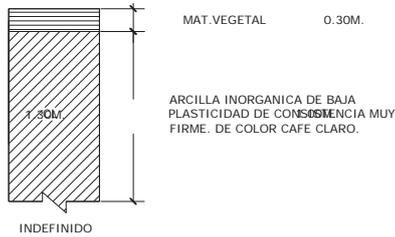
S-17  
 KM 8+000



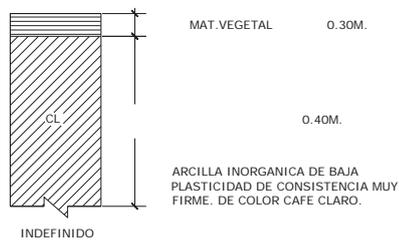
S-18  
 KM 8+400



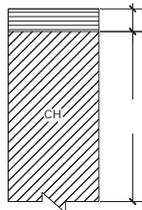
S-19  
 KM 9+000



S-20  
 KM 9+500



S-21  
KM 10+000

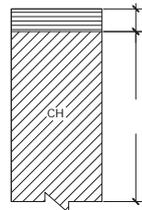


MAT.VEGETAL 0.30M.

1.50M.  
ARCILLA INORGANICA DE ALTA PLASTICIDAD DE CONSISTENCIA MUY FIRME. DE COLOR CAFE CLARO.

INDEFINIDO

S-22  
KM 10+500

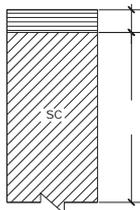


MAT.VEGETAL 0.30M.

1.00M.  
ARCILLA INORGANICA DE ALTA PLASTICIDAD DE CONSISTENCIA MUY FIRME. DE COLOR CAFE CLARO.

INDEFINIDO

S-23  
KM 11+000

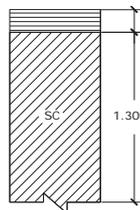


MAT.VEGETAL 0.30M.

0.80M.  
ARENA ARCILLOSA POCO HUMEDA MUY COMPACTA DE COLOR CAFE CLARO.

INDEFINIDO

S-24  
KM 11+500



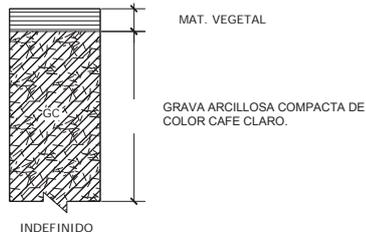
MAT.VEGETAL 0.30M.

1.30M.  
ARENA ARCILLOSA POCO HUMEDA MUY COMPACTA DE COLOR CAFE CLARO.

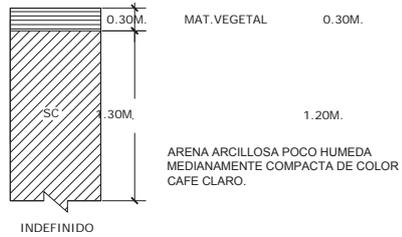
INDEFINIDO

**ANEXO E**  
**PERFILES ESTRATIGRAFICOS**  
**CARRETERA: E.C. JANOS-AGUA PRIETA-EL BERRENDO**  
**TRAMO: E.C. JANOS-AGUA PRIETA-EL BERRENDO**  
**DE KM: 0+000 AL KM 14+250.604**  
**ORIGEN: E.C. JANOS-AGUA PRIETA(0+000)**

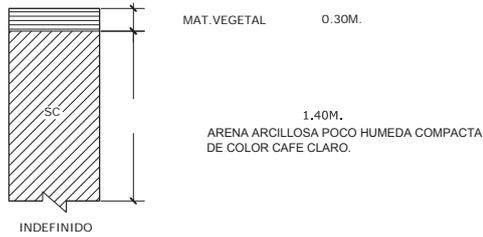
S-25  
 KM 12+000



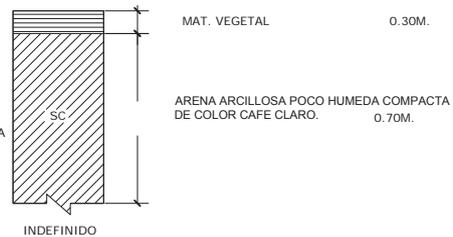
S-26  
 KM 12+500



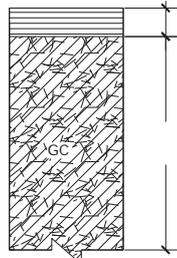
S-27  
 KM 13+000



S-28  
 KM 13+500



S-29  
KM 14+100



MAT. VEGETAL 0.30M.

0.50M.  
GRAVA ARCILLOSA COMPACTA DE  
COLOR CAFE CLARO.

INDEFINIDO

**ANEXO F**  
**REPORTE FOTOGRAFICO**  
**CARRETERA: JANOS-EL BERRENDO**



Fotografía No. 1.- Vista haciaatrás del km 0+030



Fotografía No. 2.- Vista haciaadelante del km 0+030.



Fotografía No. 3.- P.C.A. 1 ubicado en el km 0+030 de 1.50mde profundidad. En Donde se encontró arena limosa mal graduada poco húmeda medianamente compacta. De color café claro. **SP-SM.**



Fotografía No. 4.- Vista hacia atrás del km 0+50



Fotografía No. 5.- Vista hacia adelante del km 0+500



Fotografía No. 6.- P.C.A. 2 ubicado en el km 0+500 de 1.40 m de profundidad. En  
Donde se encontró arena limosa poco húmeda medianamente compacta. De color café claro. **SM**



Fotografía No. 7.- Vista hacia atrás del km 1+000



Fotografía No. 8.- Vista hacia adelante del km 1+000



Fotografía No. 9.- P.C.A. 3 ubicado en el km 1+000 de 1.40 m de profundidad. En Donde se encontró arena arcillosa poco húmeda medianamente compacta. De color Café claro. **SC**



Fotografía No. 10.- Vista hacia atrás del km 1+500



Fotografía No. 11.- Vista hacia adelante del km 1+500



Fotografía No. 12.- P.C.A. 4 ubicado en el km 1+500 de 1.40 m de profundidad. En Donde se encontró arcilla inorgánica de baja plasticidad de consistencia media. De color Café claro. **CL**



Fotografía No. 13.- Vista hacia atrás del km 2+000



Fotografía No. 14.- Vista hacia adelante del km 2+000



Fotografía No. 15.- P.C.A. 5 ubicado en el km 2+000 de 1.30 m de profundidad. En Donde se encontró arcilla inorgánica de baja plasticidad de consistencia firme. De color Café claro. **CL**



Fotografía No. 16.- Vista hacia atrás del km 2+500



Fotografía No. 17.- Vista hacia adelante del km 2+500



Fotografía No. 18.- P.C.A. 6 ubicado en el km 2+500 de 1.10 m de profundidad. En Donde se encontró arena arcillosa poco húmeda compacta. De color café claro. **SC**



Fotografía No. 19.- Vista hacia atrás del km 3+000



Fotografía No. 20.- Vista hacia adelante del km 3+000



Fotografía No. 21.- P.C.A. 7 ubicado en el km 3+000 de 1.40 m de profundidad. En Donde se encontró arena arcillosa poco húmeda compacta. De color café claro. **SC**



Fotografía No. 22.- Vista hacia atrás del km 3+500



Fotografía No. 23.- Vista hacia adelante del km 3+500



Fotografía No. 24.- P.C.A. 8 ubicado en el km 3+500 de 1.50 m de profundidad. En Donde se encontró arena mal graduada poco húmeda medianamente compacta. De color café claro. **SP**



Fotografía No. 25.- Vista hacia atrás del km 4+000



Fotografía No. 26.- Vista hacia adelante del km 4+000



Fotografía No. 27.- P.C.A. 9 ubicado en el km 4+000 de 1.70 m de profundidad. En Donde se encontró arcilla inorgánica de baja plasticidad de consistencia media. De color Café claro. **CL**



Fotografía No. 28.- Vista hacia atrás del km 4+500



Fotografía No. 29.- Vista hacia adelante del km 4+500



Fotografía No. 30.- P.C.A. 10 ubicado en el km 4+500 de 1.60 m de profundidad. En Donde se encontró arena arcillosa poco húmeda medianamente compacta. De color Café claro. **SC**



Fotografía No. 31.- Vista hacia atrás del km 5+000



Fotografía No. 32.- Vista hacia adelante del km 5+000



Fotografía No. 33.- P.C.A. 11 ubicado en el km 5+000 de 1.50 m de profundidad. En Donde se encontró arcilla inorgánica de baja plasticidad de consistencia firme. De color Café claro. **CL**



Fotografía No. 34.- Vista hacia atrás del km 5+500



Fotografía No. 35.- Vista hacia adelante del km 5+500



Fotografía No. 36.- P.C.A. 12 ubicado en el km 5+500 de 1.60 m de profundidad. En Donde se encontró arcilla inorgánica de baja plasticidad de consistencia firme. De color café claro. **CL**



Fotografía No. 37.- Vista hacia atrás del km 6+000



Fotografía No. 38.- Vista hacia adelante del km 6+000



Fotografía No. 39.- P.C.A. 13 ubicado en el km 6+000 de 1.60 m de profundidad. En  
Donde se encontró arena arcillosa poco húmeda compacta. De color café claro. **SC**



Fotografía No. 40.- Vista hacia atrás del km 6+500



Fotografía No. 41.- Vista hacia adelante del km 6+500



Fotografía No. 42- P.C.A. 14 ubicado en el km 6+500 de 1.70 m de profundidad. En donde se encontró arena arcillosa poco húmeda compacta. De color café claro. **SC**



Fotografía No. 40.- Vista hacia atrás del km 7+000



Fotografía No. 41.- Vista hacia adelante del km 7+000



Fotografía No. 42- P.C.A. 15 ubicado en el km 7+000 de 1.50 m de profundidad. En donde se encontró arena arcillosa poco húmeda compacta, de color café claro **SC**.



Fotografía No. 40.- Vista hacia atrás del km 7+500



Fotografía No. 41.- Vista hacia adelante del km 7+500



Fotografía No. 42- P.C.A. 16 ubicado en el km 7+500 de 1.50 m de profundidad. En donde se encontró arcilla inorgánica de baja plasticidad, de consistencia firme de color café claro **CL**.



Fotografía No. 40.- Vista hacia atrás del km 8+000



Fotografía No. 41.- Vista hacia adelante del km 8+000



Fotografía No. 42- P.C.A. 17 ubicado en el km 8+000 de 1.60 m de profundidad. En donde se encontró arena arcillosa poco húmeda compacta, de color café claro **SC**.



Fotografía No. 40.- Vista hacia atrás del km 8+400



Fotografía No. 41.- Vista hacia adelante del km 8+400



Fotografía No. 42- P.C.A. 18 ubicado en el km 8+400 de 1.00 m de profundidad. En donde se encontró arena arcillosa poco húmeda compacta, de color café claro **SC**.



Fotografía No. 40.- Vista hacia atrás del km 9+000



Fotografía No. 41.- Vista hacia adelante del km 9+000



Fotografía No. 42- P.C.A. 19 ubicado en el km 9+000 de 1.20 m de profundidad. En donde se encontró arcilla inorgánica de baja plasticidad de consistencia muy firme de color café claro **CL**.



Fotografía No. 40.- Vista hacia atrás del km 9+500



Fotografía No. 41.- Vista hacia adelante del km 9+500



Fotografía No. 42- P.C.A. 20 ubicado en el km 9+500 de 1.20 m de profundidad. En donde se encontró arcilla inorgánica de baja plasticidad de consistencia muy firme de color café claro **CL**.



Fotografía No. 40.- Vista hacia atrás del km 10+000



Fotografía No. 41.- Vista hacia adelante del km 10+000



Fotografía No. 42- P.C.A. 21 ubicado en el km 10+000 de 1.30 m de profundidad. En donde se encontró arcilla inorgánica de alta plasticidad de consistencia muy firme de color café claro**CH**.



Fotografía No. 40.- Vista hacia atrás del km 10+500



Fotografía No. 41.- Vista hacia adelante del km 10+500



Fotografía No. 42- P.C.A. 22 ubicado en el km 10+500 de 1.30 m de profundidad. En donde se encontró arcilla inorgánica de alta plasticidad de consistencia muy firme de color café claro**CH**.



Fotografía No. 40.- Vista hacia atrás del km 11+000



Fotografía No. 41.- Vista hacia adelante del km 11+000



Fotografía No. 42- P.C.A. 23 ubicado en el km 11+000 de 1.40 m de profundidad. En donde se encontró arena arcillosa poco húmeda muy compacta, de color café claro **SC**.



Fotografía No. 40.- Vista hacia atrás del km 11+500



Fotografía No. 41.- Vista hacia adelante del km 11+500



Fotografía No. 42- P.C.A. 24 ubicado en el km 11+500 de 1.10 m de profundidad. En donde se encontró arena arcillosa poco húmeda muy compacta, de color café claro **SC**.



Fotografía No. 40.- Vista hacia atrás del km 12+000



Fotografía No. 41.- Vista hacia adelante del km 12+000



Fotografía No. 42- P.C.A. 25 ubicado en el km 12+000 de 1.20 m de profundidad. En donde se encontró grava arcillosa compacta de color café claro **GC**.



Fotografía No. 40.- Vista hacia atrás del km 12+500



Fotografía No. 41.- Vista hacia adelante del km 12+500



Fotografía No. 42- P.C.A. 26 ubicado en el km 12+500 de 1.60 m de profundidad. En donde se encontró arena arcillosa poco húmeda medianamente compacta, de color café claro **SC**.



Fotografía No. 40.- Vista hacia atrás del km 13+000



Fotografía No. 41.- Vista hacia adelante del km 13+000



Fotografía No. 42- P.C.A. 27 ubicado en el km 13+000 de 1.50 m de profundidad. En donde se encontró arena arcillosa poco húmeda compacta, de color café claro **SC**.



Fotografía No. 40.- Vista hacia atrás del km 13+500



Fotografía No. 41.- Vista hacia adelante del km 13+500



Fotografía No. 42- P.C.A. 28 ubicado en el km 13+500 de 0.40 m de profundidad. En donde se encontró arena arcillosa poco húmeda compacta, de color café claro **SC**.



Fotografía No. 40.- Vista hacia atrás del km 14+100



Fotografía No. 41.- Vista hacia adelante del km 14+100



Fotografía No. 42- P.C.A. 29 ubicado en el km 14+100 de 1.50 m de profundidad. En donde se encontró grava arcillosa compacta, de color café claro **GC**.

### **OBSERVACIONES GENERALES PARA TODO EL TRAMO**

1.- Los trabajos se iniciaran con el desmonte, desenraicé y limpieza en general del área en donde quedara alojado la ampliación del cuerpo del camino, de acuerdo a lo indicado en este proyecto.

2.- El despalme se hará hasta la profundidad indicada en las tablas de datos y de la manera conveniente para eliminar el material correspondiente al primer estrato.

3.- Los terraplenes desplantados en un terreno con pendiente natural igual o mayor al 25%, se anclaran al terreno natural mediante escalones de liga a partir de los cerros del mismo, cada escalón tendrá un ancho mínimo de huella de 2.50 m en material tipo "A" o "B" y en material "C" el escalón tendrá un metro de huella; en ambos casos la separación de dichos escalones será de 2.00 m. medidos horizontalmente, a partir de los cerros mismos.

4.- En los taludes de los cortes, no se dejaran fragmentos rocosos o porciones considerables de material susceptibles de desplazarse hacia el camino.

5.- Con el material producto del despalme, se deberán arropar los taludes de los terraplenes.

6.- La construcción de obras de drenaje se harán antes de iniciar la construcción de terracerías, concluidas tales obras, deberán arroparse adecuadamente para evitar cualquier daño a la estructura de las mismas durante la construcción.

7.- Se deberá propiciar la forestación de los taludes de los cortes y terraplenes con vegetación para evitar la erosión de los mismos.

8.- En todo el tramo y donde indique el proyecto las cunetas deberán impermeabilizarse con concreto hidráulico  $f'c = 150 \text{ Kg./cm}^2$ , con un espesor de 8 cm aproximadamente.

9.- Debe evitarse que la boquilla de aguas debajo de las alcantarillas descargue sus aguas sobre el talud del terraplén construido, en estos casos la obra de drenaje se prolongara con lavaderos, hasta los cerros del terraplén.

10.- Cualquier ampliación de corte por requerimiento de material únicamente, debe hacerse a partir del talud de la cuneta, o bien formando una banqueteta, la cual quedara debidamente drenada y de preferencia aguas abajo.

11.- Los taludes del proyecto que deberán considerarse para terraplenes son los siguientes:

Alturas	Inclinación
Entre 0.00 y 1.00 m	5:1
Entre 1.00 y 2.00 m	3:1
Mayores de 2.00 m	1:7:1

12.- El material que forme la capa subrasante, no deberá contener partículas mayores de 75 mm (3"), cuando estas existan deberán eliminarse mediante papeo.

13.- Al material grueso no compactable, se le dará un tratamiento de bandeado para aumentar su acomodo; este material solo servirá para formar el cuerpo del terraplén, construyéndose por capas sensiblemente horizontales con espesor aproximadamente igual a la de los fragmentos y se dará como mínimo tres pasadas a cada punto de su superficie con tractor D-8 o similar.

#### **Observaciones para el cálculo de la curva masa.**

A.- En todos los casos el cuerpo de terraplén, se compactara al 90% o se bandeara según sea el caso; las capas de transición y subrasante se compactaran al 95% y 100% respectivamente; los grados de compactación indicados son con respecto a la prueba

proctor o porter dependiendo de la granulometría del material, por lo que quedara a juicio del laboratorio de control aplicar la prueba que corresponda.

B.- En todos los casos, cuando no se indique otra cosa, el terreno natural, después de haberse efectuado el despalme correspondiente, el piso descubierto deberá compactarse al 90% de su PVSM en una profundidad mínima de 0.20 m.; o bandearse según sea el caso.

C.- Material que por sus características, no debe utilizarse ni en construcción del cuerpo del terraplén.

D.- Material que por sus características, solo puede utilizarse en la formación del cuerpo de terraplén, mismo que deberá compactarse al 90% de su PVSM o bandearse según sea el caso.

E.- Material que por sus características puede utilizarse en la formación del cuerpo de terraplén y capa de transición.

F.- Material que por sus características puede utilizarse en la formación del cuerpo de terraplén, capa de transición y capa subrasante.

G.- En terraplenes formados sobre este material, se deberá construir capa de transición de 0.20m de espesor, cuando la altura de estos sea menor de 0.80m y cuando sea mayor, dicha capa será de 0.50m.; y en ambos casos se proyectara capa subrasante de 0.30m de espesor.

H.- En terraplenes y cortes construidos en este material, se deberá proyectar capa de transición de 0.50 m de espesor como mínimo y capa subrasante de 0.30 m compactadas al 95% y 100% respectivamente, las cuales se construirán con material de préstamo del banco mas cercano.

I.- En cortes formados en este material, la cama de corte, se deberá compactar al 95% de su PVSM, en una profundidad de 0.20 m y se deberá proyectar capa subrasante de 0.30 m de espesor, compactándola al 100% con material procedente del banco más cercano.

J.- En este tramo se deberá proyectar en cortes y terraplenes bajos, capa de transición de 0.50 m de espesor, como mínimo y capa subrasante de 0.30m; en caso de ser necesario se deberán abrir cajas de profundidad suficiente para alojar las Capas citadas; estas capas se proyectaran con préstamo del banco más cercano y se construirán una vez habiendo compactado el terreno natural al 90% en una capa de 0.20 m de espesor.

K.- En cortes formados con este material, se deberá escarificar los 0.15 m superiores y acamellonar; la superficie descubierta, se deberá compactar al 100% de su PVSM respectivo en un espesor mínimo de 0.15 m. con lo que quedara formada la 1ra. Capa subrasante, misma que deberá compactarse también al 100% de su PVSM.

L.- En cortes formados en este material, se proyectara capa de transición de 0.50 m de espesor como mínimo y capa subrasante de 0.30 m compactadas al 95% y 100% respectivamente, las cuales se construirán con material de préstamo del banco mas cercano.

M.- En cortes formados en este material, se escarificaran los primeros 0.30 m a partir del nivel superior de subrasante, se acamellonara el material producto del escarificado y se compactara la superficie descubierta al 95% hasta una profundidad de 0.20 m posteriormente, con el material acamellonado se formara la capa subrasante de 0.30m de espesor.

N.- En terraplenes construidos en este material, se deberá proyectar capa de transición de 0.50 m de espesor como mínimo y capa subrasante de 0.30m compactadas al 95% y 100% respectivamente, las cuales se construirán con material de préstamo del banco más cercano.

#### **PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION.**

1.- Los trabajos se iniciaran con el desmonte, desenraicé, despalme y limpieza del área en donde quedara alojado el cuerpo del camino, de acuerdo a lo indicado en el proyecto.

2.- La construcción de obras de drenaje se hará antes de iniciar la construcción de terracerías, de tal manera que el avance de las primeras con respecto a las segundas sea cuando menos 500 m adelante; concluidas tales obras, deberán arrojarse adecuadamente para evitar cualquier daño a la estructura de las mismas durante la construcción de las terracerías y pavimentos.

3.- El despalme se hará únicamente hasta los ceros de las terracerías y a la profundidad indicada en las tablas de datos de la curva masa y de la manera conveniente para eliminar el material correspondiente al primer estrato.

4.- Una vez efectuado el despalme, de ser necesario el terreno natural se compactara al 90% de su P.V.S.M., según la prueba AASHTO estándar, en una profundidad mínima de 0.20 m.

5.- Los terraplenes se deben de formar con materiales de los indicados en la tabla con datos para curva masa con observación D y/o E, bandeándolos en capas de espesor igual al tamaño de los fragmentos o compactándolos al 90% del P.V.S.M. obtenido en la prueba AASHTO estándar.

6.- El talud de proyecto que deberá considerarse para terraplenes será de 1:7:1 y se recomienda arropar los taludes con material producto del despalme, con el fin de lograr los taludes siguientes:

<b>Alturas</b>	<b>Inclinación</b>
Entre 0.00 y 1.00 m	5:1
Entre 1.00 y 2.00 m	3:1
Mayores de 2.00 m	1:7:1

7.- Los cortes efectuados sobre materiales con observación C, se llevaran a una profundidad tal que permita la colocación de una capa de transición de 0.50m y una subrasante de 0.30m. de espesor.

8.- Los cortes efectuados sobre materiales con observación G, se llevaran a una profundidad tal que permita la colocación de una capa de transición de 0.20m y una capa subrasante de 0.30m de espesor como mínimo.

9.- Cualquier ampliación de un corte por requerimiento de material, debe hacerse a partir del talud externo de la cuneta, o bien formando una banquetta, al cual quedara debidamente drenada.

10.- Para el caso de terraplenes se construirá el cuerpo de terraplén con altura variable dependiendo de la rasante del proyecto y se compactara al 90% de su PVSM de la prueba AASHTO estándar.

11.- Sobre el cuerpo del terraplén, ,debidamente terminado se construirá con material de banco, una capa subyacente de 50 cms. empleando material de los bancos indicados en el Anexo, compactada al 95 % de PVSM, obtenido mediante la prueba AASHTO modificada.

12.- Sobre la capa de transición debidamente terminada se construirá una capa subrasante de 30 cms de espesor, empleando material de los bancos indicado en el estudio geotécnico y compactada al 100% de su PVSM obtenido mediante la prueba AASHTO modificada.

13.- Sobre la capa subrasante debidamente terminada se construirá una capa de Base hidráulica de 0.19 m de espesor, utilizando el material procedente del banco de préstamo indicado para este fin en el cuadro de bancos de este proyecto. El material que conforme ésta capa se deberá compactar al 100 % de su peso volumétrico seco máximo ( PVSM ) de la prueba AASHTO modificada ( cinco capas ) citada en el Capítulo 6.01.03.009-M-04 correspondiente al método de prueba 6.01.01.002.K.05, del libro 6.01.03 de las Normas para Muestreo y Pruebas de Materiales, Equipos y Sistemas; Carreteras y Aeropistas; Pavimentos ( I ).

Los materiales utilizados deberán ser del tipo indicado en la cláusula 073-D del libro 3, Parte 01, Título 03; además éstos tendrán que cumplir con las Normas de Calidad especificadas en el inciso 009-C.06 del libro 4, Parte 01, Título 03 y para su ejecución se deberán seguir todos los lineamientos

14.- Sobre la superficie de la capa de base hidráulica debidamente terminada, superficialmente seca y barrida, se aplicará en todo el ancho de la sección así como en dichos taludes que formen el pavimento, un riego de impregnación con emulsión asfáltica catiónica a razón de 1.01 lts/m<sup>2</sup>.

El producto asfáltico (emulsión catiónica) deberá ser del tipo mencionado en la cláusula 076-D del Libro 3, Parte 01, Título 03, así mismo deberá cumplir con las Normas de Calidad establecidas en el inciso 011-B.04.f del Libro 4, Parte 01, Título 03, y para su aplicación con la cláusula 080-F del libro 3, Parte 01, Título 03.

15.- Sobre la superficie de la capa de base hidráulica debidamente terminada, se aplicará en todo el ancho de la sección un riego de liga con emulsión asfáltica catiónica, a razón de 0.6 lts/m<sup>2</sup>.

El producto asfáltico (emulsión catiónica) deberá ser del tipo mencionado en la cláusula 076-D del Libro 3, Parte 01, Título 03, así mismo deberá cumplir con las Normas de Calidad establecidas en el inciso 011-0.04.f del Libro 4, Parte 01, Título 03 y para su aplicación con la cláusula 080-F del Libro 3, Parte 01, Título 03.

16.- Sobre la superficie de la capa de base hidráulica debidamente terminada, después de aplicar un riego de liga, se colocará una capa de Base asfáltica de 0.10 m de espesor, dicha capa se elaborará en planta y en caliente con materiales procedentes de los bancos indicados para este fin en la tabla de bancos de este proyecto y cemento asfáltico AC-20 con una proporción de 130 kg/m<sup>3</sup> de material pétreo seco y suelto de tamaño máximo de 38.1 mm (1 ½”).

El tendido se realizará con máquina terminadora en una sola capa, dicha capa se compactará al 95 % de su Peso Volumétrico determinado con la Prueba Marshall.

El equipo de trituración y cribado deberá contar con lo menos con un dispositivo para el despolve, procurando que el material fino pase por la malla 200, resulte menor del 5 %; adicionalmente cuando se trate de materiales triturados parcialmente se deberá garantizar que dichos materiales tengan por lo menos del orden del 30 % de trituración, por lo que es

recomendable en su caso contar con un primario, un secundario y dos tolvas dosificadoras, de manera que se proporcione una buena granulometría.

17.- Sobre la superficie de la capa de base asfáltica debidamente terminada, se aplicará en todo el ancho de la sección un riego de liga con emulsión asfáltica catiónica, a razón de 0.6 lts/m<sup>2</sup>.

El producto asfáltico (emulsión catiónica) deberá ser del tipo mencionado en la cláusula 076-D del Libro 3, Parte 01, Título 03, así mismo deberá cumplir con las Normas de Calidad establecidas en el inciso 011-0.04.f del Libro 4, Parte 01, Título 03 y para su aplicación con la cláusula 080-F del libro 3, Parte 01, Título 03.

18.- Se deberá indicar el tipo de emulsión asfáltica a emplear para efectos de control de calidad y recepción de la obra, se requiere además, obtener la dosificación adecuada en cada caso conforme a las pruebas de laboratorio necesarias según el trabajo a realizar.

19.- Sobre la capa de base hidráulica debidamente terminada y después de la aplicación del riego de liga, se construirá una carpeta de concreto asfáltico de 0.06 m de espesor, utilizando material procedente del banco de préstamo indicado para este fin el cuadro de bancos de éste proyecto y cemento asfáltico AC-20 con una dosificación aproximada de 125 Kg/m<sup>3</sup> de material pétreo seco y suelto, la mezcla será elaborada en planta y en caliente y el tendido se efectuará compactándola al 95 % de su peso volumétrico determinado en la Prueba Marshall.

Los materiales pétreos y el cemento asfáltico que conformen la carpeta deberán cumplir con las Normas especificadas en los incisos 010-C.01 y 011-B.04.b respectivamente del Libro 4, Parte 01, Título 03.

La mezcla se proyectará por el procedimiento Marshall para que cumpla con los requisitos de diseño que se indican en la columna de intensidad de tránsito de más de 2000 vehículos pesados diarios del cuadro del inciso 011-D.03 del Libro 4, Parte 01, Título 03.

La construcción de la carpeta se deberá apegar a los lineamientos indicados en la cláusula 081-F del libro 3, Parte 01, Título 03.

Dado que se utilizará cemento asfáltico AC-20, la mezcla deberá realizarse a una temperatura de entre 140° C y 165° C. La mezcla al momento de colocarla en la pavimentadora, deberá tener una temperatura no menor a 135 ° C. La temperatura se medirá en el camión antes de descargar en la pavimentadora. La compactación se efectuará inmediatamente después de tendida la mezcla y antes de que su temperatura baje a menos de 130° C.

20.- En todo el ancho de corona se aplicará un riego de sello empleando material pétreo tipo 3-E procedente del banco indicado para este fin en la tabla de este proyecto, a razón de 13 lts/m<sup>2</sup> y producto asfáltico a base de emulsión catiónica a razón de 1.2 lts/m<sup>2</sup> aproximadamente, el producto asfáltico deberá ser del tipo mencionado en la cláusula 082-D del Libro 3, Parte 01, Título 03.

El producto asfáltico y el material pétreo deberán cumplir con las Normas de Calidad estipuladas en los incisos 011-8.04.f y 010-C.02 respectivamente, del libro 4, Parte 01, Título 03. Su ejecución se efectuará de acuerdo a los lineamientos de la cláusula 082-F del Libro 3, Parte 01, Título 03.

21.- Con el objeto de mejorar la adherencia de los materiales pétreos con los productos asfálticos, se deberá prever el empleo de aditivos, cuyo tipo y dosificación serán proporcionados por el Laboratorio de Control de la Secretaría, después que el agregado pétreo haya sido debidamente tratado.

Los tipos de aditivos que se utilizarán en el cemento asfáltico AC-20 deberán incorporarse en una proporción aproximada del 1 % en peso, que se ajustará de acuerdo con las pruebas realizadas por el Laboratorio de Control de la Secretaría.

22.- En todo el tramo las cunetas deberán recubrirse para impermeabilizarse con concreto hidráulico f'c = 150 kg/cm<sup>2</sup>., con un espesor mínimo de 8 cm.

23.- Debe evitarse que la boquilla de aguas debajo de las alcantarillas descarguen sus aguas sobre el talud del terraplén construido; en estos casos la obra de drenaje se prolongara con lavadero hasta los ceros del terraplén.

24.- El tipo de emulsión y las dotaciones que se recomiendan deberán ajustarse como lo indique un estudio específico de laboratorio, ya que el uso adecuado de estos productos son función del tipo de agregado de la región y del clima que se predomine durante la aplicación de emulsificante.

25.- se debe propiciar la forestación de los taludes de los cortes y terraplenes para evitar la erosión de los mismos.

26.- Los materiales que se utilicen para las diferentes capas de la estructura del camino, deberán cumplir con los requisitos de calidad que se muestran en tabla anexa.

MATERIAL PARA	% FINOS (MAXIMO)	LL (%)	IP(%)	VRS (%)	E.A.(%)	DESGASTE DE LOS ANGELES	GRANULOMETRIA
CUERPO DE TERRAPLEN	30	40 MAX	12 MAX	15 MIN	-----	-----	-----
SUBRASANTE	25	30 MAX	10 MAX	20 MIN	30 MIN	-----	-----
SUBBASE	15	25 MAX	6 MAX	60 MIN	40 MIN	39 MAX	ENTRE ZONAS 1 Y 2 GRAFICA ANEXA
BASE HIDRAULICA	10	25 MAX	6 MAX	100 MIN	50 MIN	40 MAX	ENTRE ZONAS 1 Y 2 GRAFICA ANEXA
CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO	4	-----	-----	-----	60 MIN	30 MAX	ENTRE CURVAS 1 Y 2 GRAFICA ANEXA
PARTICULAS ALARGADAS Y/O LAJEDAS = 25% MAXIMO							

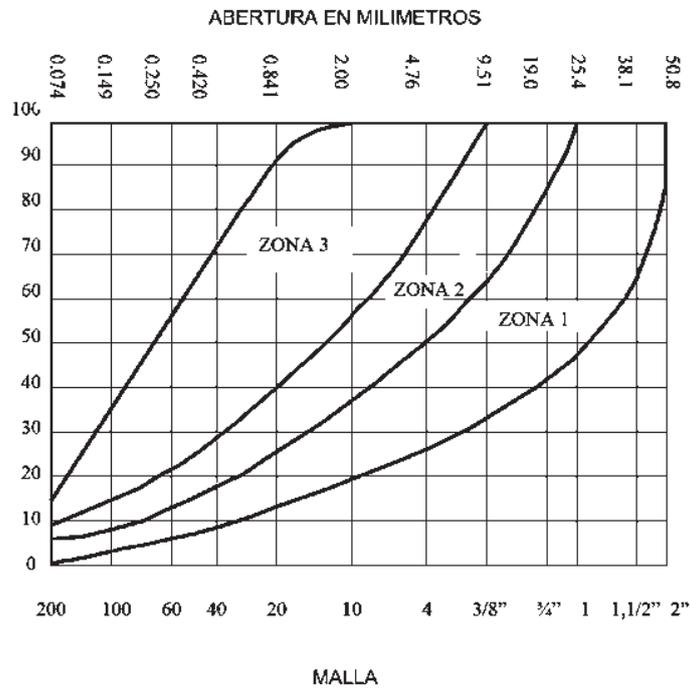


Figura 1.1.-Zonas de especificaciones granulométricas para Subbases y Bases.

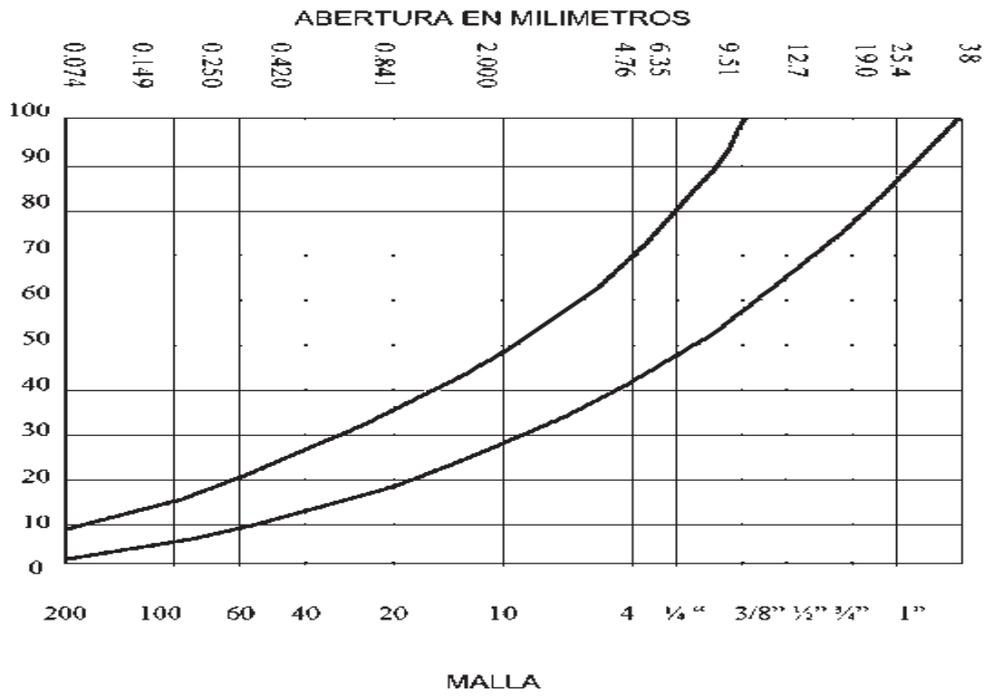
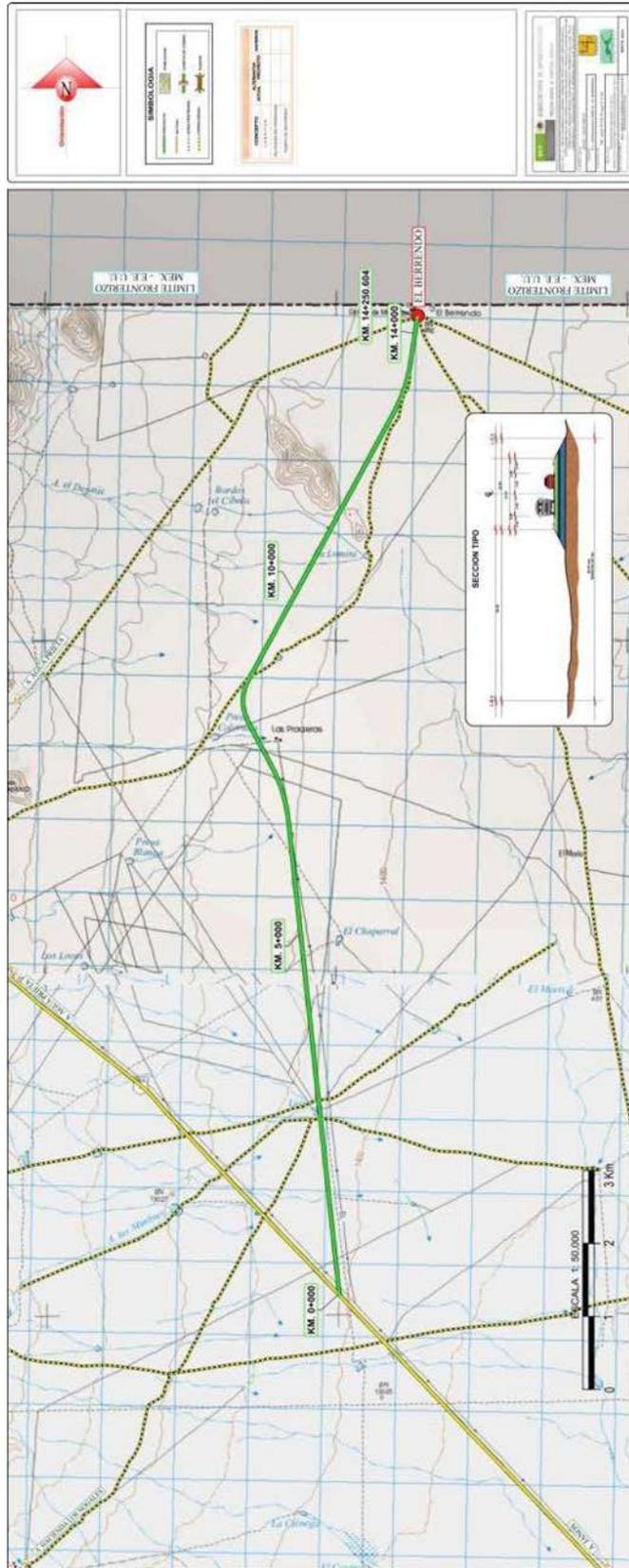


Figura 1.2.-Zonas de especificación granulométrica para materiales pétreos que se emplean en concretos asfálticos.

**FIGURAS:**

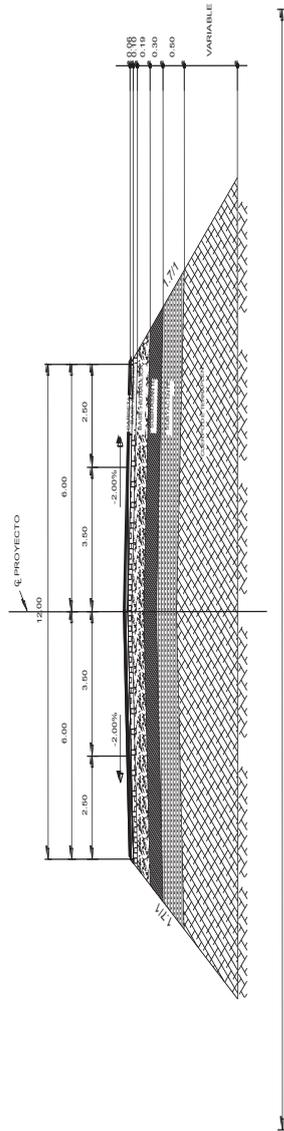
**1.- Croquis de localización de la planta de proyecto.**



## **2.- Sección estructural del pavimento propuesta**

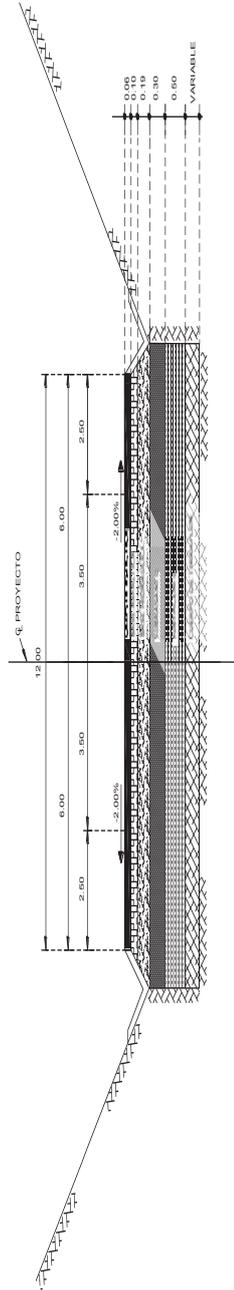
CARRETERA: E.C. JANOS-AGUA PRIETA-EL BERRENDO.  
TRAMO: E.C. JANOS-AGUA PRIETA-EL BERRENDO.  
KILÓMETRO 0+000 AL KILÓMETRO 14+250.604  
CAMINO: A2.

SECCION ESTRUCTURAL



CARRETERA: E. C. JANOS-AGUA PRIETA-EL BERRENDO.  
TRAMO: 0+000 AL 0+1000 AL KM 14+250.604  
CAMINO: A2.

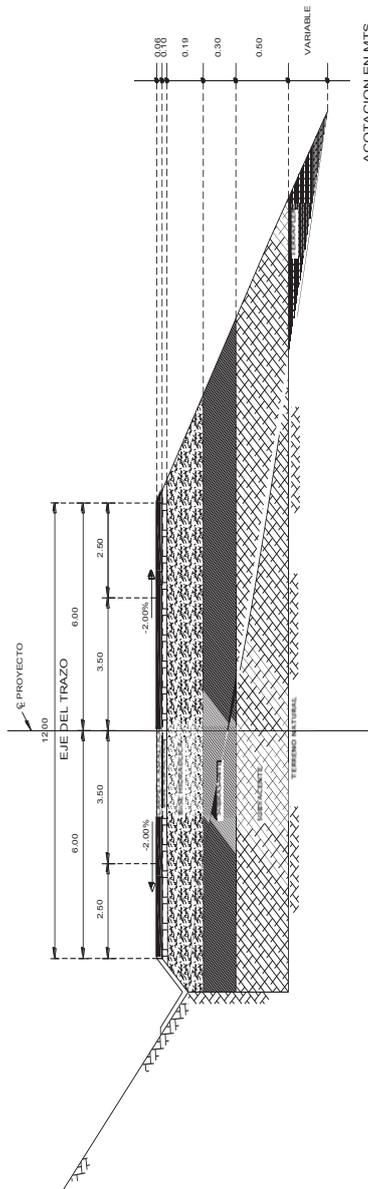
### SECCION ESTRUCTURAL TIPO EN CORTE



ACOTACION EN MTS.

CARRETERA: E. C. JANOS-AGUA PRIETA-EL BERRENDO.  
TRAMO: E. C. JANOS-AGUA PRIETA-EL BERRENDO.  
DE KM: 0+000 AL KM 1.4+250.604  
CAMINO: A2.

### SECCION ESTRUCTURAL TIPO EN BALCON



ACOTACION EN MTS.

ACOTACION EN MTS.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- 1.- El control de calidad de una obra civil durante su etapa de construcción y de su mantenimiento va ligada de manera indirecta con el laboratorio para un correcto funcionamiento durante su ejecución y vida útil.
- 2.- El conocer las pruebas de laboratorio nos da un panorama más amplio de criterio en la toma de decisiones para la práctica profesional.
- 3.- Al utilizar el DISPAV 5, tener cuidado del valor del método resiente.
- 4.- Utilizar la metodología anterior y DISPAV 5, es decir la tradicional y de la UNAM-SCT, a efecto de tener una comparación.
- 5.- En todo el tamo se encuentra material susceptible de ser empleado como capa de subrasante y cuerpo de terraplén.
- 6.- El material producto de los cortes y que cumpla con la calidad para ser utilizado en la formación del cuerpo de terraplén, deberá compensarse de acuerdo a los requerimientos de la curva masa y podrá ser bandeado o compactado al 90%, de su PVSM según sea el caso.
- 7.- El material de la capa subrasante (Extraído de Banco) cumple ampliamente con las calidades estipuladas en el manual de calidad de los materiales en secciones estructurales de pavimentos (SCT-IMT).
- 8.- Durante el proceso constructivo del camino se deberá llevar un estricto control de calidad, tanto en los procedimientos de construcción como en los materiales, apegándose en general a lo estipulado en la normativa de la SCT.
- 9.- Una vez puesto en servicio el camino, es importante realizar el mantenimiento menor, es decir, realizar las actividades de limpieza en obras de drenaje y complementarias, al menos dos veces por año (antes y después del periodo de lluvias), así como también, la reconstrucción de las obras complementarias (Cuando se dé el caso).

## **BIBLIOGRAFÍA.**

- La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres.

Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas.

Volumen I y II

Alfonso Rico -- Hermilo Del Castillo

- Manual de Caminos Vecinales.

René Etcharren Gutiérrez

- Mecánica de Suelos

Tomo I y II

Juárez Badillo - Rico Rodríguez

- Normas para construcción e instalaciones. Libro 3.01.01 y

3.01.03 S.C.T.

- Normas de calidad de los materiales. Libro 4.01.01 y 4.01.03 S.C.T.
- Normas para muestreo y pruebas de materiales, equipos y sistemas, libro 6.01.01 y 6.01.03 S.C.T.
- Instructivo para el diseño estructural de pavimentos

Flexibles en carreteras, instituto de ingeniería de la UNAM.

- Estructuración de Vías Terrestres, Fernando Olivera

Bustamante, CECSA.

- Cartas Geológicas del Estado de Chihuahua esc. 1:50,000.
- Normativa de la S.C.T. versión 2004, 2006.

## PREFACIO

“ Por la gracia de Dios, la cual me ha

Sido dada como hábil constructor,

Eché el cimiento; otro edifica sobre

Él “

(CARTA A LOS CORINTIOS I-3.10)

La anterior cita bíblica parece particularmente apropiada para este libro, puesto que los suelos y los materiales térreos constituyen el substracto básico de la mayoría de las estructuras ingenieriles.