



---

---

**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**PROPUESTA DE DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE UN  
PAVIMENTO RÍGIDO PARA ÁREA RURAL.**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTA**

**CHRISTIAN SINUHE CALDERÓN GONZÁLEZ**


**ASESOR**

**ING. ALEJANDRO PERALTA ARNAUD**

**MORELIA, MICHOACÁN, NOVIEMBRE DE 2019.**

## Agradecimientos

- El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.
- A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hijo, son los mejores padres.
- A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.
- Un abrazo muy grande a nuestra impecable, Leonila Tapia Méndez y Graciela Loaiza Díaz, por su gran trayectoria y apoyo incondicional.
- En especial al Ing. Alejandro Peralta Arnaud, por su valioso apoyo como asesor para el desarrollo de este trabajo y mis sinodales el Ing. Luis Manuel Navarro Sánchez y el Ing. José Antonio Espinoza Mandujano.



**PROPUESTA DE DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE UN  
PAVIMENTO RÍGIDO PARA ÁREA RURAL.**

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	5
PALABRAS CLAVE.....	5
ABSTRAC.....	6
KEYWORDS.....	6
CAPÍTULO I.....	8
INTRODUCCIÓN.....	8
PLANTEAMINETO DEL PROBLEMA.....	9
GENERALIDADES.....	10
CAPÍTULO II.....	31
EXPLORACIÓN Y MUESTREO.....	31
INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO.....	36
PERFIL ESTRATIGRÁFICO.....	41
POZO A CIELO ABIERTO N° 1.....	41
POZO A CIELO ABIERTO N° 2.....	42
POZO A CIELO ABIERTO N° 3.....	44
TRABAJOS Y PRUEBAS REALIZADAS EN EL LABORATORIO.....	46
PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA.....	46
MEMORIA DE CÁLCULO.....	59
CAPÍTULO III.....	74
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	74
PROCESO CONSTRUCTIVO, PAVIMENTO RIGIDO.....	75
BANQUETAS.....	76
CAPITULO IV.....	81

ANEXOS (GRAFICAS Y FIGURAS).....	81
RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO .....	85
INFORME FOTOGRAFICO .....	89
FUENTES BIBLIOGRAFICAS .....	92



## **RESUMEN**

En este proyecto, se busca describir las condiciones actuales que presenta el área en cuestión, así como su estratigrafía, y los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio realizados. Se presentan los resultados de los trabajos de campo, laboratorio y gabinete, incluyendo en estos últimos la determinación del valor relativo de soporte, recomendaciones para el tipo de cimentación de la estructura del pavimento y el diseño de la losa del Pavimento Rígido.

La Mecánica de Suelos brinda las herramientas que permiten la solución a muchos problemas de la ingeniería de suelos: el origen y la formación del suelo es el primer análisis para sectorizar o inferir sobre la presencia de formaciones litológicas diferentes, de comportamientos diversos; la relación de fases permite conocer los pesos y volúmenes de los suelos y sus variaciones cuando cambia su humedad; la clasificación de los suelos se soporta en los laboratorios de granulometría y plasticidad, donde se identifican las propiedades de los suelos granulares, dependiendo de la cantidad y frecuencia de los tamaños de los granos que conforman el suelo o las cualidades de los suelos finos por la plasticidad que exponen sus partículas finas.

### **PALABRAS CLAVE**

Mecánica de suelos, estratigrafía, pavimentos, pavimento rígido, cimentación, tránsito, geología.

## **ABSTRAC**

In this project, we seek to describe the current conditions presented by the area in question, as well as its stratigraphy, and the data obtained from the laboratory tests performed. The results of the field, laboratory and cabinet work are presented, including in the latter the determination of the relative support value, recommendations for the type of foundation of the pavement structure and the design of the Slab of the Rigid Pavement.

Soil Mechanics provides the tools that allow the solution to many problems of soil engineering: the origin and formation of the soil is the first analysis to sectorize or infer about the presence of different lithological formations, of diverse behaviors; the relationship of phases allows to know the weights and volumes of the soils and their variations when their humidity changes; The classification of the soils is supported in the laboratories of granulometry and plasticity, where the properties of the granular soils are identified, depending on the quantity and frequency of the sizes of the grains that make up the soil or the qualities of the fine soils by the plasticity that exposes its fine particles.

### **KEYWORDS**

Soil mechanics, stratigraphy, pavements, rigid pavement, foundation, transit, geology.



# CAPÍTULO I



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El suelo es el material de construcción más abundante dentro de las prácticas de la ingeniería Civil, y constituye el soporte de las estructuras como edificaciones, vías, puentes, canales, torres, entre otros, además se utiliza como el material de terraplenes viales, muros de tierra reforzada con geotextil, diques, rellenos de adecuación de terrenos en relieves pendientes para áreas urbanas. Los suelos conforman los taludes de corte y de terraplenes viales y son estructuras que cumplen funciones diversas en los proyectos: son los elementos a estabilizar cuando se trata de taludes, y a la vez brindan estabilidad a los demás elementos que hacen parte de un tratamiento de pendientes, como los canales, las bermas, las estructuras y la vegetación que protege el suelo.

De ahí la necesidad de estudiar los suelos desde las diferentes ópticas y necesidades dentro de las prácticas de la Ingeniería Civil. La estabilidad volumétrica de un suelo, donde no se admiten deformaciones altas, la estabilidad de los taludes y de las estructuras que hacen parte de la cimentación de una estructura; la saturación de los suelos y sus consecuencias en la inestabilidad de taludes, la estabilidad del suelo frente a procesos de erosión hídrica o sus cambios de volumen y resistencia cuando se deshidrata, son algunos de los comportamientos que se deben estudiar en la mecánica de suelos para dar respuesta a problemas frecuentes vinculados con los materiales térreos.

La Mecánica de Suelos brinda las herramientas que permiten la solución a muchos problemas de la ingeniería de suelos: el origen y la formación del suelo es el primer análisis para sectorizar o inferir sobre la presencia de formaciones litológicas diferentes, de comportamientos diversos; la relación de fases permite conocer los pesos y volúmenes de los suelos y sus variaciones cuando cambia

su humedad; la clasificación de los suelos se soporta en los laboratorios de granulometría y plasticidad, donde se identifican las propiedades de los suelos granulares, dependiendo de la cantidad y frecuencia de los tamaños de los granos que conforman el suelo o las cualidades de los suelos finos por la plasticidad que exponen sus partículas finas.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En su trabajo práctico el ingeniero civil atiende problemas diversos y complejos planteados por el suelo. Prácticamente todas las estructuras de ingeniería civil como edificios, puentes, carreteras, túneles, muros, torres, canales o presas, deben cimentarse sobre la superficie de la tierra o dentro de ella. Para que una estructura se comporte satisfactoriamente debe estar dotada de una cimentación adecuada: cuando el terreno firme está próximo a la superficie, una forma común de transmitir las cargas de la estructura al terreno es mediante zapatas. Un sistema de zapatas se denomina cimentación superficial; cuando el terreno firme no está próximo a la superficie, un sistema habitual para transmitir el peso de la estructura al terreno firme es mediante pilotes.

A continuación el presente proyecto es el resultado de los trabajos de mecánica de suelos realizado a continuación presento el proyecto: **PROPUESTA DE DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO RÍGIDO PARA ÁREA RURAL.**

En este proyecto, se busca describir las condiciones actuales que presenta el área en cuestión, así como su estratigrafía, y los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio realizados. Se presentan los resultados de los trabajos de campo, laboratorio y gabinete, incluyendo en estos últimos la determinación del valor relativo de soporte, recomendaciones para el tipo de cimentación de la estructura del pavimento y el diseño de la losa del Pavimento Rígido.

## GENERALIDADES

La empresa AIV CONSTRUCCIONES S.A. DE C.V., a través de la P. Ing. Christian Sinhue Calderón González, solicito se realizara un estudio de mecánica de suelos la determinación del valor relativo de soporte, recomendaciones para el tipo de cimentación de la estructura del pavimento y el diseño de la losa del *Pavimento Rígido. Para la vialidad "Calle Guadalupe Victoria en la Localidad de Jaripeo Municipio de Charo Michoacán."*

La zona en estudio se encuentra ubicada al poniente del municipio de CHARO, Michoacán.

Las condiciones actuales que presenta el área en estudio son las siguientes:

- ✚ No presenta superficie de construida actualmente
- ✚ El terreno natural está constituido de material inerte y de baja plasticidad, por lo que este material es apto como terreno de cimentación pero se tendrán que hacer las modificaciones correspondientes.
- ✚ Por lo antes expuesto el tipo de material encontrado NO presenta un buen funcionamiento como superficie de apoyo para recibir los esfuerzos transmitidos por los ejes de los vehículos, así como por la casa habitación.
- ✚ No obstante, se procedió a realizar 3 TRES sondeos o pozos a cielo abierto para determinar las características mecánicas que tiene dicho material, y proponer una estructura de pavimento sobre el terreno natural.
- ✚ La zona en estudio se encuentra FUERA de toda falla geológica en la zona en estudio.

- ✚ Por la formación geológica del sitio en estudio se prevé la presencia de material inorgánico de baja plasticidad, así como de suelos residuales, lo cual se puede observar en la siguiente exposición:

El objetivo principal de este estudio es la realización del diseño adecuado para la formación de la estructura del pavimento.

Específicamente se busca definir la estratigrafía del subsuelo y las propiedades de cada estrato, así como la ubicación del nivel de aguas freáticas, para en base a ello determinar la ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RIGIDO.

Para ello, y a consecuencia de la visita al lugar, se determinó la realización de 3 sondeos directos con pruebas de campo (Sondeo a Cielo Abierto) para determinar las Características índices y propiedades mecánicas del material encontrado como terreno natural.

El terreno estudiado está ubicado dentro de la localidad de **JARIPEO, en el municipio de CHARO, Mich.**

Se puede considerar la zona en general como topografía tipo lomerío Suave y el predio en particular es con desnivel, se trata de un terreno en el que actualmente existe una construcción del tipo vivienda con uso normal, además SI existen indicios de que exista material de relleno producto de algún movimiento de tierras o para relleno, mas sin embargo el subsuelo se trata de una zona tipo suelo o terreno natural sin cargas previas.

Cabe destacar que el predio estudiado se encuentra en zona urbana, De acuerdo con la información que se nos proporcionó, el proyecto contempla la construcción del pavimento rígido.

Los datos viales se consideraran como una vialidad secundaria. Macro localización del sitio.



*Ilustración 1, Estado de Michoacán de Ocampo, Está ubicado en la región oeste del país, limitando al norte con Jalisco y Guanajuato, al noreste con Querétaro, al este con el Estado de México, al suroeste con Colima y al sur con el río Balsas que lo separa de Guerrero.*

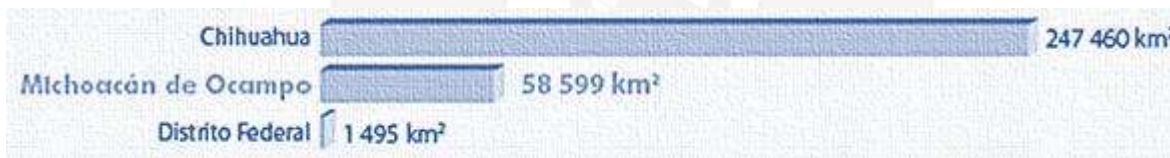
## **Datos Generales**

**Capital:** Morelia

**Municipio:** 113

**Localización:** El estado de Michoacán se sitúa hacia la porción centro - oeste de la República Mexicana, entre las coordenadas  $20^{\circ}23'27''$  y  $17^{\circ}53'50''$  de la latitud norte y entre  $100^{\circ}03'32''$  y  $103^{\circ}44'49''$  la longitud oeste del meridiano de Greenwich. Limitado al norte con los estados de Jalisco y Guanajuato, al noroeste con el estado de Querétaro, al este con los estados de México y Guerrero, al oeste con el Océano Pacífico y los estados de Colima y Jalisco, al sur con el Océano Pacífico y el estado de Guerrero.

**Extensión:** Por su extensión territorial ocupa el décimo sexto lugar nacional, con una superficie de 58,836.95 kilómetros cuadrados, que representa el 3.04 % de la extensión del territorio nacional. La entidad cuenta con 213 km. de litoral y 1,490 km. cuadrados de aguas marítimas.



*Ilustración 2, Extensión Territorial.*

**Orografía:** Al estado de Michoacán lo conforman dos grandes regiones montañosas o provincias fisiográficas, que son: la Sierra Madre del Sur y el Sistema Volcánico Transversal y Valles Intermontañosos (Cordillera Neovolcánica o Tarasco - Náhuatl).

La Sierra Madre del Sur cruza al Estado en aproximadamente 200 kilómetros en la zona Suroeste (entre los municipios de Chinicuila y Arteaga). Se le considera como la continuación de la Sierra Madre Occidental y de otras Sierras de América del Norte (Sierra Nevada, Montañas Rocallosas). Presenta una dirección de Noroeste a Sureste, extendiéndose a lo largo de la costa del océano Pacífico y muy próxima a él: tiene una anchura de casi 100 km., una altitud más o menos constante en sus partes altas de más de 2,900 m. y una superficie de 13,126.5 km<sup>2</sup>.

La mayor prominencia en esta Sierra es el Cerro de las Canoas que tiene 2,985 m. de altitud y se localiza a 7 km. al Noroeste de la población de Coalcomán, en el municipio de este mismo nombre. Otra es el Cerro Cantador con 2,436 m. de altura, localizado a 35 km., al Suroeste de Aguililla, también en el municipio de Coalcomán.

La otra región montañosa del Estado, la constituye el Sistema Volcánico Transversal (o Cordillera Neovolcánica) se localiza al sur de la altiplanicie mexicana y se formó como consecuencia de la aparición de numerosos volcanes. Este sistema tiene una longitud de 300 km. y una anchura aproximada de 130 km. La mayor parte del mismo se sitúa entre los paralelos 19° y 20° de latitud Norte y presenta líneas estructurales que siguen una dirección Noroeste Sureste.

En este Sistema, hay una región orográfica que queda representada por la Sierra de Tancítaro, que se conecta en el Noroeste con la de Peribán y se enlaza con las Sierras de San Ángel y Tarécuaro, y por el Este con las de Paracho y Carapan (en esta zona se ubica la Meseta Tarasca donde se localiza el Volcán Parícutín).

En la parte Este del Sistema, está la Sierra Mil Cumbres (Otzumatlán, la zona silvícola más importante del Estado) que es la continuación de la Sierra de Acuitzio. Más al Este se localizan las Sierras de San Andrés, (región conocida también como Los Azufres, cerca de Ciudad Hidalgo), Maravatío, Tlalpujahuá, Angangueo y Zitácuaro.

Las elevaciones orográficas más notables en esta región, son: el Tancítaro (3,857 m. en el municipio de Tancítaro); Patambán (3,525 m. en el municipio de Tangancícuaro); Cerro de Quinceo (2,750 m. en el municipio de Morelia); el Tzirate (3,300 m. en el municipio de Quiroga) y el Volcán de San Andrés (3,605 m. en el municipio de Ciudad Hidalgo).

**Hidrografía:** En el estado de Michoacán se presenta una red fluvial de mucha consideración, que tiene como arterias principales a dos grandes ríos del país, el Lerma y el Balsas; por otra parte los ríos de la región de Arteaga y Coalcomán no tienen ninguno principal, pues desembocan directamente en el Océano Pacífico y por último la pequeña red interna representada por los Lagos de Cuitzeo, Pátzcuaro y Zirahuén.



Tres grandes sistemas hidrográficos denominados por su posición geográfica del Norte, Centro y Sur, además del sistema fluvial costanero, son los que se encuentran en la entidad.

Sistema del Norte. - Cuenca del Lerma, incluye al importante río Lerma que nace en el Estado de México, atravesando el territorio michoacano en su porción nororiental, con una dirección de noreste a suroeste; en esta parte se encuentra la Presa Tepuxtepec con una capacidad de 371 millones de metros cúbicos.

Los afluentes del Lerma se localizan abajo de dicha presa, siendo los principales los ríos Talpujahuá, Cachiví y Duero, este último considerado como el tributario más

importante en la margen izquierda del Lerma, y sus afluentes desembocan finalmente en el Lago de Chapala en su extremo noreste.

La Cuenca de Cuitzeo, ocupa una superficie dentro del Estado de 3,618 kilómetros cuadrados, teniendo como principales afluentes los ríos Grande de Morelia y Queréndaro, que recibe los aportes de los ríos de San Lucas y Zinapécuaro, nace en la Sierra de Oztumatlán siguiendo su curso una dirección de sur a norte. Ambos desembocan en el Lago de Cuitzeo, considerado como el más grande en el estado.

El Lago de Chapala ocupa sólo una porción en el estado, la parte Sureste del lago, con aproximadamente 125 kilómetros cuadrados, recibe aportes de los ríos Duero y Lerma.

El Sistema del Centro está representado por los Lagos de Pátzcuaro y Zirahuén, el primero ocupa una superficie de 1,525 kilómetros cuadrados aproximadamente, comprendiendo los municipios de Erongarícuaro, Pátzcuaro, Quiroga y Tzintzuntzan. La cuenca que da origen al Lago se alimenta de numerosas corrientes tanto superficiales como subterráneas. Entre las primeras se destacan las de los ríos San Gregorio y Chapultepec, así como los arroyos



de Santa Fe y Soto. En el interior del lago se levantan los islotes denominados Janitzio, Yunuén, La Pacanda, Tecuén, Jarácuaro, Urandén y Carián.

El Lago de Zirahuén, una cuenca de 615 kilómetros cuadrados, recibe los aportes de los arroyos Manzanilla y Zinamba, los cuales nacen en el municipio de Santa Clara del Cobre.

Tanto el Lago de Pátzcuaro como el de Zirahuén, localizados en la región centro - norte del estado, en una de las partes más altas del Eje Volcánico Transversal, constituyen los centros de mayor atracción turística de la entidad, siendo la actividad pesquera una de las más importantes.

En el Sistema del Sur se sitúan la mayoría de los ríos y arroyos del estado. Es el río Balsas el más importante, el cual junto con sus numerosos afluentes ocupa una superficie de 32,950 kilómetros cuadrados. Los afluentes que en Michoacán recibe el Balsas son los ríos Cutzamala, Carácuaro y Tepalcatepec.

El río Cutzamala se une al Balsas por su margen derecha, siendo sus formadores principales.

El Río Carácuaro (5,300 kilómetros cuadrados de superficie) que corre en una dirección de norte a sur, recibe los aportes de varios ríos y arroyos, entre los que destacan los arroyos de Inguarán, Las Truchas y Los Limones, así como los ríos de Pedernales y Puruarán.

El río Tepalcatepec o Grande, considerado de mayor extensión en la cuenca del Balsas, tiene una superficie de 18,000 kilómetros cuadrados y su origen en el estado de Jalisco, en donde recibe el nombre de Quitupan, correspondiendo a Michoacán una superficie de 15,120 kilómetros cuadrados. Ingresa al estado por el municipio de Tangamandapio, corriendo en dirección noroeste a Sureste. El principal afluente del Tepalcatepec es el Río Marqués, que se origina en Uruapan en el manantial denominado “Rodilla del Diablo”, recibiendo el nombre

de Cupatitzio, atravesando los terrenos de las municipalidades de Uruapan, Parácuaro y La Huacana y que afluye al Tepalcatepec en jurisdicción de este último municipio.

La importancia del río Tepalcatepec se da desde el punto de vista agrícola, porque en su curso cruza el Plan de Tierra Caliente, zona eminentemente agrícola; además de ello, su importancia como fuente generadora de electricidad queda manifiesta por la construcción de varias presas entre las que destacan las del Cóbano, Zumpimito, Taretan, Salto Escondido y la del Infiernillo, considerada como una de las más importantes de Latinoamérica, con una capacidad de 12,500 millones de metros cúbicos de agua, que es utilizada en la generación de energía eléctrica y el riego.

En el sistema fluvial costero del estado, las corrientes fluviales que por ella drenan quedan enmarcadas dentro de la vertiente sur de la Sierra Madre del Sur, contándose entre las más importantes las de los ríos Coahuayana, Aquila, Ostula, Motín del Oro, Coire, Cachán y Nexpa. La cuenca del río Coahuayana comprende los estados de Colima, Jalisco y Michoacán, abarcando en este último los municipios de Coalcomán y Chinicuila. Tiene una extensión superficial de 1,260 kilómetros cuadrados, sus tributarios más importantes son el río Becerra y el arroyo Agua Fría; la desembocadura se ubica en la Bahía de San Telmo en la Boca de Apiza.

El río Aquila abarca parte de los municipios de Aquila, Coalcomán y Chinicuila, su cuenca cubre una superficie de 2,070 kilómetros cuadrados, se forma en la unión de los ríos Palo Dulce y Guayaba.

El río Ostula conforma una de las cuencas más pequeñas de la entidad, tiene aproximadamente 572 kilómetros cuadrados, quedando comprendida entre los municipios de Aquila y Coalcomán. Lo forman los arroyos de la Cofradía y la Mina, corriendo en una dirección de norte a sur; desemboca en el Océano Pacífico.

El río Motín del Oro, de corto curso, tiene como afluentes a los ríos Zilapa y Cacalula.

La lista de ríos y arroyos que desembocan en el Océano Pacífico asciende a más de cincuenta. Todos se originan en la Sierra Madre del Sur y fluyen en una dirección general del norte a sur. Sus cuencas son de relieve accidentado, de manera que el aprovechamiento del agua para actividades agrícolas es de escasa importancia.



Ilustración 3, Sitio de estudio, Morelia, Michoacán de Ocampo.



**Sitio de estudio:  
Morelia, Michoacán de  
Ocampo**

*Ilustración 4, Sitio de estudio, Morelia, Michoacán de Ocampo.*





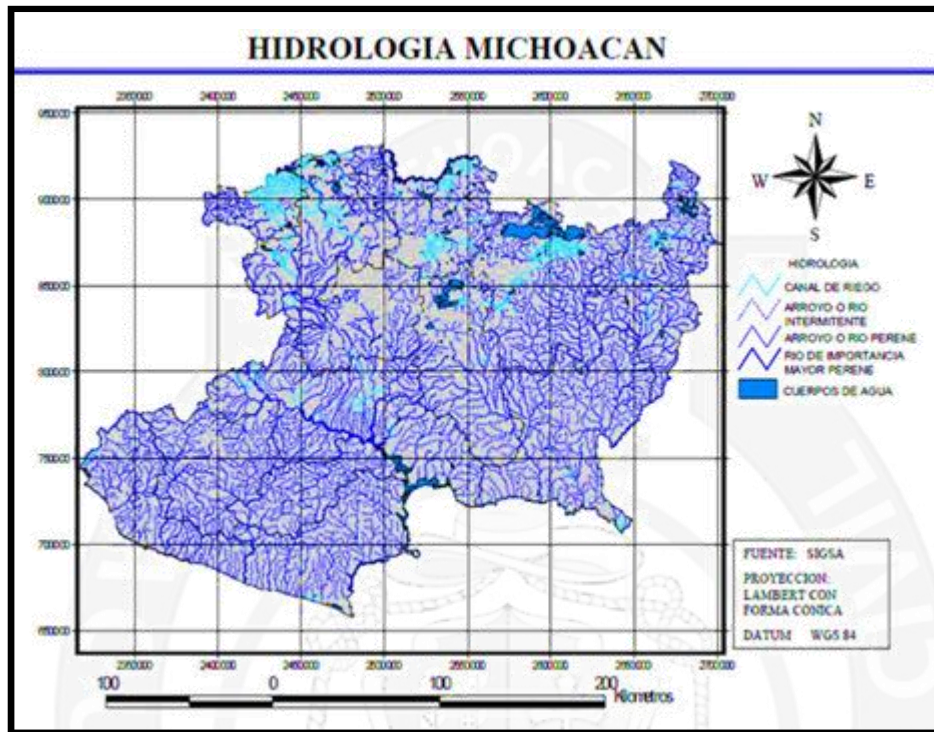


Ilustración 6 Mapa de la Hidrología de Michoacán de Ocampo.

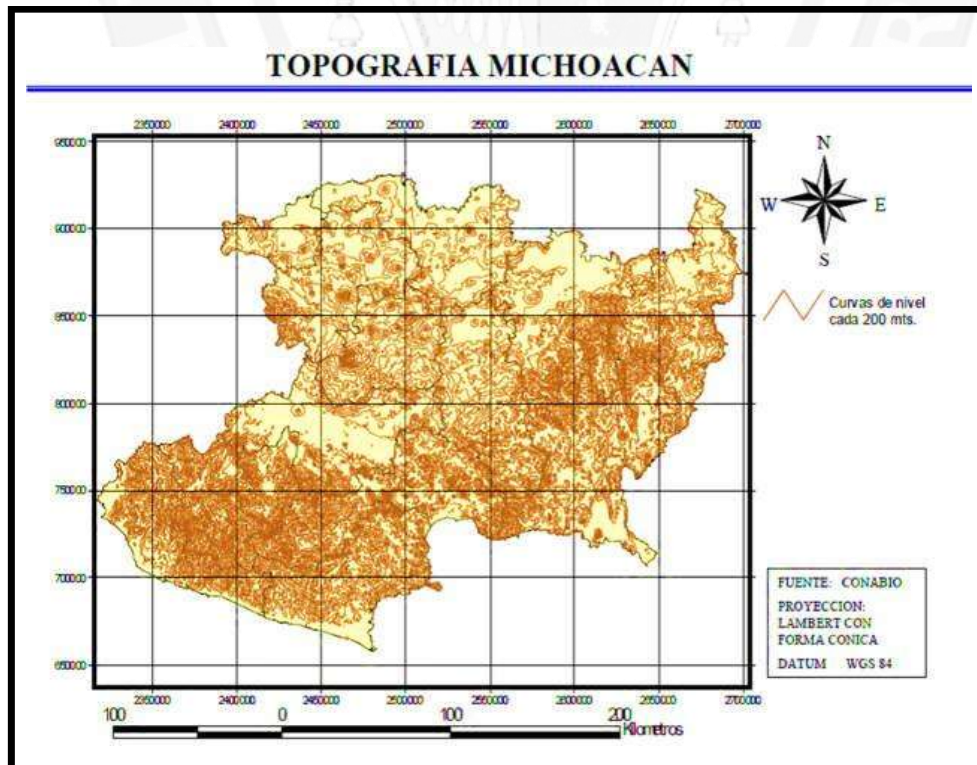
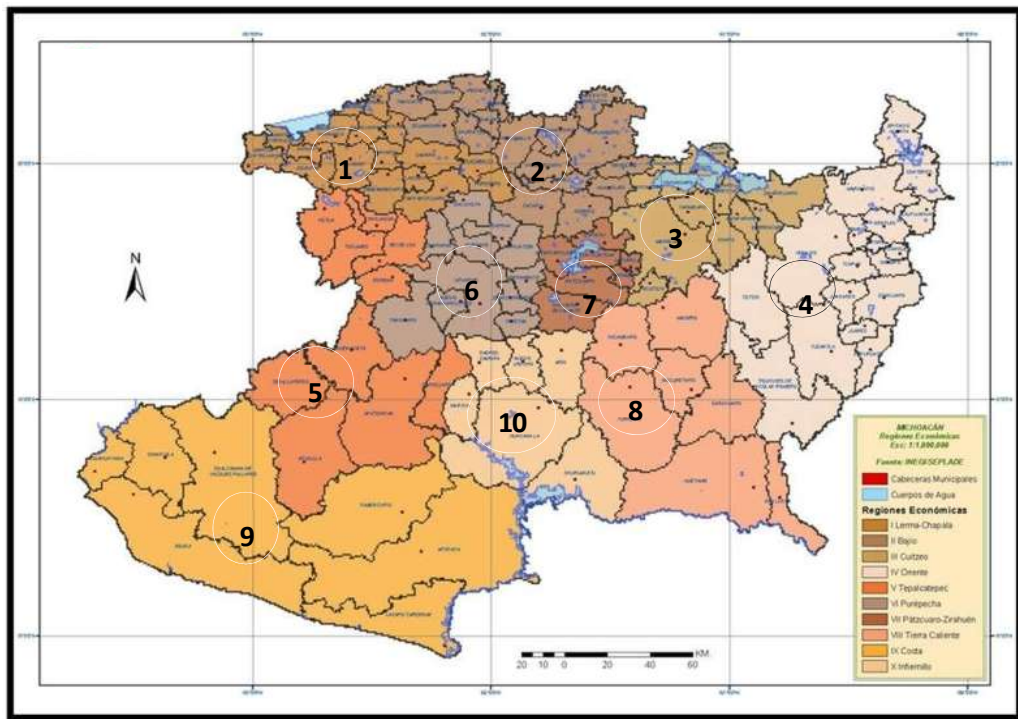


Ilustración 5, Topografía, Michoacán de Ocampo

✚ Michoacán se divide en 10 regiones



<b>1. Lerma – Chapala</b>	<b>2. Bajío</b>
<b>3. Cuitzeo</b>	<b>4. Oriente</b>
<b>5. Tepalcatepec</b>	<b>6. Purepecha</b>
<b>7. Patzcuaro - Zirahuen</b>	<b>8. Tierra caliente</b>
<b>9. Sierra Costa</b>	<b>10. Infiernillo</b>

✚ Otros datos

**Charo Michoacán.**



✚ Ubicación geográfica.

---

<b>Coordenadas</b>	Entre los paralelos 19°32' y 19°48' de latitud norte; los meridianos 100°54' y 101°07' de longitud oeste; altitud entre 1 300 y 2 800 m. Colinda al norte con los municipios de Tarímbaro, Álvaro Obregón e Indaparapeo; al este con los municipios de indaparapeo y Tzitzio; sur con el municipio de Tzitzio y el estado de
<b>Colindancias</b>	Morelia, al oeste con el estado de Morelia y el municipio de Tarímbaro. Ocupa el 0.55% de la superficie del estado.- Cuenta con 74 localidades y una población total de 19 417 habitantes.

---



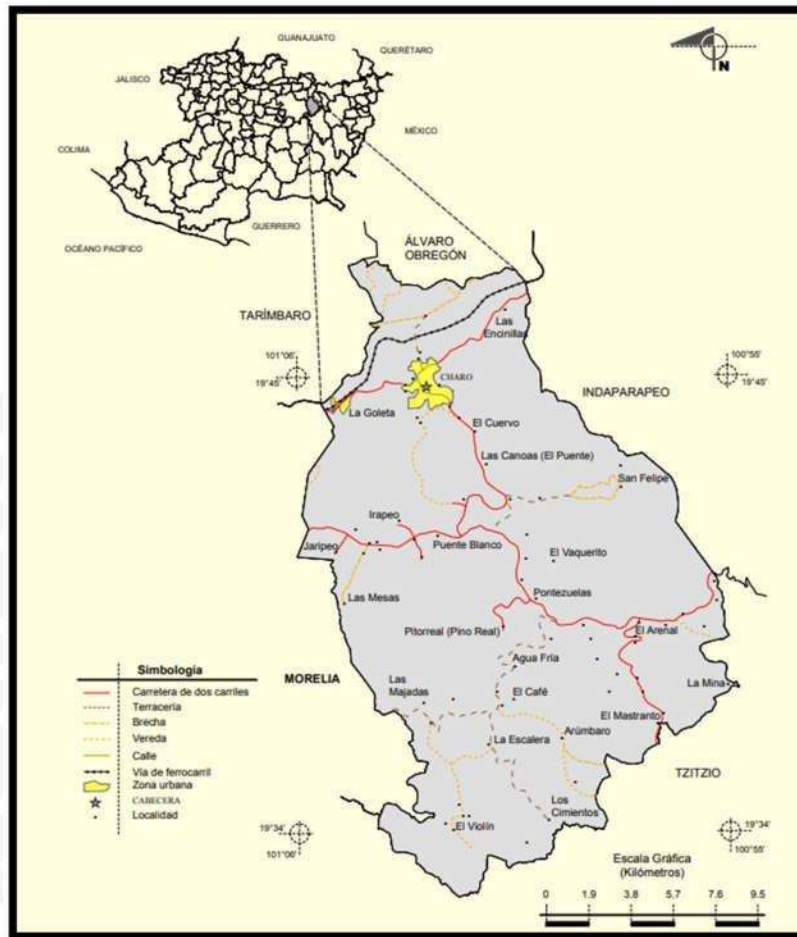


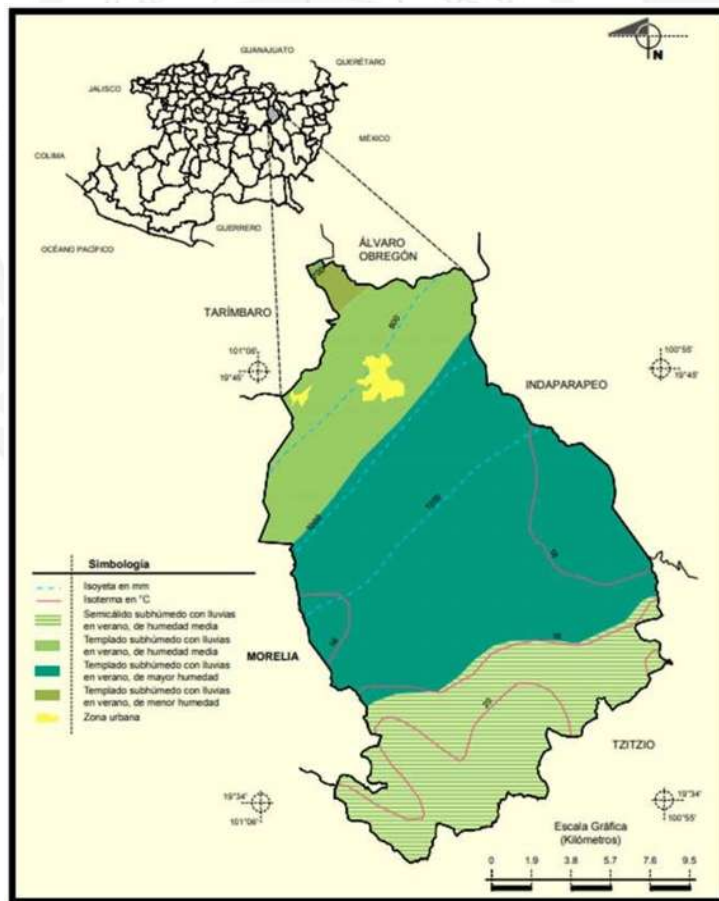
Ilustración 7, Mapa de carreteras existentes (Charo, Michoacán)

## Fisiografía

<b>Coordenadas</b>	<b>Eje neovolcánico (68.12%) y Sierra Madre del Sur</b>
<b>Colindancias</b>	<b>(31.88%)</b> Mil Cumbres (54.72%), Depresión del Balsas (31.88%) y Sierras y Bajíos Michoacanos (13.40%)
<b>Diseño de topoformas</b>	Sierra volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados (54.72%), Valle ramificado con lomerío (31.88%), Llanura aluvial (9.67%) y Lomerío de basalto (3.73%)

## Clima

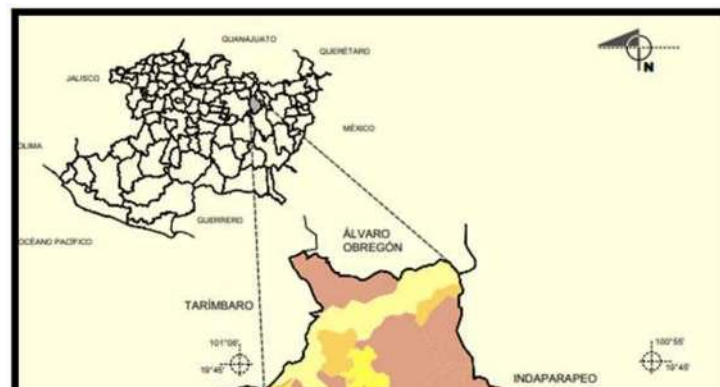
<b>Rango de temperatura</b>	14 - 20°C 700 - 1200 mm
<b>Rango de precipitación</b>	Templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (53.81%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (26.19%), templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (18.95%) y templado subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (1.05%)



**Ilustración 8, Mapa de Clima (Charo, Mich.)**

## Geología

<b>Período</b>	Neógeno (91.74%), Cuaternario (5.56%) y Paleógeno (1.69%)
<b>Roca</b>	<p>Ígnea extrusiva: andesita-brecha volcánica intermedia (47.48%), brecha volcánica intermedia (16.64%), toba ácida (9.53%), volcanoclástica (4.78%), dacita-toba ácida (4.78%), andesita (3.67%), toba intermedia-brecha volcánica (2.81%), basalto (0.36%) y dacita-brecha volcánica ácida (0.33%)</p> <p>Sedimentaria: arenisca-conglomerado (1.69%) limonita-arenisca (1.42%) y conglomerado (1.16%)</p> <p>Suelo: aluvial (4.33%) y lacustre (0.01%)</p>



**Ilustración 9, Geología.**

## Uso del Suelo y Vegetación

<b>Uso del suelo</b>	Agricultura (20.04%) y Zona urbana (1.01%)
<b>y vegetación</b>	Bosque (58.67%), Pastizal (15.92%) y Selva (3.94%)

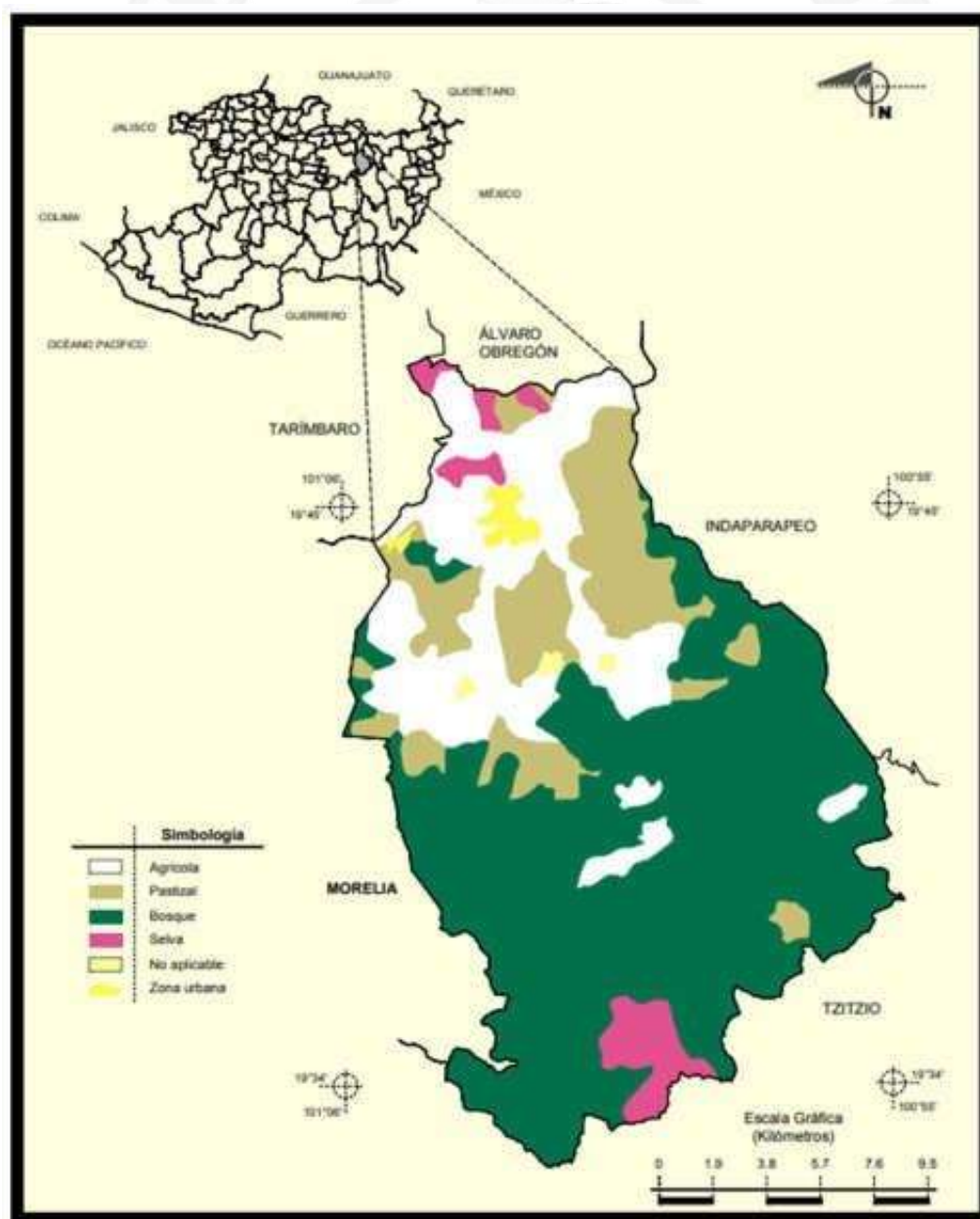
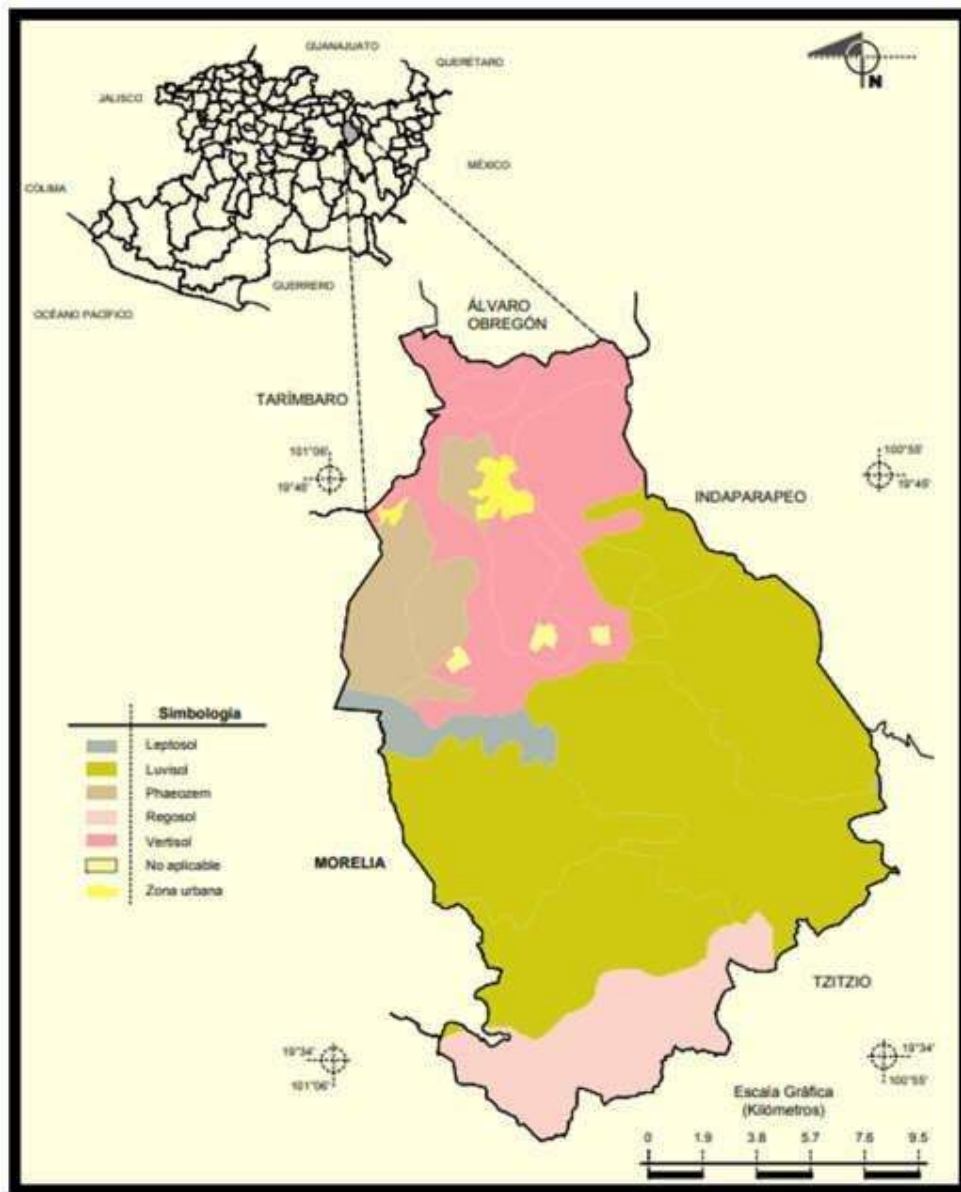


Ilustración 10, Mapa del uso de suelo y vegetación,  
(Charo, Michoacán)

**Uso potencial de la tierra**

Agrícola	Para la agricultura mecanizada continua (0.13%)
	Para la agricultura con tracción animal estacional (26.57%)





## Edafología

**Suelo Dominante** Luvisol (55.99%), Vertisol (21.32%), Regosol (10.62%), Phaeozem (7.88%) y Leptosol (2.75%)

### Zona Urbana

Las zonas urbanas están creciendo sobre suelo aluvial del Cuaternario y rocas ígnea extrusiva y sedimentaria del Neógeno, en llanura aluvial, sierra volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados y lomerío de basalto; sobre áreas donde originalmente habían suelos denominados Phaeozem y Vertisol; tienen clima templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media y están creciendo sobre terrenos previamente ocupados por agricultura, pastizal y bosque de encino.





# CAPÍTULO II

FACULTAD DE  
INGENIERÍA CIVIL



## CAPÍTULO II

### EXPLORACIÓN Y MUESTREO

El muestreo consistirá en la obtención de una porción del material con el que se pretende construir una estructura terrea o bien del material que ya forma parte de la misma, de tal manera que las características de la porción obtenida sean representativas del conjunto. El muestreo además, incluye las operaciones de envase, identificación y transporte de las muestras.

El muestreo de suelos comprende 2 tipos de muestras:

1. **Muestras inalteradas.-** Son aquellas en las que se conserva la estructura y la humedad que tiene el suelo en el lugar donde se obtenga la muestra.
2. **Muestras alteradas.-** Son aquellas que son constituidas por el material disgregado o fragmentado en las que se toman precauciones especiales para conservar las características de estructura y humedad; no obstante, en algunas ocasiones conviene conocer el contenido de agua original del suelo, para lo cual las muestras se envasan y transportan en forma adecuada.

Las *Muestras inalteradas* se obtendrán de suelos finos que puedan labrarse sin que se disgreguen. La obtención puede efectuarse en el piso o en las paredes de una excavación, en la superficie del terreno natural o en la de una terracería.



La excavación debe ser de tales dimensiones que permitan las operaciones de labrado y extracción de la misma.

En la extracción de muestras inalteradas se emplean herramientas y materiales, tales como picos, barretas, cuchillos, espátulas, cucharas de albañil, machetes, arcos de segueta con alambre de acero, estufa o lámpara para secado, brochas, cinta métrica de lienzo de 20 mts., flexo metro, recipiente metálico, manta de cielo, brea, parafina, cajones de madera. El procedimiento para su extracción es el siguiente:

Si la muestra va a ser obtenida del piso de una excavación o de una superficie prácticamente horizontal, se marca en un cuadro de 40 cm. Por lado aprox. Y con el objeto de labrar un cubo de suelo de las dimensiones mencionadas, se excava alrededor de las marcas con la herramienta apropiada, sin dañar la estructura de la muestra ya sea por presión o por impacto; se profundizará lo necesario para poder efectuar un corte horizontal en la muestra,

inmediatamente después se cubre con la manta de cielo recién embebida en una mezcla previamente preparada, de 4 partes de parafina, por una parte de brea, licuadas por medio de calor; la manta así preparada quedara bien adherida a la muestra.

Una vez protegidas las 5 caras descubiertas, se procede a preparar la muestra cuidadosamente para no dañarla e inmediatamente después, se cubre su cara inferior con una capa de manta de cielo embebida en la mezcla de brea con parafina, en la forma antes descrita. A continuación, a toda la muestra se le aplica con una brocha otra capa de parafina y brea fundidas y aprovechando la temperatura de la mezcla, se fija la tarjeta de identificación en la cara que originalmente estaba en la parte superior.

Si la muestra va a ser extraída de una pared, se procede a excavar a su alrededor una bóveda, con el objeto de facilitar el labrado de las caras superior y laterales del cubo y poder efectuar el corte horizontal en la parte inferior del

mismo. La obtención de la muestra, así como su forma, dimensiones, protección e identificación, son idénticas a lo señalado anteriormente.

Una vez extraída y protegida la muestra se colocará en un cajón de dimensiones adecuadas y relleno los espacios libres con aserrín, paja, papel u otro material similar, a fin de amortiguar el efecto de los golpes que pudieran sufrir durante el transporte.

Las muestras deberán contener los siguientes datos:

1. Obra y localización.
2. Numero de sondeo.
3. Ubicación del sondeo.
4. Número de la muestra.
5. Profundidad a la que se tomó la muestra.
6. Espesor del estrato correspondiente.
7. Clasificación de campo.
8. Uso del material.
9. Nombre del operador.
10. Observaciones y fechas.

Las Muestras alteradas de suelos podrán obtenerse en una excavación, de un frente, ya sea de corte o de un banco, o bien, de perforaciones llevadas a profundidad con herramientas especiales. Las muestras deberán ser representativas de cada capa que se atravesase, hasta llegar a una profundidad que puede corresponder al nivel más bajo de la explotación, al nivel de aguas freáticas o aquel en la cual sea necesario extender el estudio.

El peso mínimo de la muestra será de 40 kg. Que es la cantidad de suelo que comúnmente se requiere para realizar las pruebas de materiales de terracerías; esta cantidad deberá obtenerse de una muestra representativa mediante el procedimiento de cuarteo. El espaciamiento de los sondeos y el número de

muestras que se tomen deberán estar de acuerdo con la homogeneidad del suelo y el tipo de estudio que se trate. En suelos que presenten pocas variaciones en sus características, el espaciamiento de los sondeos será mayor que los suelos heterogéneos. Igualmente en los estudios preliminares el espaciamiento será mayor que en estudios definitivos.

En préstamos laterales continuos y en préstamos de banco dentro del derecho de vía, que contengan materiales homogéneos, se recomienda que los sondeos se hagan a distancias no mayores de 250 mts. Y a la profundidad suficiente para definir el espesor del material aprovechable, en el caso de bancos localizados fuera del derecho de vía, se recomienda hacer un sondeo por cada 1600 m<sup>2</sup> de superficie de acuerdo con el volumen requerido, formando una cuadrícula.

Tratándose de cortes se recomienda hacer 3 sondeos como mínimo, en el sentido del cadenamamiento que abarque el ancho de la terracería. Las herramientas y materiales que se emplean en la obtención de muestras alteradas son: picos, palas, barretas, posteadoras, barretas helicoidales, tubos galvanizados para extensiones, llaves Stillson, estufa o lámpara de secado, brochas, bolsas de lona ahulada, frascos o cápsulas de aluminio con tapa, cinta métrica de lienzo de 20 m., cordel, brea, parafina y cinta adhesiva.

Los procedimientos de muestreo, de acuerdo con el lugar donde se obtengan las porciones representativas serán como sigue:

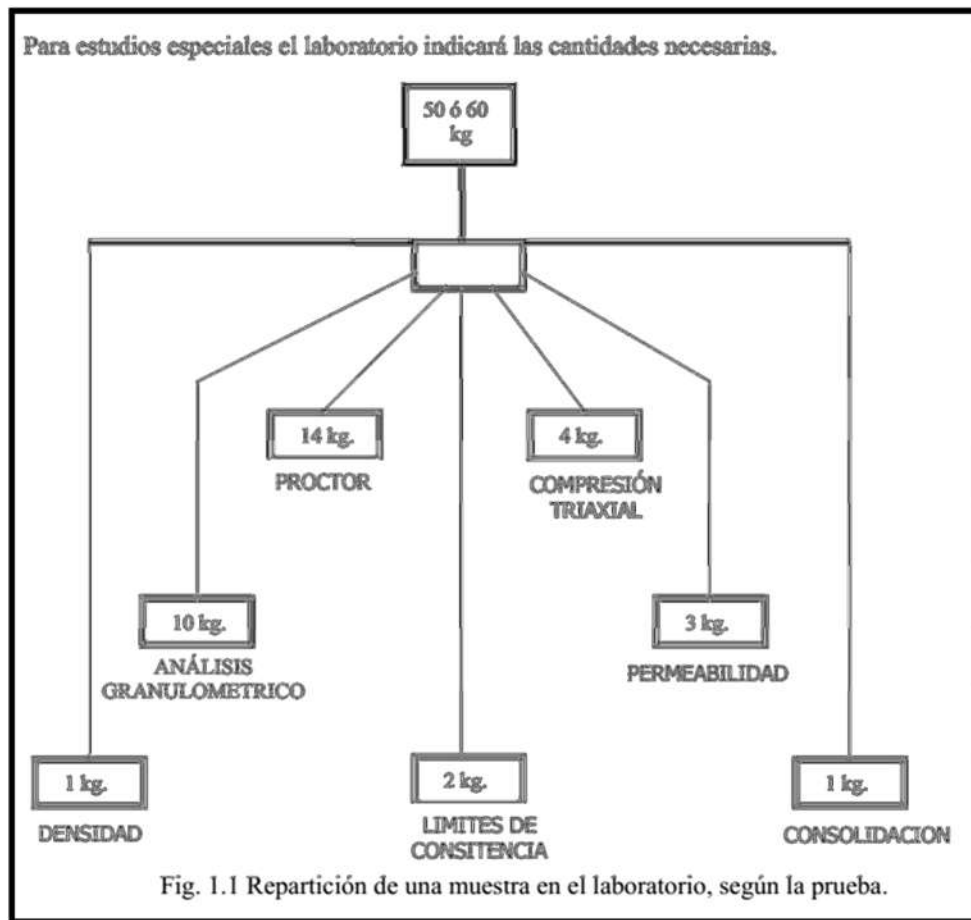
Las muestras superficiales se tomarán a profundidades variables del orden de 1 m., este muestreo puede ser aplicable para los estudios del terreno de cimentación y algunos préstamos o bancos.

En este caso se eliminan primeramente los materiales extraños que existan en la zona elegida y cuando sea necesario también se descartará la parte superficial intemperizada o con un alto contenido de materia orgánica.

Para el muestreo a mayor profundidad que el señalado anteriormente se excava un pozo a cielo abierto y se muestrean los estratos en una de las paredes del mismo o también se puede obtener la muestra o muestras del material que se extraiga al hacer una perforación con herramientas especiales. Estos procedimientos de muestreo son los que comúnmente se emplean para el estudio de bancos de materiales, de cimentaciones superficiales y del terreno en general cuando su naturaleza se los permita.

Las muestras alteradas se envasarán en bolsas de lona, cerrándolas para evitar pérdidas o contaminación y llevarán tarjetas de identificación tanto en su interior como en su exterior, atadas en la parte exterior. Cuando se requiere determinar el contenido de agua del suelo, se envasan en cápsulas de aluminio o bien en frascos de tamaño adecuado y que no propicien la evaporación del agua, cuyas tapas quedarán selladas perfectamente, mediante la aplicación de cinta adhesiva o de un baño de brea y parafina. El transporte de las muestras se hará en forma cuidadosa sin exponerlas a sufrir alteraciones y en el caso de usar frascos de vidrio, a fin de que se rompan, se empacarán en cajas de madera rellenando los espacios libres con aserrín, papel, paja o similar.

Durante la visita técnica se realizó un recorrido sobre la superficie del terreno, esto con la finalidad de conocer las condiciones actuales e indicar en qué zona se realizaría los sondeos o pozos a cielo abierto.



*Ilustración 13, Repartición de una muestra en el laboratorio, según la prueba.*

## INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO

El material que predomina en la zona lo constituyen una arcilla inorgánica de baja plasticidad color café.

En los reportes de la exploración aparecen las estratigrafías encontradas.

Durante la visita técnica se realizó un recorrido sobre la superficie del terreno, esto con la finalidad de conocer las condiciones actuales e indicar en que zona se realizaría los sondeos o pozos a cielo abierto.

En función al tamaño de la vialidad y al lugar de la construcción del pavimento,

Se determinó realizar 3 sondeos o pozos a cielo abierto, cuya ubicación se encuentra indicada en el croquis siguiente:

Una vez determinado el área de estudio se procedió a realizar los pozos en el área de la superficie de rodamiento como se muestra en la siguiente figura.







***Ilustración 15*** Sitio donde se realizó la exploración.



***Ilustración 14,*** Macro localización del sitio de la vialidad de estudio.



*Ilustración 16 Macro localización de la vialidad.*

Los sondeos se iniciaron al nivel actual del terreno, profundizándose lo necesario (inicialmente se pensó en 2.0 mts) para establecer los estratos que presentan condiciones más favorables para apoyar la cimentación. Finalmente, de acuerdo a lo encontrado en campo, el sondeo se profundizó a 1.50 mt. En promedio.

Se hicieron además, las observaciones necesarias donde se corroboró la homogeneidad del subsuelo. Se obtuvieron muestras alteradas para la determinación del valor relativo de soporte. Y obtener el diseño del pavimento.

La perforación se llevó a cabo mediante la ayuda de una máquina retroexcavadora.

Durante la exploración NO se detectaron NIVELES FREATICOS, la exploración se detuvo a esa profundidad de 1.50 mts. En promedio.



Es importante señalar que se tomaron muestras alteradas del material fino para realizar pruebas de mecánica de suelos. Con el objetivo de clasificar en S.U.C.S., y realizar una compresión simple, aunque la capacidad de carga se calculara con la fórmula de TERZAGHI y el pavimento por el método AASHTO.



*Ilustración 17 Perforación se llevó a cabo mediante la ayuda de una máquina retroexcavadora*

## PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Para fines de la interpretación del perfil se ha considerado que las profundidades se refieren al nivel actual del terreno.

Resulta conveniente describir el perfil estratigráfico a continuación:

### POZO A CIELO ABIERTO N° 1

El subsuelo está constituido por 2 estratos Y UN ESPESOR DE RELLENO que se describen a continuación:

- ✚ Estrato 1 (superior) compuesto de material orgánico, tipo despalme su espesor es de tan solo 0.10 mt.
- ✚ Estrato 2 compuesto de un MATERIAL DE RELLENO, su espesor es de 0.55 mt.
- ✚ Estrato 3 compuesto de material tipo limo no plástico, de consistencia dura.
- ✚ ***La profundidad total de exploración fue de 1.70 mts.***

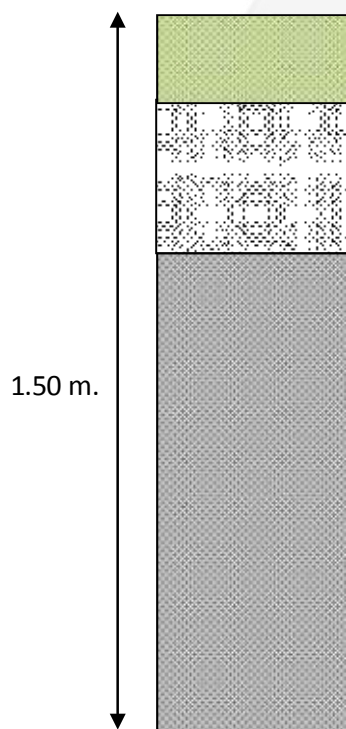


## **Estudio de Mecánica de Suelos**

Obra: PAVIMENTACION DE CALLE GUADALUPE VICTORIA

Ubicación: JARIPEO. Colonia: CENTRO

Localidad: MUNICIPIO DE CHARO, Michoacán de Ocampo. Fecha: 28 Abril de 2018.



**Ilustración 19 Perfil estratigráfico**



**Ilustración 18 No se detectó nivel freático**

### **POZO A CIELO ABIERTO N° 2**

El subsuelo está constituido por 2 estratos que se describen a continuación:

- ✚ Estrato 1 (superior) compuesto de material orgánico, tipo despalme su espesor es de tan solo 0.10 mt.
- ✚ Estrato 2 compuesto de material tipo escombros, de .30 mts de espesor

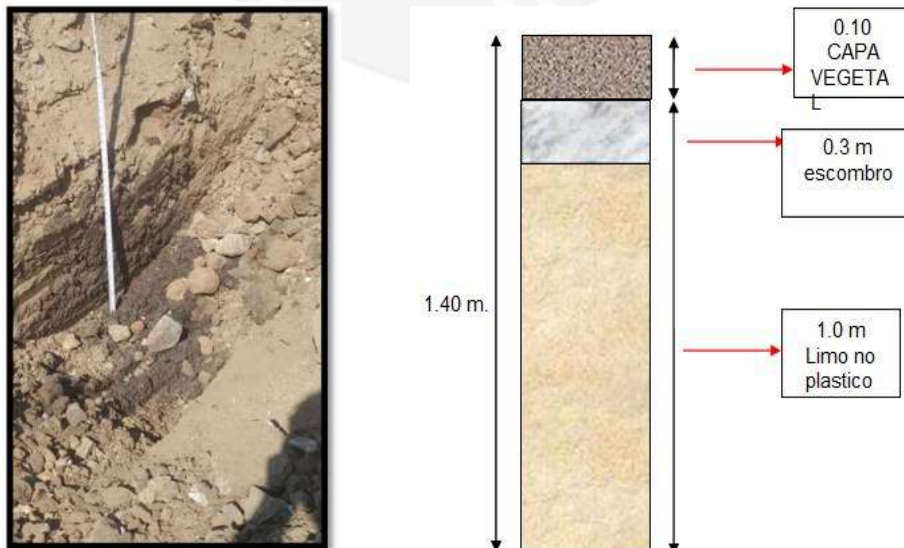


- ✚ Material tipo limo no plástico de 1.0 mt de espesor
- ✚ **La profundidad total de exploración fue de 1.50 mts.**



### **Estudio de Mecánica de Suelos**

- ✚ Obra: PAVIMENTACION DE CALLE GUADALUPE VICTORIA
- ✚ Ubicación: JARIPEO. Colonia: CENTRO
- ✚ Localidad: MUNICIPIO DE CHARO, Michoacán de Ocampo. Fecha: 28 Abril de 2018.



**Ilustración 20, Perfil estratigráfico, P.C.A. N° 2,  
NO SE DETECTO EL NIVEL DE AGUAS FREÁTICAS.**

## POZO A CIELO ABIERTO N° 3

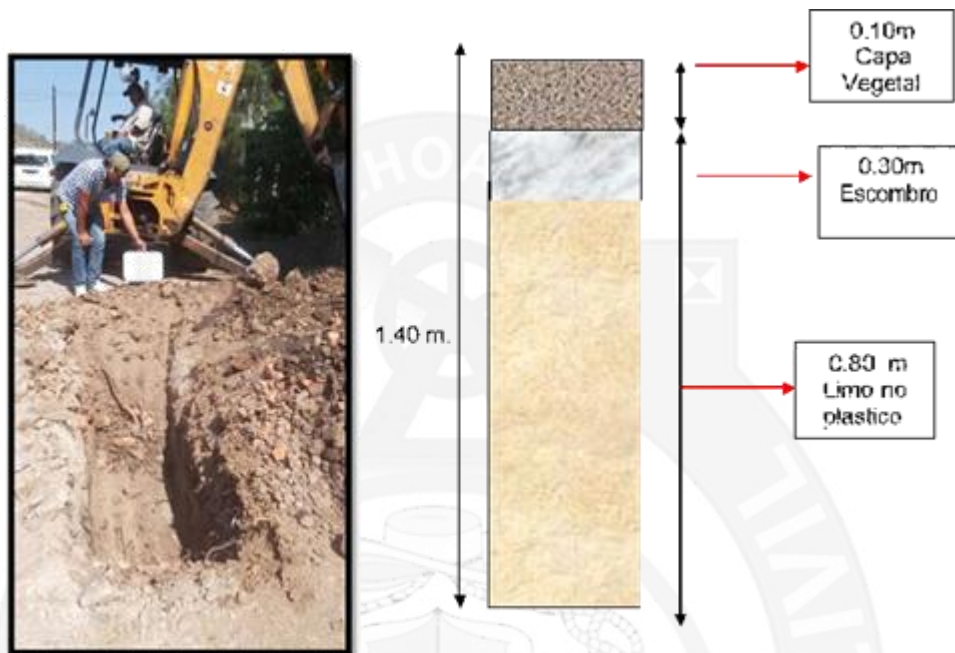
El subsuelo está constituido por 2 estratos Y UN ESPESOR DE RELLENO que se describen a continuación:

- ✚ Estrato 1 (superior) compuesto de material orgánico, tipo despalme su espesor es de tan solo 0.10 mt.
- ✚ Estrato 2 compuesto de un MATERIAL DE RELLENO, su espesor es de 0.30 mt.
- ✚ Estrato 3 compuesto de material fino no plástico, de consistencia dura. Con un espesor de 0.80 mts.
- ✚ **La profundidad total de exploración fue de 1.20 mts.**



### ***Estudio de Mecánica de Suelos***

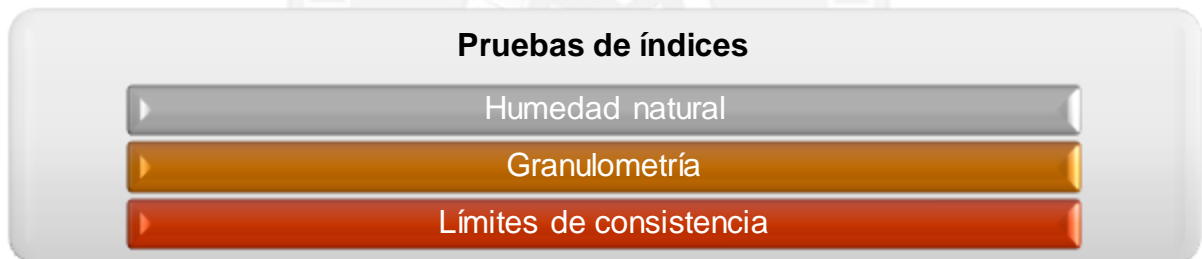
- ✚ Obra: PAVIMENTACION DE CALLE GUADALUPE VICTORIA
- ✚ Ubicación: JARIPEO. Colonia: CENTRO
- ✚ Localidad: MUNICIPIO DE CHARO, Michoacán de Ocampo. Fecha: 28 Abril de 2018.



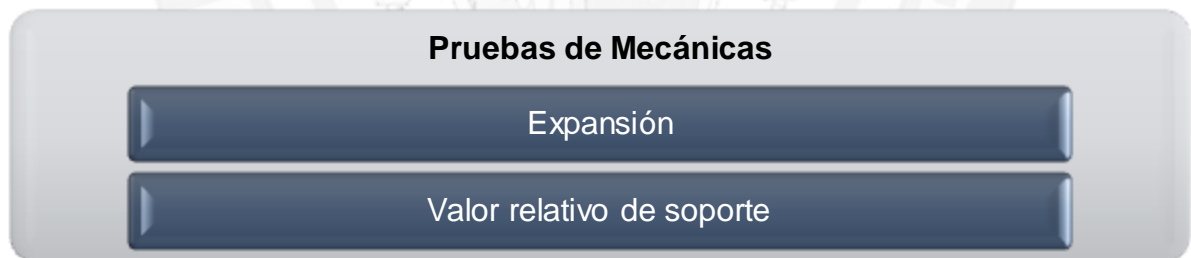
*Ilustración 21, No se detectó el nivel de aguas freáticas.*

## TRABAJOS Y PRUEBAS REALIZADAS EN EL LABORATORIO.

Las pruebas realizadas a las muestras alteradas son las siguientes:



Por las condiciones que presentan los materiales, se les realizaron los siguientes ensayos:



## PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA

### ***Determinación de los límites de plasticidad y de la contracción lineal.***

Los métodos de prueba a que se refiere esta cláusula tienen por objeto conocer las características de plasticidad de la porción de suelo que pasa la malla núm.



0.425, cuyos resultados se utilizan principalmente para la identificación y clasificación de los suelos.

1. La plasticidad es la propiedad de algunos suelos 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. Esta propiedad es originada por fenómenos electroquímicos, que propician la formación de una capa de agua absorbida de consistencia viscosa, alrededor de las partículas, cuyo efecto en la interacción de dichas partículas determina el comportamiento plástico del suelo.
2. De acuerdo con su contenido de agua, los suelos pueden estar en alguno de los siguientes 5 estados de consistencia.
  - a. Estado líquido, es el que presentan los suelos cuando manifiestan las propiedades de una suspensión.
  - b. Estado semilíquido, cuando los suelos tienen el comportamiento de un fluido viscoso.
  - c. Estado plástico, en el cual los suelos presentan las propiedades de plasticidad señaladas en el párrafo A) de este inciso.
  - d. Estado semisólido, en el que la apariencia de los suelos es la de un sólido; sin embargo, al secarse disminuyen de volumen.
  - e. Estado sólido, en el que el volumen de los suelos no varían aun cuando se les someta a secado.
3. Las fronteras entre los estados de consistencia mencionados en el párrafo 2) de este inciso, fueron establecidos por ATTERBERG bajo el nombre general de límites de consistencia, los cuales se indican a continuación:
  - a. Limite líquido, es el contenido de agua que marca la frontera entre los estados semilíquido y plástico.

- b. Limite plástico, es el contenido de agua que marca la frontera entre los estados plásticos y semisólido.
  - c. Límite de contracción, es el contenido de agua que marca la frontera entre los estados semisólido y sólido.
4. A la diferencia aritmética entre el límite líquido y el límite plástico, se le denomina índice plástico.
  5. La contracción lineal de un suelo es la reducción del volumen del mismo, mediante en una de sus dimensiones y expresada como porcentaje de la dimensión original, cuando la humedad se reduce desde la correspondiente al límite líquido o hasta la del límite de contracción.
  6. Para definir las características de plasticidad de los suelos se utilizan el límite líquido, el índice plástico y la contracción lineal.

**Para la determinación del límite líquido de un suelo por el método estándar, se emplea el procedimiento de Casagrande**, según el cual se define como límite líquido el contenido de agua de la fracción del suelo que pasa la malla núm. 0.425, cuando al ser colocada en la copa de Casagrande y efectuar en ella una ranura trapecial de dimensiones especificadas, los bordes inferiores de la misma se ponen en contacto en una longitud de trece punto cero (13.0) milímetros, después de golpear la copa veinticinco (25) veces, dejándola caer contra una superficie dura de características especiales, desde una altura de un (1) centímetro, a la velocidad de dos (2) golpes por segundo. En el método estándar el límite líquido se determina gráficamente mediante la curva de fluidez, la que se obtiene uniendo los puntos que representan los contenidos de agua correspondientes a diversos números de golpes, para los cuales la ranura se cierra en la longitud especificada.

El limite plástico de un suelo se define como el mínimo contenido de agua de la fracción que pasa por la malla Núm. 0.425, para que se pueda formar con ella cilindros de tres (3) milímetros, sin que se rompan o desmoronen.

El índice plástico de un suelo mide el intervalo de variación de la humedad dentro del cual el suelo presenta una consistencia plástica, de acuerdo con los conceptos expresados los límites líquidos y plásticos corresponden a las fronteras superior e inferior de dicha consistencia, respectivamente.

La contracción lineal de un suelo se define como la reducción en la mayor dimensión de un espécimen de forma prismática rectangular, elaborado con la fracción de suelo que pasa la malla Núm. 0.425, cuando su humedad disminuye desde la correspondiente al límite líquido hasta la del límite de contracción, expresada como un porcentaje de la longitud inicial del espécimen.

La determinación del valor relativo de soporte mediante la prueba Porter estándar se lleva a cabo sobre la fracción del suelo que pasa por la malla Núm. 25.0, elaborando un espécimen con la humedad óptima del material a estudiar, de acuerdo con el procedimiento de compactación por carga estática, descrito en el inciso 108-11.6; 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 originada por su saturación:



### ***Determinación de la humedad o contenido de agua de los suelos***

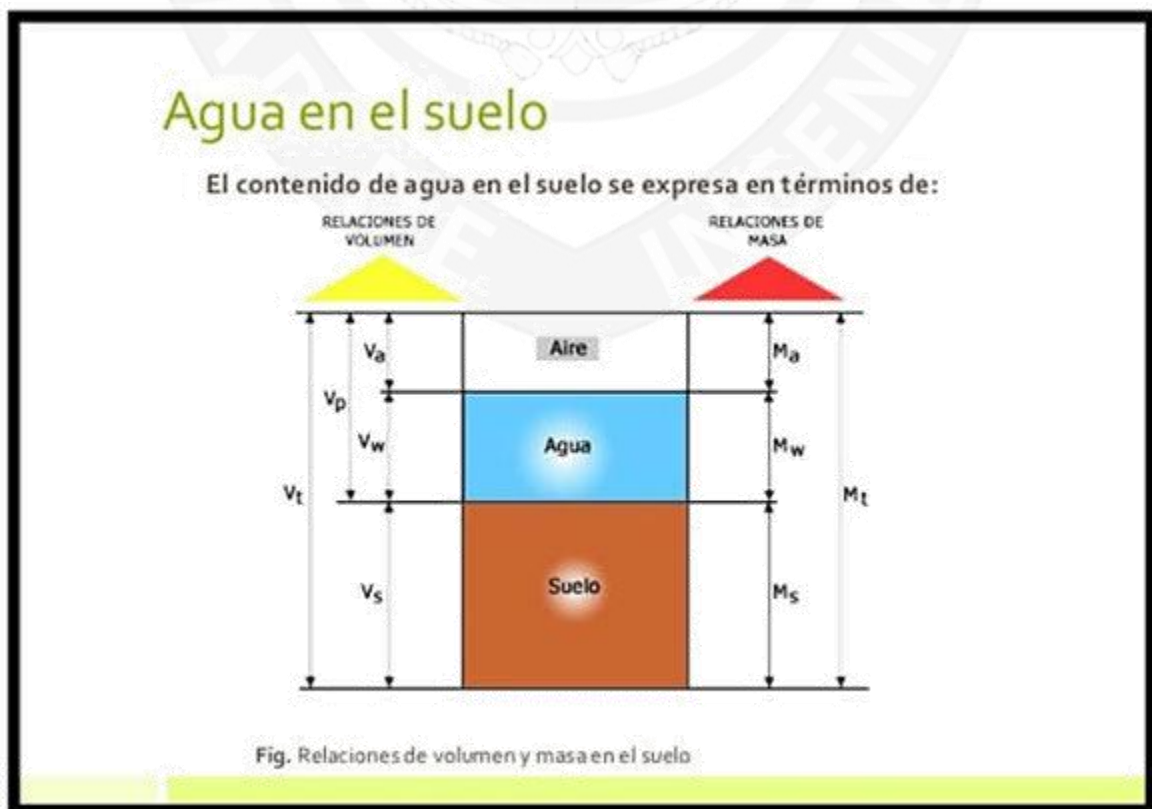
Para la determinación de la humedad o contenido de agua de los suelos, se tomara en cuenta lo siguiente:

1. La humedad o contenido de agua de un suelo es la relación expresada en por ciento, entre el peso del agua que tiene el suelo y el peso de sus partículas sólidas. Para los fines de esta prueba el contenido de agua es el peso que pierde la muestra al someterla a un proceso de secado en horno a ciento cinco más menos cinco grados centígrados ( $105 \pm 5$  °C) y el peso de las partículas sólidas es el que tiene la muestra después de someterla a dicho proceso. Su determinación proporciona una información complementaria y en ciertos casos constituye una etapa fundamental de otras pruebas que se efectúan a los suelos. Por otra parte, el conocimiento del contenido natural de agua de un suelo en algunas ocasiones puede dar idea cualitativa de su consistencia o de su probable comportamiento.
2. La determinación de la humedad se efectuara siguiendo el procedimiento de prueba estándar descrito en el inciso 108-05.2, o bien cuando no se requiera mucha exactitud se podrá aplicar la prueba rápida que se describe en el inciso 108-05.3 de esta cláusula.
3. La muestra que se destine para la prueba deberá tomarse de tal manera que sea representativa del material cuyo contenido de agua se desea obtener. Cuando se trate de conocer la humedad natural de un suelo, es conveniente que al tomar en el campo la muestra se determine de inmediato el peso inicial del material húmedo con todo y recipiente; cuando haya necesidad de transportarla al laboratorio para determinarle su humedad, deberá observarse las precauciones indicadas del inciso 108-02.3 relativo a la obtención y transporte de muestras alteradas.

4. La cantidad de muestra que debe tomarse para la determinación de la humedad será la indicada en el método de prueba correspondiente; si no hay indicación al respecto, los pesos mínimos estarán de acuerdo con lo siguiente:

Tamaño máximo del Material, en milímetros	Peso mínimo de la muestra en gramos
4.75 PASA MALLA Núm. 4.75	100
25.0 PASA MALLA Núm. 25.0	500
50.0 PASA MALLA Núm. 50.0	1000

La prueba estándar para la determinación de la humedad u contenido de agua, consiste en obtener una muestra de suelo cuyo peso estará de acuerdo con lo indicado en el párrafo D) del inciso 108-05.1, someterla a un proceso de secado al horno y determinar la relación que existe entre el peso del agua que contiene y el peso seco del material



### ***Determinación de la composición granulométrica mediante el uso de mallas.***

Esta prueba consiste en 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. La sucesión de tamaños obtenida mediante el empleo de mallas, da una idea de la composición granulométrica únicamente en dos dimensiones, por lo que las curvas resultantes solo serán representativas de materiales constituidos por partículas de forma equidimensional, si las partículas de un material tienen forma laminar o acicular, es de lajas 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.
2. 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.



3. La prueba tiene dos (2) variantes, el análisis granulométrico y el análisis granulométrico simplificado, los cuales se describen en los incisos 108-08.2 y 108-08.3, respectivamente.

El análisis granulométrico estándar consiste esencialmente en separar y clasificar por tamaños las partículas que compone el suelo, utilizando el procedimiento de cribado, es decir, haciendo pasar el material a través de un juego de mallas de aberturas cuadradas que comprende de la Núm. 75.0 a la





Núm. 0.075.

### ***Clasificación e identificación de suelos.***

Los suelos se presentan como una variedad y complejidad prácticamente infinita. Así, cualquier intento de sistematización científica acompañada de la correspondiente tendencia generalizadora, debe ir precedido por otro, en que se procure clasificar a los suelos del modo más completo posible.

De hecho, los sistemas de clasificación de suelos son tan antiguos como la propia Mecánica de Suelos, pero por el escaso conocimiento que se tenía sobre los suelos, los sistemas que aparecieron en un principio estaban basados en características poco relevantes (olor, color, textura, etc), o muy difíciles de correlacionar con los fundamentales; estos sistemas están hoy superados y no conviene dedicarles atención, entonces dado el escaso conocimiento que sobre los suelos se tenía, fundándose en criterios puramente descriptivos nacieron así varios sistemas, de los cuales, los basados en las características granulométricas, ganaron popularidad rápidamente.

La granulometría ofrece un medio sencillo y evidente para clasificar suelos. En verdad, basta dividir un suelo en sus fracciones granulométricas para tenerlo "clasificado", si previamente se conviene en dar una denominación particular a las distintas fracciones según queden comprendidas en una determinada gama de tamaños. Los sistemas de clasificación granulométrica, tan populares en el pasado, tuvieron esa génesis tan simple y los términos grava, arena, limo y arcilla aún tienen para muchos un significado relacionado únicamente con el tamaño de las partículas constitutivas de esos suelos o fracciones.

Es evidente que un sistema de clasificación de suelos debe agruparlos de acuerdo con sus propiedades mecánicas básicas, por ser estas las que interesan para la aplicación en la construcción. A la vez, el criterio clasificador

ha de ser preponderantemente de naturaleza cualitativa, puesto que un sistema que incluyera relaciones cuantitativas resultaría excesivamente engorroso y complicado.

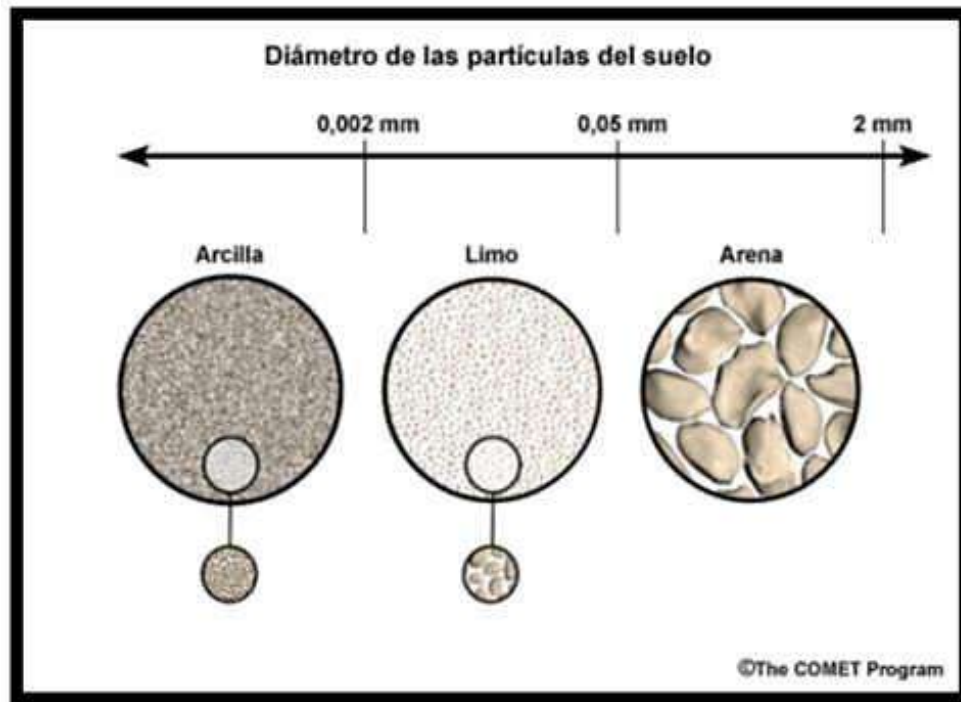
Probablemente lo menos que puede esperar un técnico de un sistema de clasificación es que sirva, para formar su criterio respecto al suelo en cuestión, antes de que adquiera conocimientos más profundos y extensos de las propiedades del mismo; así, al usar el sistema será posible, entre otras cosas, obtener criterios para saber en qué direcciones es conveniente profundizar la investigación.

A pesar de su sencillez, los criterios de clasificación puramente granulométricos resulta hoy poco apropiados porque la correlación de la distribución granulométrica con las propiedades fundamentales (resistencia, compresibilidad, relaciones, esfuerzo, deformación, permeabilidad, etc), resultan demasiado inseguros y sujetos a excepciones y casos especiales

La identificación aproximada de los suelos se efectuará mediante las pruebas de granulometría, dilatancia, tenacidad y resistencia en estado seco.

Dada la complejidad y prácticamente la infinita variedad con que los suelos se presentan en la naturaleza, cualquier intento de sistematización científica, debe ir precedido por otro de clasificación completa. Es evidente que un sistema de clasificación que pretenda cubrir hoy las necesidades correspondientes, debe de estar basado en las propiedades mecánicas de los suelos, por ser estas lo fundamental para las aplicaciones ingenieriles. Entre los diversos estudios tendientes a encontrar un sistema de clasificación que satisfaga los distintos campos de aplicación a Mecánica de Suelos, destacan los efectuados por el doctor A. Casagrande en la Universidad de Harvard, los cuales cristalizaron en el conocido Sistema de Clasificación de Aeropuerto, así originalmente llamado, debido a que estaba orientado para uso en aquel tipo de obras.

Un suelo se considera grueso si el más del 50% de sus partículas son gruesas, y fino, si más de la mitad de sus partículas, en peso, son finas. Se describirán en primer lugar los diferentes grupos referentes a suelos gruesos.



### **Valor Relativo De Soporte (VRS)**

Esta es una prueba para determinar las características de resistencia de un suelo que se utiliza principalmente para el diseño de pavimentos. La muestra para llevar a cabo la prueba deberá haber sido secada, disgregada y cuarteada según los procedimientos normales. Cuando se ha logrado la disgregación de los grupos se tamiza la muestra por la malla de 3/4". Si la muestra original contiene material mayor de %, ese peso debe reemplazarse por la misma

cantidad de material que pasa la malla de  $\frac{1}{2}$ " y se retiene en la de 14". La muestra seleccionada del suelo de la sub-rasante se compacta en un molde que tiene 6" de diámetro y 6 a 7 pulgadas de altura, se eligen el contenido de agua, la densidad y el esfuerzo de compactación empleados en el moldeo de la muestra para que correspondan a las condiciones de campo esperadas. Después de que se ha compactado la muestra, se coloca sobre ella una sobrecarga con un peso equivalente al peso estimado del pavimento y la base, y se sumerge en agua el conjunto durante cuatro días. Al completarse dicho período durante el cual se embebe la muestra, se retira ésta del agua y se deja que escurra por un periodo de 15 minutos. La muestra, conservando la sobrecarga que se le impuso, se somete de inmediato a penetración mediante un émbolo de 1.95" de diámetro, el cual se mueve a una velocidad de 0.05 pulg/min. Se registran las cargas totales correspondientes a las penetraciones de 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 y 0.5 pulgadas. Se traza entonces una curva carga - penetración se hacen algunas correcciones necesarias, y se determina el valor corregido de la carga unitaria correspondiente a una penetración de 0.1 pulg. Después, se compacta dicho valor con otro de 1000 lb/pulg es necesario para producir la misma penetración en roca triturada estándar. Se calcula entonces el valor relativo de soporte utilizando la siguiente expresión. Carga unitaria a una penetración de

0.1 pulg.  $VRS\% = \frac{C}{1000} \times 100$  El método comprende tres ensayos que son: a) determinación del peso volumétrico máximo y humedad óptima, b) determinación de las propiedades expansivas del material, y c) determinación del Valor Relativo de Soporte. El molde empleado es de 15.24 cm (6") de diámetro interior por 20.32 cm (8") de altura. La SCT especifica que el VRS debe cumplir con el 80 % mínimo. Por lo tanto el material no cumple con esta condición. En la zona de recta, en los pozos a cielo abierto realizados a lo largo de la recta se observó que el material de relleno tiene 1.0 m de espesor,

también se tomaron muestras integrales realizándose pruebas de calidad, indicando el resultado de la prueba de VRS



*Ilustración 22, Equipo para realizar la prueba del Valor Relativo de Soporte (VRS)*



## MEMORIA DE CÁLCULO

### PAVIMENTO RÍGIDO

#### *Superficie de rodamiento a base de losa de concreto hidráulico:*

El método usado para este caso es el más usado nivel mundial, que es:

EL MÉTODO AASHTO. Para determinar el espesor de la capa de base y subrasante.

La formula general a la que llegó al AASHTO para el diseño de pavimentos rígidos, basada en los resultados obtenidos de la prueba AASHTO es la siguiente:

1986-93 Ecuación de Diseño de Pavimentos Rígidos

$$\log_{10} (E18) = \left\{ \begin{array}{l} \text{Desviación Estándar Normal} \rightarrow Z_r \times S_o + 7.35 \times \log_{10} (D+1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta \text{PSI}}{4.5-1.5} \right]}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}} \\ \text{Error Estándar Combinado} \rightarrow \\ \text{Espesor} \rightarrow \\ \text{Tráfico} \rightarrow + (4.22 - 0.32 \times \text{pt}) \times \log_{10} \left[ \frac{S'c \times Cd \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \left[ D^{0.75} - \frac{18.42}{(Ec/k)^{0.25}} \right]} \right] \end{array} \right.$$

Labels in the diagram:  
 -  $Z_r$ : Error Estándar Combinado  
 -  $S_o$ : Desviación Estándar Normal  
 -  $D$ : Espesor  
 -  $\Delta \text{PSI}$ : Diferencia de Serviciabilidad  
 -  $S'c$ : Serviciabilidad Final  
 -  $Cd$ : Coeficiente de Drenaje  
 -  $J$ : Módulo de Ruptura  
 -  $Ec/k$ : Módulo de Elasticidad  
 -  $Ec/k$ : Módulo de Reacción  
 -  $215.63 \times J$ : Coeficiente de Transferencia de Carga

Las variables que intervienen en el diseño de los pavimentos constituyen en realidad la base del diseño del pavimento por lo que es importante conocer las consideraciones más importantes que tienen que ver con cada una de ellas para así poder realizar diseños confiables y óptimos al mismo tiempo.

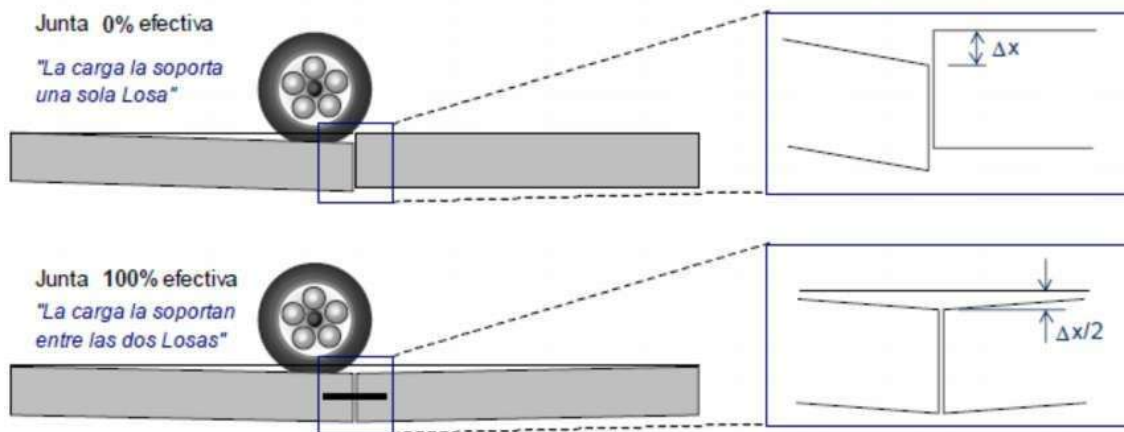
El procedimiento de diseño normal es suponer un espesor de pavimento e iniciar a realizar tanteos, con el espesor supuesto calcular los Ejes Equivalentes y posteriormente evaluar todos los factores adicionales de diseño, si se cumple el equilibrio en la ecuación el espesor supuesto es resultado del problema, en caso de no haber equilibrio en la ecuación se deberán seguir haciendo tanteos para tomando como valor semilla el resultado del tanteo anterior. La convergencia del método es muy rápida.



## Variables de diseño de Pavimentos Rígid

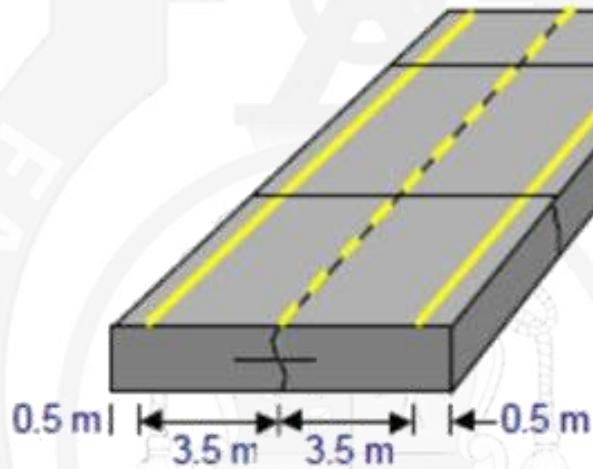
- Espesor
- Serviciabilidad
- Tráfico
- Transferencia de carga
- Propiedades del concreto
- Resistencia de la subrasante
- Drenaje
- Confiabilidad

El Coeficiente de Transferencia de Carga considera el esfuerzo de transferencia a través de la junta o grieta.

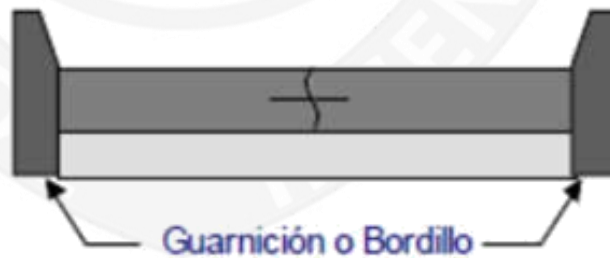


Soporte Lateral . - El confinamiento que produce el soporte lateral contribuye a reducir los esfuerzos máximos que se generan en el concreto por efecto de las cargas. Un pavimento de concreto puede considerarse lateralmente soportado cuando tenga algunas de las siguientes características en su sección:

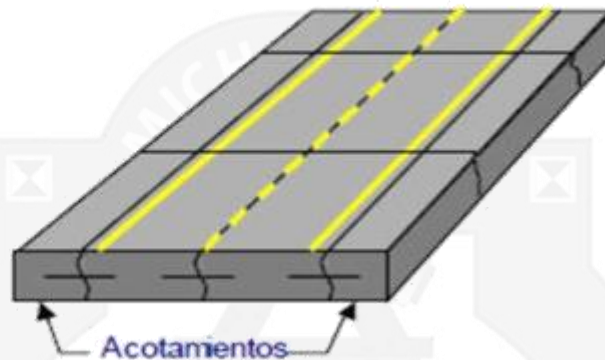
- Carril Ancho  $\geq 4.0$  m



- Confinamiento con Guarniciones o Banquetas



## - Con Acotamientos Laterales



Pasajuntas.- Barra de acero redondo liso  $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$  la cual no se debe de adherir al concreto permitiendo el libre movimiento de losas longitudinalmente, pero si debe de transferir verticalmente parte de la carga aplicada en una losa a la adyacente. Se colocan perfectamente alineadas a la mitad del espesor de la losa.

El diámetro, longitud y separación de las pasajuntas esta en función de el espesor de las losas principalmente. Algunas recomendaciones prácticas para la selección de la Barra son las siguientes:

Espesor de Losa		Barras Pasajuntas					
		Diámetro		Longitud		Separación	
cm	in	mm	in	cm	in	cm	in
13 a 15	5 a 6	19	3/4	41	16	30	12
15 a 20	6 a 8	25	1	46	18	30	12
20 a 30	8 a 12	32	1 1/4	46	18	30	12
30 a 43	12 a 17	38	1 1/2	51	20	38	15
43 a 50	17 a 20	45	1 3/4	56	22	46	18

Son dos las propiedades del concreto que influyen en el diseño de un pavimento de concreto y en su comportamiento a lo largo de su vida útil:

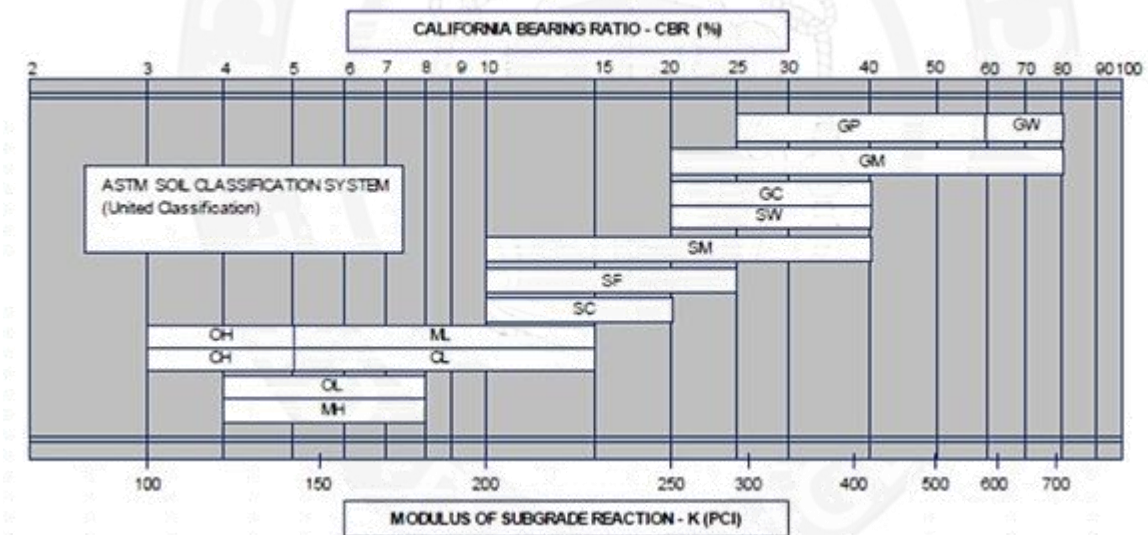
- Resistencia a la tensión por flexión ( $S'c$ ) ó Módulo de Ruptura (MR)
- Módulo de Elasticidad del Concreto ( $E_c$ )

Módulo de Ruptura (MR) .- Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión es recomendable que su especificación de resistencia sea acorde con ello, por eso el diseño considera la resistencia del concreto trabajando a flexión, que se le conoce como resistencia a la flexión por tensión ( $S'c$ ) o Módulo de Ruptura (MR) normalmente especificada a los 28 días.

Módulo de Ruptura Recomendado

Tipo de Pavimento	MR recomendado	
	Kg/cm2	psi
Autopistas	48.0	682.7
Carreteras	48.0	682.7
Zonas Industriales	45.0	640.1
Urbanas Principales	45.0	640.1
Urbanas Secundarias	42.0	597.4

Correlación 1 con SUCS y VRS



**CALCULO DE TRANSITO ACUMULADO EN EJES SENCIL OS DE 8.2 TON POR EL METODO DE LA U.N.A.M**

CAMINO	CAL EGUALLUPE VICTORIA LOCALIDAD DE JARIFE	
MUNICIPIO	CHARO	
ESTADO:	MICHOCAN	
DATOS:		
TASA DE CRECIMIENTO ANUAL=		
	(%)	0.0
AÑOS DE SERVICIO=		1
TDP A en el caril del año=		30

TIPO DE VEHICULO	COMPOSICION DEL TRANSITO (%)	COEFICIENTE DE DISTRIBUCION DE VEHICULOS CARGADOS Y VACIOS		COMPOSICION DEL TRANSITO CARGADO O VACIO	COEFICIENTES DE DAÑO						NUMEROS DE EJES SENCIL OS EQUIVALENTES					
					Z=5cm	Z=15cm	Z=30cm	Z=60cm	Z=90cm	Z=120cm	Z=5cm	Z=15cm	Z=30cm	Z=60cm	Z=90cm	Z=120cm
A	85	CARGADO	0.8	0.680	0.0 40	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 27	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0
		VACIO	0.2	0.170	0.0 40	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 07	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0
B2	10	CARGADO	0.8	0.080	2.310	2.120	2.590	2.9 0	3.090	3.140	0.1848	0.1696	0.2072	0.2392	0.2472	0.2512
		VACIO	0.2	0.020	2.0 0	0.4920	0.580	0.940	0.940	0.1940	0.040	0.0 98	0.0 52	0.0 39	0.0 39	0.0 39
C2	5	CARGADO	0.8	0.040	2.240	2.290	3.50 0	4.520	4.810	4.920	0.0896	0.0916	0.140	0.1808	0.1924	0.1968
		VACIO	0.2	0.010	2.0 0	0.04 0	0.0 60	0.0 40	0.0 40	0.0 40	0.020	0.0 04	0.0 01	0.0 0	0.0 0	0.0 0
		CARGADO	0.8	0.0 0	3.490	2.9 0	2.320	2.60 0	2.670	2.70 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0
		VACIO	0.2	0.0 0	1.9 90	0.0830	0.020	0.01 0	0.01 0	0.01 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0
		CARGADO	0.8	0.0 0	5.8 0	5.10 0	3.80 0	4.140	4.230	4.270	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0
		VACIO	0.2	0.0 0	5.0 0	0.1 30	0.020	0.0120	0.0120	0.0120	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0
		CARGADO	0.8	0.0 0	6.8 0	4.970	3.80 0	4.140	4.230	4.270	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0
		VACIO	0.2	0.0 0	6.0 0	0.1540	0.040	0.020	0.020	0.0230	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0
		CARGADO	0.8	0.0 0	9.640	5.140	2.780	2.560	2.510	2.50 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0
		VACIO	0.2	0.0 0	9.0 0	0.1650	0.040	0.02 0	0.02 0	0.02 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0	0.0 0
<b>SUMA</b>	<b>100</b>			<b>10</b>							<b>0.3 8</b>	<b>0.271</b>	<b>0.352</b>	<b>0.424</b>	<b>0.4 4</b>	<b>0.452</b>
											<b>300</b>	<b>300</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>300</b>	<b>30</b>

AÑO	TDPA EN EL CARRIL DE DISEÑO	TASA DE CRECIMIENTO (%)	COEFICIENTE DE ACUMULACION DE TRANSITO C.A.T.	EJES EQUIVALENTES					
				Z=5	Z=15	Z=30	Z=60	Z=90	Z=120
				MLLONES DE EJES (10 <sup>6</sup> )					
1	300	3	365	0.037	0.030	0.039	0.046	0.049	0.049
2	300	3	741	0.075	0.060	0.078	0.094	0.099	0.100
3	300	3	1128	0.114	0.092	0.119	0.143	0.150	0.153
4	300	3	1527	0.155	0.124	0.161	0.194	0.203	0.207
5	300	3	1938	0.196	0.158	0.205	0.246	0.258	0.263
6	300	3	2361	0.239	0.192	0.250	0.300	0.314	0.320
7	300	3	2797	0.283	0.228	0.296	0.356	0.372	0.379
8	300	3	3246	0.329	0.264	0.343	0.413	0.432	0.440
9	300	3	3708	0.376	0.302	0.392	0.472	0.493	0.503
10	300	3	4184	0.424	0.341	0.442	0.532	0.557	0.567
11	300	3	4675	0.474	0.381	0.494	0.595	0.622	0.634
12	300	3	5180	0.525	0.422	0.548	0.659	0.689	0.702
13	300	3	5700	0.578	0.464	0.603	0.725	0.758	0.773
14	300	3	6237	0.632	0.508	0.659	0.793	0.830	0.846
15	300	3	6789	0.688	0.553	0.718	0.863	0.903	0.920

$\sum L'S Lo=$	0.338	6789	150	343979	0.34397854	$X10^6$
$\sum L'S Lo=$	0.452	6789	150	460186	0.46018586	$X10^6$

Se considera una validad secundaria.

Entonces para aplicar la formula AASHTO antes indicada se tomaran los valores siguientes:



El procedimiento de diseño consiste en proponer un espesor y realizar los tanteos. Con el espesor propuesto se calculan los ejes equivalentes con todas las variables de diseño. Si cumple el equilibrio la ecuación el espesor propuesto es el resultado del problema, de caso contrario, se propone otro espesor.

### Variables de Diseño

Las variables de diseño son:

- 1.- Espesor
- 2.- Serviciabilidad
- 3.- Tránsito
- 4.- Transferencia de carga
- 5.- Propiedades del concreto
- 6.- Resistencia de la subrasante
- 7.- Drenaje
- 8.- Confiabilidad

#### Espesor

Es la variable que pretendemos determinar al realizar un diseño, el resultado está afectado por todas las demás variables que intervienen en el cálculo. Es importante especificar el tipo de pavimento a diseñar ya que a partir de espesores regulares una pequeña variación en el espesor puede significar una variación importante en la vida útil. De acuerdo a estándares.

#### Serviciabilidad

La serviciabilidad se define como la habilidad del pavimento de servir al tipo de tránsito considerado, se mide en una escala de 0 a 5 en donde "0" es totalmente intransitable y "5" es una calificación excelente. La serviciabilidad es una medida subjetiva, más sin embargo, la tendencia es poder medirla con parámetros técnicos para lo cual utilizamos el índice de perfil, de rugosidad internacional, e coeficiente de fricción, las distancias de frenado y las distancias de visibilidad.

Serviciabilidad inicial 4 y 4.5  
Final 1.5 y 2 Pavimentos Rígidos



En una vía con dos carriles en el sentido de diseño e recomienda del 50 al 80% del tránsito en ese sentido.

AASHTO. Recomienda los siguientes valores para el factor de carril

- A) Para un carril de circulación de 1.0
  - B) Para dos carriles de circulación de 0.80 a 1.0
  - C) Para tres carriles de circulación 0.6 a 0,8
  - D) Para cuatro carriles de circulación 0.5 a 0.75
- Transferencia de carga

La transferencia de carga es la capacidad de una losa de transmitir fuerzas cortantes a sus losas adyacentes, con el objeto de minimizar las deformaciones y los esfuerzos en la estructura del pavimento, es decir, mientras mejor sea la transferencia de carga mejor será el comportamiento de la losa del pavimento.

La efectividad de la transferencia de carga entre capas adyacentes depende de los siguientes factores:

1. Del volumen de tránsito
2. Utilización de pasajuntas
3. Del soporte lateral de las losas

Una manera de transferir la carga de una losa a otra es mediante la trabazón de los agregados, q se genera en la grieta debajo del corte de la junta, sin embargo, esta transferencia de carga "solamente se recomienda para vialidades con tránsito ligero" la utilización de pasajuntas es la manera más conveniente de lograr la efectividad en la transferencia de cargas. El coeficiente de transferencia de carga considera el esfuerzo de transferencia a través de la junta.





El soporte lateral es el confinamiento que producen las banquetas o guarniciones y contribuye a reducir los esfuerzos que se generan en el contacto por efecto de la carga.

El confinamiento que produce el soporte lateral contribuye a reducir los esfuerzos máximos que se generan en el concreto por efecto de las cargas. Un pavimento de concreto puede considerarse lateralmente soportado cuando se tenga uno de los siguientes casos:

1. Ancho de carril  $> 4\text{m}$
2. Confinamiento con guarniciones o banquetas
3. Con acotamientos laterales.

Los pasa juntas son barras de acero de redondo liso de  $4200\text{ kg/cm}^2$  de esfuerzo de fluencia, que no se deben de adherir al concreto para permitir el libre movimiento de las losas longitudinalmente, pero si debe de transferir verticalmente parte de la carga aplicada en una losa a la losa adyacente. Se colocan perfectamente alineadas a la mitad del espesor de la losa.

El diámetro, longitud y separación de las pasa juntas está en función del espesor de la losa.

## Propiedades del concreto

### Vida útil

- Modulo de ruptura (MR): debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente flexión es recomendable que su especificación de resistencia sea acorde a ello, por eso el diseño considera la resistencia del concreto trabajando flexión, que se le conoce con el nombre técnico de resistencia a la flexión por tensión o modulo de ruptura cuyo parámetro obtenido es a los 28 días.

Los valores recomendados para el modulo de ruptura son:

- Autopistas de 48 kg/cm<sup>2</sup>
- Carreteras de 48 kg/cm<sup>2</sup>
- Zonas industriales de 45 kg/cm<sup>2</sup>
- Vialidades urbanas principales de 45 kg/cm<sup>2</sup>

### Módulo de Ruptura Promedio

$$M_{rp} = M_r + Z_r$$

$Z_r$  = Desviación estándar del concreto.

Valores recomendados:

- a) Premezclado = 6% - 12%
- b) Mezclado central = 5% - 10%
- Modulo de elasticidad del concreto: este modulo esta intimamente relacionado con el modulo de ruptura y se determina mediante la norma ASTM-C469.
  - a.  $E_c = 6750 MR$
  - b.  $E_c = 26454 MR^{0.77}$



### Resistencia de la subrazante

La resistencia de la subrazante es considerada dentro del método por medio del modulo de reacción vertical del suelo "k" que se puede obtener directamente en obra o en sitio mediante la prueba de placa.

El modulo de reacción del suelo corresponde a la capacidad portante que tiene el terreno natural donde soportara el cuerpo del pavimento por lo tanto el valor de "k" depende de la calidad del suelo

### Drenaje

En cualquier tipo de obra, el drenaje es un factor determinante en el comportamiento de la estructura a lo largo de su vida útil y por lo tanto lo es también en el diseño. Es muy importante evitar la presencia de agua en la estructura, de tener presencia afectara la respuesta estructural del pavimento. Algunos aspectos que debemos de cuidar para evitar que el agua penetre en la estructura son:

1. Mantener sellada perfectamente las juntas del pavimento.
2. Sellar las juntas entre pavimento y banquetas.
3. Utilizar las obras de drenaje auxiliares correspondientes para darle fluidez al agua y evitar que esta se quede en la estructura.
4. Construir los drenajes pluviales necesarios.

### Confiabilidad

Los factores estadísticos que determinan el comportamiento de un pavimento son:

- Confiabilidad: Probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas de operación. La confiabilidad recomendada por el método AASHTO es:

- Para autopistas 85% al 99.9%
- Arterias Principales 80% al 99%
- Arterias Colectoras 80% al 95%
- Arterias Locales 50% al 80%

**Con los resultados anteriores se propone la siguiente estructura**

- ✚ **Capa de material tipo filtro de 30.0 cms. de espesor**
  - Con un diámetro máximo de 1-1/2” pulgadas y con un espesor mínimo de 30.0 cms.
- ✚ **Capa de base con un espesor mínimo de 20.0 cms.**

Esta capa deberá de estar formada por un material que cumpla con las características de calidad señaladas posteriormente.

- ✚ Losa de concreto hidráulico con un espesor mínimo de acuerdo a lo siguiente:
  - ✚ De 15.0 cms de espesor para vialidades internas y un  $F'c = 250 \text{ kg/cm}^2$
  - ✚ Para la modulación de las losas se recomienda lo siguiente:
    - Separación máxima de juntas transversales: 2.44 mts.
    - Rango de separación de juntas longitudinales: de 3.00 a 4.50 mts.
- ✚ ***No será mayor a 20 veces el espesor de la losa de concreto hidráulico que corresponda a cada vialidad para el tipo de pavimento rígido de este estudio.***



# CAPÍTULO III



## CAPÍTULO III

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Basándonos en los trabajos de campo y gabinete se establece lo siguiente.

El terreno objeto de este estudio donde se pretende construir un PAVIMENTO RIGIDO en la **CALLE “CALLE GUADALUPE VICTORIA EN LA LOCALIDAD DE JARIPEO MUNICIPIO DE CHARO MICHOACÁN.”**.

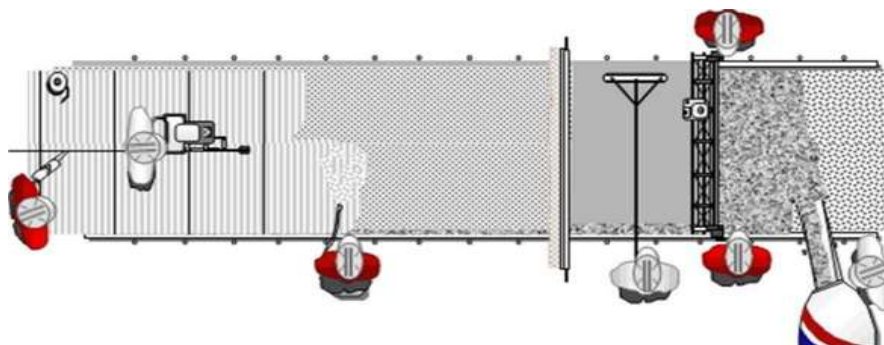
- ✚ Los materiales que se detectaron formando parte de la plataforma son los siguientes:
  - Se tiene sobre la superficie un espesor de 0.10 mts de capa vegetal en promedio.
  - Se tiene un espesor de material de relleno tipo escombro o desperdicio de construcción. De espesor promedio 0.30 mts.
  - Enseguida se tiene el terreno natural formado por LIMOS de baja plasticidad de color café de consistencia dura. Sin presencia de nivel freático.



## PROCESO CONSTRUCTIVO, PAVIMENTO RIGIDO.

Una vez que se obtuvieron los resultados de las pruebas de laboratorio se proponen las siguientes recomendaciones:

1. Debido a las condiciones actuales del terreno natural se recomienda cortar el espesor de la estructura del pavimento, y re nivelar la superficie existente.
2. Enseguida se recomienda compactar el material con rodillo liso, hasta alcanzar la compactación del 90% de su peso volumétrico seco máximo y una humedad cercana a la óptima.
3. Se recomienda estabilizar el terreno natural con un material tipo filtro grueso, y acomodarlo con rodillo vibratorio, hasta que las partículas pétreas ya no se incrusten en el terreno natural. para alojar el espesor de la capa subrasante O FILTRO de 30.0 cms. libres.
4. Enseguida colocar una capa de material tipo base de 20.0 cms. de espesor y que cumpla con lo especificado anteriormente.
5. Enseguida colocar la losa de concreto hidráulico de 15.0 cms. de espesor,  $f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ , módulos y pasa juntas según propuesto.
  - a. Separación máxima de juntas transversales: 2.44 mts.
  - b. Rango de separación de juntas longitudinales: de 3.00 a 4.50 mts.
  - c. La modulación de las losas **no será mayor a 20 veces el espesor de la losa de concreto hidráulico que corresponda a cada vialidad para el tipo de pavimento rígido de este estudio.**



En el caso de los pavimentos convencionales de concreto hidráulico los requisitos pueden variar considerablemente dependiendo del tipo de suelo de la subrasante, las condiciones ambientales y cantidad de tráfico pesado.

El objetivo deberá ser el poder obtener una condición de apoyo uniforme y una estructura de rodamiento que permita darle al usuario un manejo confortable durante toda su vida útil acorde a los lineamientos de diseño que se considere.

De acuerdo con el criterio de los métodos internacionales para el diseño de losas soportadas sobre el terreno, como el método AASHTO, el método PCA y elementos finitos, entre otros, empleados para el diseño de pavimentos de concreto y de pisos industriales, el concreto a emplearse en este tipo de losas será especificado en su resistencia a la flexión por tensión o módulo de ruptura (MR) como se conoce en México, en vez de la resistencia tradicional a la compresión (F'C) que es comúnmente usado en otro tipo de estructuras de concreto.

## **BANQUETAS**

### **✚ Capa de material tipo filtro de 20.0 cms. de espesor**

- Con un diámetro máximo de 1-1/2" pulgadas y con un espesor mínimo de 30.0 cms.

### **✚ Capa de base con un espesor mínimo de 15.0 cms.**

Esta capa deberá de estar formada por un material que cumpla con las características de calidad señaladas posteriormente.

- ✚ Losa de concreto hidráulico con un espesor mínimo de acuerdo a lo siguiente:
- ✚ De 10.0 cms de espesor para vialidades internas y un F'c = 250 kg/cm<sup>2</sup>

- ✚ La modulación de las losas ***no será mayor a 20 veces el espesor de la losa de concreto hidráulico que corresponda a cada vialidad para el tipo de pavimento rígido de este estudio.***

Una vez que se obtuvieron los resultados de las pruebas de laboratorio se proponen las siguientes recomendaciones:

- ✚ El material que se tiene sobre la superficie como rodamiento presenta características inaceptables para la formación de capa tipo subrasante.
- ✚ Por las condiciones superficiales que presenta el área en estudio se recomienda cortar un espesor según proyecto y re nivelar la superficie con material procedente de banco, el cual debe ser un material en greña inerte tipo filtro grueso, se deberá de acomodar con rodillo liso vibratorio hasta lograr el acomodo requerido, de compacto a muy compacto. Esta capa se debe de dejar libre de terreno natural, con el objeto de que los 30 cms. De capa subrasante sean libres.
  - El grado de compactación para la capa de base y de sub base que se requiere como mínimo es del 100% de p.v.s.m. (peso volumétrico seco máximo), con una humedad cercana a la optima, la cual deberá de cumplir con los siguientes parámetros:

#### ✚ **Capa de base:**

- Las capas de sub-base y base están principalmente relacionadas con los pavimentos flexibles de superficie asfáltica, adoquinada o empedrada. Constituyen un elemento estructural muy importante. La base es el corazón de los pavimentos flexibles.

#### ✚ **Materiales a utilizarse en la base.**

- Actualmente podemos considerar dos clases de bases:
  - base granular: de grava triturada y mezcla natural de agregado y suelo.

- base estabilizada: suelos con cemento pórtland, cal o asfalto.

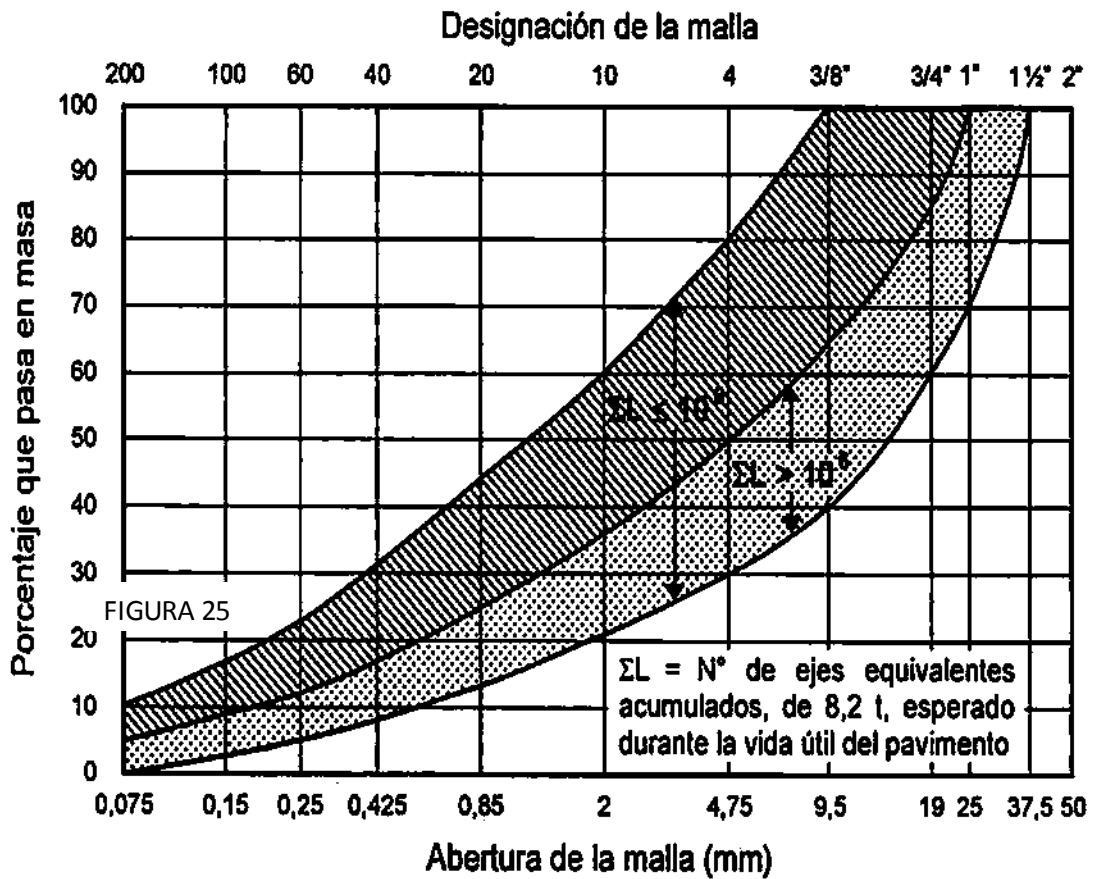
✚ En las bases granulares la estabilidad del material depende de la fricción interna y de su cohesión.

En la tabla siguiente se muestran los parámetros mecánicos que deben de cumplir los materiales a utilizarse en la formación de capa de base:

***Requisitos de granulometría de los materiales para bases de pavimentos con carpetas de mezclas asfálticas de granulometría densa.***

Malla		Porcentaje que pasa	
Abertura Mm	Designación	$\xi \leq 10^{6(1)}$	$\xi > 10^{6(1)}$
37,5	1 1/2"	100	100
25	1"	70-100	70-100
19	3/4 "	60-100	60-86
9,5	3/8"	40-100	40-65
4,75	No.4	30-80	30-50
2	No.10	21-60	21-36
0,85	No.20	13-44	13-25
0,425	No.40	8-31	8-17
0,25	No.60	5-23	5-12
0,15	No.100	3-17	3-9
0,075	No.200	0-10	0-5

*Curva granulométrica.*



**FIGURA 2.- Zonas granulométricas recomendables de los materiales para bases de pavimentos con carpetas de mezcla asfáltica de granulometría densa**



[1]  $\Sigma L$  = número de ejes equivalentes de 8,2 t, esperado durante la vida útil del pavimento.

**TABLA 4.- Requisitos de calidad de los materiales para bases de pavimentos asfálticos**

Característica	Valor %	
	$\Sigma L \leq 10^8$ [1]	$\Sigma L > 10^6$ [1]
Límite líquido <sup>[2]</sup> , máximo	25	25
Índice plástico <sup>[2]</sup> , máximo	6	6
Equivalente de arena <sup>[2]</sup> , mínimo	40	50
Valor Soporte de California (CBR) <sup>[2, 3]</sup> , mínimo	80	100
Desgaste Los Ángeles <sup>[2]</sup> , máximo	35	30
Partículas alargadas y lajeadas <sup>[2]</sup> , máximo	40	35
Grado de compactación <sup>[2, 4]</sup> , mínimo	100	100

[1]  $\Sigma L$  = Número de ejes equivalentes acumulados, de 8,2 t, esperado durante la vida útil del pavimento.

[2] Determinado mediante el procedimientos de prueba que corresponda, de los Manuales que se señalan en la Cláusula C. de esta Norma.

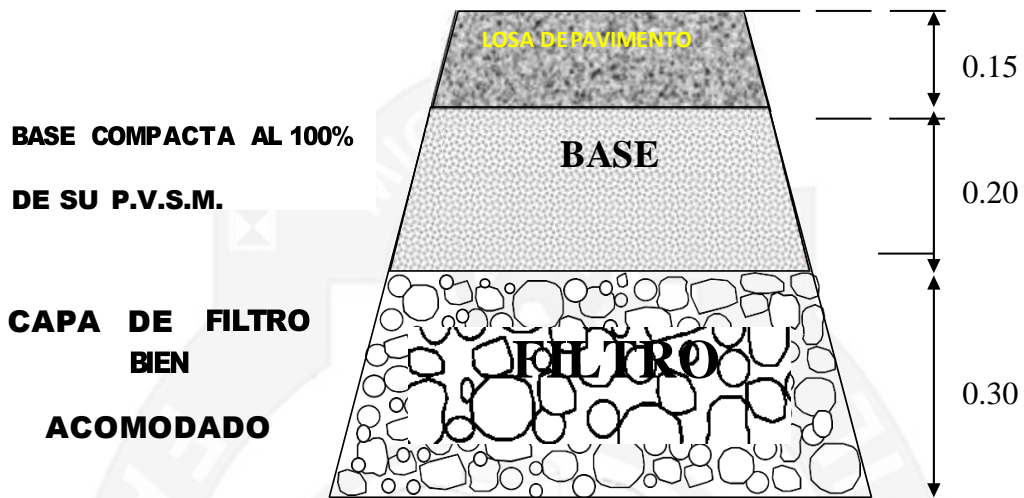
[3] Con el grado de compactación indicado en esta Tabla.

[4] Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Modificada, salvo que el proyecto o la Secretaría indiquen otra cosa.



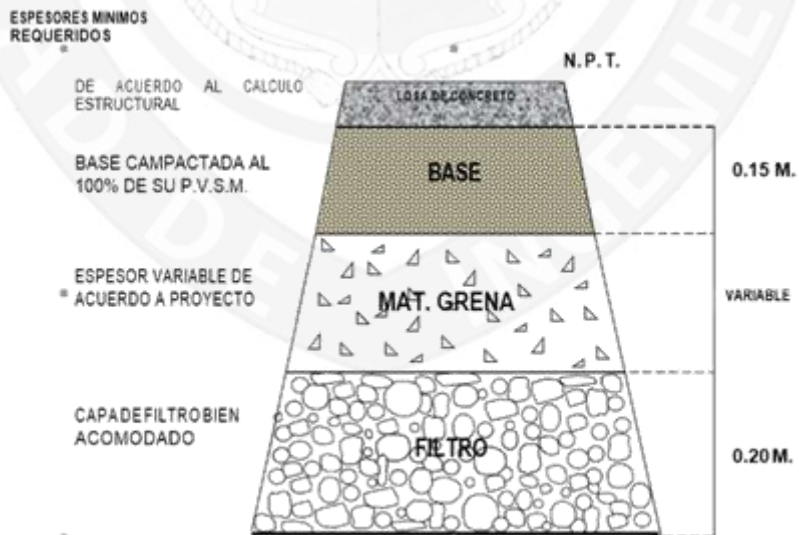
# CAPÍTULO IV

**CAPITULO IV**  
**ANEXOS (GRAFICAS Y FIGURAS)**



### BANQUETAS

- Obra: "Calle Guadalupe Victoria." Ubicación: Localidad de Jariepo.
- Localidad: Municipio de Charo Michoacán.
- Fecha: 28 Abril de 2018.



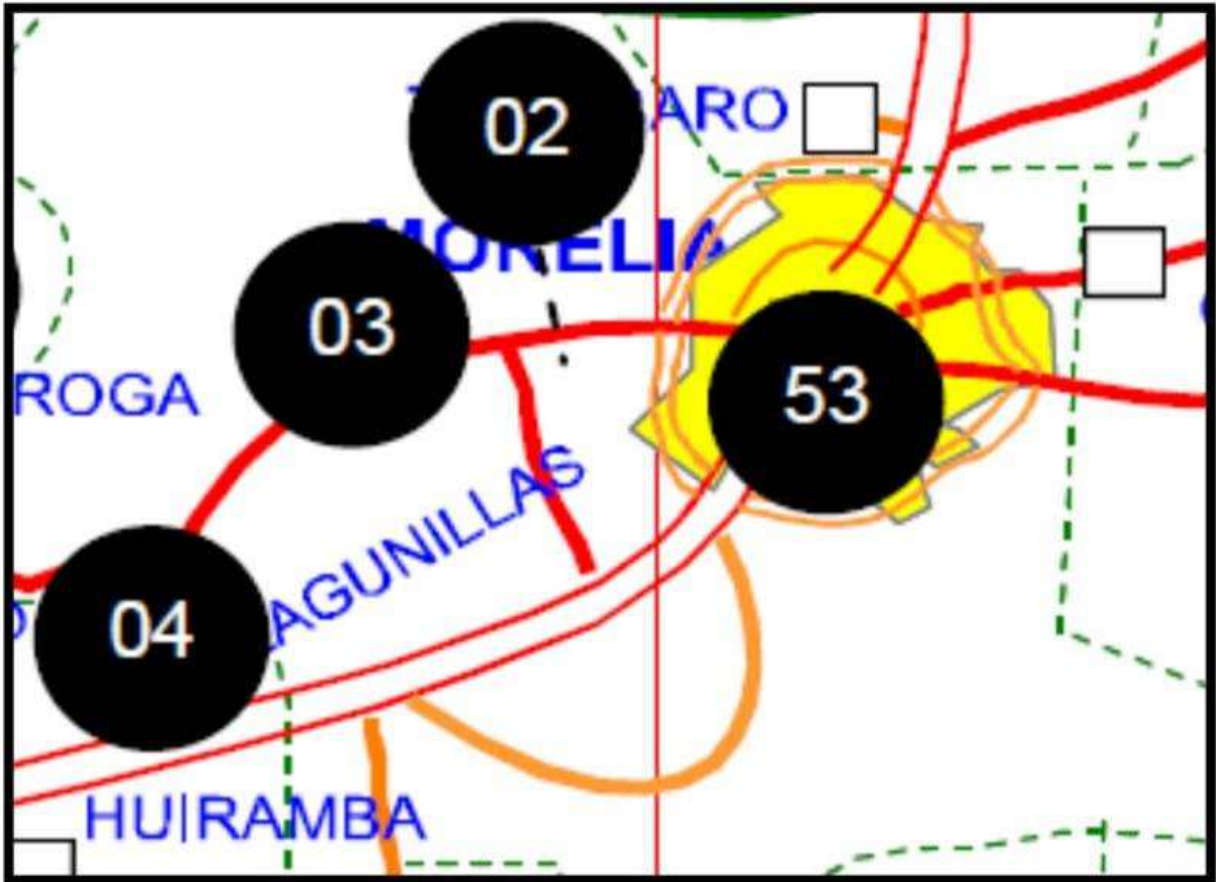
**Ilustración 23, NOTA: Si el espesor de la capa de material tipo greña es menor de 10 cm. según se presente la topografía se tendrá que tomar con espesor en la capa de base de 30 cms.**

**FIGURA: RELACIÓN DE BANCOS DE MATERIALES.**

Obra: "Calle Guadalupe Victoria." Ubicación: Localidad de Jariepo.

Localidad: Municipio de Charo Michoacán.

Fecha: 28 Abril de 2018.



**FIGURA: RELACIÓN DE BANCOS DE MATERIALES.**

Obra: "Calle Guadalupe Victoria." Ubicación: Localidad de Jariepo.

Localidad: Municipio de Charo Michoacán.

Fecha: 28 Abril de 2018.



CENTRO SCT MICHOACAN  
UNIDAD GENERAL DE SERVICIOS TECNICOS  
**INVENTARIO DE BANCOS DE MATERIALES 2005**

MICH/10

**CARRETERA: MORELIA - JIQUILPAN**

BCO. NUM.	NOMBRE	KILOMETRO	DESVIACION	FECHA ESTUDIO	FECHA DE ACT.	TIPO PROP.	TIPO MATERIAL	TRATAMIENTO	VOLUMEN X 1000 m³	ESPESOR DESPALME (m)	USOS PROB.	USO EXPL.	RESTRICC. ECOLOG.	ASPEC. ECONOM.
0002	JOYITAS	014+500	D 08000	ENE-95	MAY-04	PART.	TEZONTLE	TPC	0075	00.5	1-2-5-10	NR.	NO EXISTEN	ACEP.
0003	CERRITOS	016+000	D 00500	FEB-95	MAY-04	EJID.	TEZONTLE	TPC	0080	01.0	1-2-5-10	NR.	NO EXISTEN	REC.
0004	EL TIGRE	032+000	I 02000	JUN-95	MAR-03	PART.	TEZONTLE	TPC	0100	01.0	1-2-5	NR.	NO EXISTEN	CONVE.
0005	SANTA FE	047+000	D 01000	ABR-95	MAY-04	EJID.	TEZONTLE	TPC	0050	01.0	1-2-5	NR.	NO EXISTEN	REC.
0006	COMANJA	064+500	D 00500	ABR-95	ABR-03	EJID.	TEZONTLE	TPC	0100	01.0	1-2-5	NR.	NO EXISTEN	REC.
0007	LAS CABRAS	094+000	D 02000	MAR-95	ABR-05	EJID.	TEZONTLE	TPC	0020	00.6	1-2-5	NR.	NO EXISTEN	CONVE.
0008	LOS NOGALES	122+700	I 03000	JUL-95	MAY-04	EJID.	TEZONTLE	TPC	0100	01.0	1-2-5	NR.	NO EXISTEN	CONVE.
0009	CERRO COLORADO	177+800	I 01800	AGO-95	MAY-04	EJID.	TEZONTLE	TPC	0050	01.0	1-2-5	NR.	NO EXISTEN	CONVE.
0043	LA VEATILLA	133+100	D 01600	MAY-04	MAY-04	PART.	BASALTO	TTC	0050	00.5	6-8-10	NR.	NO EXISTEN	CONVE.
0053	SAN LORENZO	007+100	I 03200	MAY-04	MAY-04	PART.	BASALTO	TTC	0050	00.5	6-8-10	NR.	NO EXISTEN	CONVE.
0054	TOTALAN	198+500	I 03500	FEB-98	MAY-04	PART.	TEZONTLE	TPC	0100	01.0	1-2-5	NR.	NO EXISTEN	CONVE.
0059	LA MOJONERA	074+000	I 05000	OCT-95	ABR-05	PART.	TEZONTLE	TPC	0100	00.5	1-2-5	NR.	NO EXISTEN	ACEP.
0103	EL PUEBLITO	095+000	D 00050	JUN-01	MAY-04	EJID.	TEZONTLE	TPC	0080	02.0	2-5	NR.	NO EXISTEN	CONVE.

**CARRETERA: PARACHO – SUSUPUATO**

0061	PUEBLO VIEJO	010+500	I 03000	AGO-95	AGO-00	EJID.	TEZONTLE	TPC	0120	01.0	5	NR.	NO EXISTEN	CONVE.
------	--------------	---------	---------	--------	--------	-------	----------	-----	------	------	---	-----	------------	--------

**CARRETERA: TEMAZCAL – CD. ALTAMIRANO**

0039	ARROYO HONDO	193+000	D 00700	JUN-95	ABR-05	FED.	GRAVA – ARENA	TPC	0030	00.0	1-2-5-7	NR.	NO EXISTEN	REC.
0045	TACUPA II	222+000	D 03000	JUN-95	ABR-05	FED.	GRAVA – ARENA	TPC	0040	00.0	1-2-5-7	NR.	NO EXISTEN	CONVE.

**CARRETERA: PERIBAN – BUENA VISTA**

0060	PERIBAN	004+300	D 00500	NOV-95	MAY-04	PART.	TEZONTLE	TPC	0100	00.5	1-2-5	NR.	NO EXISTEN	REC.
------	---------	---------	---------	--------	--------	-------	----------	-----	------	------	-------	-----	------------	------

**NOMENCLATURA Y ABBREVIATURAS UTILIZADAS:**

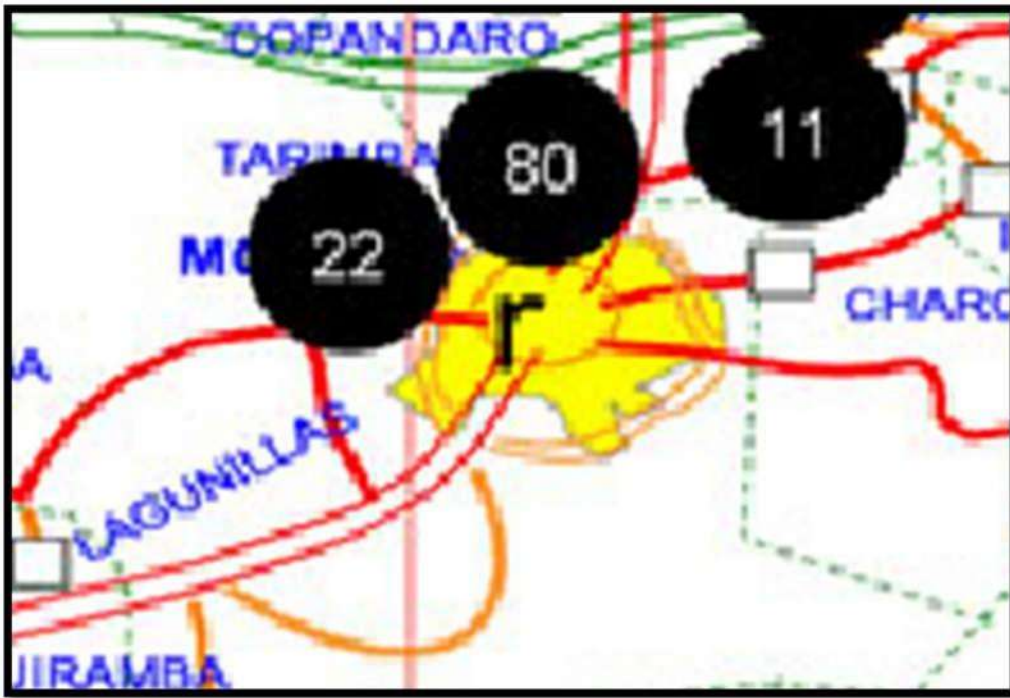
- FECHA DE ACTUALIZACION (FECHA DE ACT.)	- TIPO DE MATERIAL CCMG - CONCRETO VOLC. VOLCANICO	- TRATAMIENTO NR - NO REQUIERE D - DISPERGACION C - CRASADO	TTC - TRITURACION TOTAL Y CRASADO CL - CRASADO Y LAVADO TPC - TRITURACION PARCIAL Y LAVADO TTL - TRITURACION TOTAL Y LAVADO	- USOS PROBABLES 1 - REVESTIMIENTO 2 - SUB-BASE 3 - SUB-BALASTO 4 - BALASTO 5 - BASE 6 - CONCRETO ASFALTICO 7 - MEZCLA ASFALTICA EN EL LUGAR	6 - SELLO 8 - MAESTRERIA 10 - CONCRETO HERRAJADO 11 - ESCOLERAS	- RESTRICCIONES ECOLOGICAS CONCEA - CONSIDERABLE - ASPECTOS ECONOMICOS CONVE - CONVENIENTE ACEP - ACEPTABLE REC - RECOMENDABLE NO REC - NO RECOMENDABLE
- TIPO DE PROPIEDAD FED - FEDERAL MPL - MUNICIPAL PART - PARTICULAR EJID - EJIDAL	- USO DE EXPLOSIVOS NR - NO REQUIERE SR - SIN RESTRICCIONES	TP - TRITURACION PARCIAL TT - TRITURACION TOTAL L - LAVADO TPC - TRITURACION PARCIAL Y CRASADO	TPCL - TRITURACION PARCIAL, CRASADO Y LAVADO ECP - ESTABILIZACION CON CEMENTO PORTLAND			

**FIGURA: RELACION DE BANCOS DE MATERIALES.**

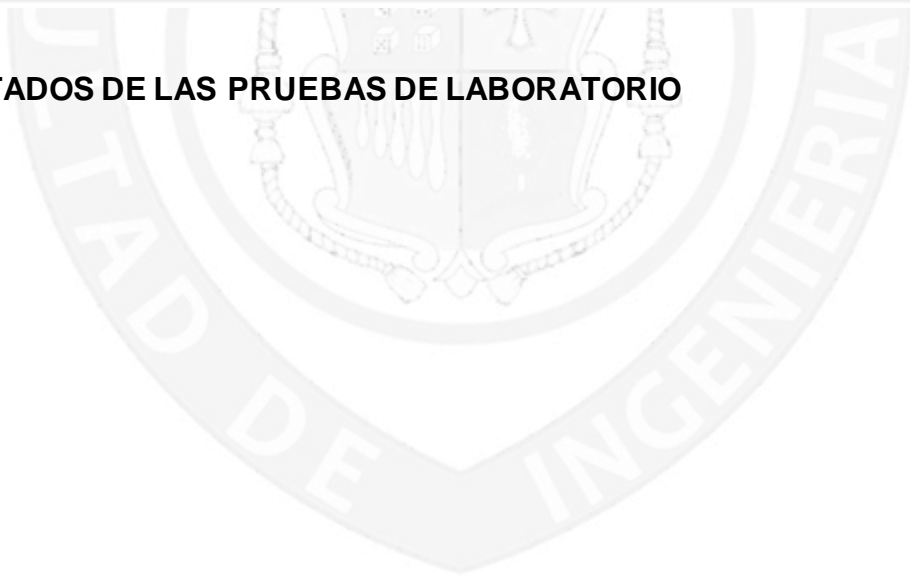
Obra: "Calle Guadalupe Victoria." Ubicación: Localidad de Jariepo.

Localidad: Municipio de Charo Michoacán.

Fecha: 28 Abril de 2018.



RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO





**CALIDAD DE MATERIAL TIPO TERRENO NATURAL**

**Tabla de resultados de los ensayos realizados**

Proyecto:	<b>PAVIMENTACION DE LA CALLE GUADALUPE VICTORIA</b>	Fecha:	2 de mayo de 2018
Solicitante:	<b>AIV CONSTRUCCIONES S.A. DE C.V.</b>	Localidad:	Jaripeo, Municipio de Charo Michoacan

**Determinacion de las pruebas indices**

Granulometria		Limites de consistencia	
Pozo No.	1	Humedad natural (%)	22.55
Estrato No	2	Limite liquido (%)	Inap.
Malla No.	Pasa en (%)	Limite plastico (%)	Inap.
2"	100.0	Índice plastico (%)	Inap.
1-1/2"	-	Contraccion lineal (%)	2.00
1"	-	Clasificacion SUCS	SP
3/4"	-	<b>Arena Mal Graduada</b>	
1/2"	-		
3/8"	-		
4	100.0		
10	-		
20	-		
40	7.4		
60	-		
100	-		
200	4.7		
Porcentaje del suelo			
Grava %	0.0		
Arena %	95.3		
Finos %	4.7		

**Resultados de las pruebas mecanicas**

	Pozo 1
Compresion sin confinar	
Resistencia (Kg/Cm2) qu	-
Cohesion (Kg/Cm2) c	-
Compresion triaxial rapida	
Angulo de friccion interna (°)	-
Cohesion (Kg/Cm2)	-
Peso volumetrico natural (Kg/M <sup>3</sup> )	-
Valor relativo de soporte estandar	
V.R.S. 90 %	
Expansion 90%	
V.R.S. 95 %	
Expansion 95%	
V.R.S. 100 %	8.50%
Expansion 100 %	2.30%
<b>Pesos volumetricos</b>	
Peso volumetrico suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1,115.25
Peso volumetrico seco maximo (kg/m <sup>3</sup> )	1,268.32
Humedad optima (%)	24.9
Coficiente de abundamiento	-

Atentamente

Ing. Alejandro Peralta Arnaud

**CALIDAD DE MATERIAL TIPO TERRENO NATURAL**

**Tabla de resultados de los ensayos realizados**

Proyecto:	<b>PAVIMENTACION DE LA CALLE GUADALUPE VICTORIA</b>		Fecha:	2 de mayo de 2018
Solicitante:	AIV CONSTRUCCIONES S.A. DE C.V.	Localidad:	Jaripeo, Municipio de Charo Michoacan	
<b>Determinacion de las pruebas indices</b>				
<b>Granulometria</b>		<b>Limites de consistencia</b>		
Pozo No.	2	Humedad natural (%)	23.15	
Estrato No	2	Limite liquido (%)	Inap.	
Malla No.	Pasa en (%)	Limite plastico (%)	Inap.	
2"	100.0	Indice plastico (%)	Inap.	
1-1/2"	-	Contraccion lineal (%)	3.50	
1"	-	Clasificacion SUCS	SP	
3/4"	-	<b>Arena Mal Graduada</b>		
1/2"	-			
3/8"	-			
4	100.0			
10	-			
20	-			
40	7.4			
60	-			
100	-			
200	4.7			
<b>Porcentaje del suelo</b>				
Grava %	0.0			
Arena %	95.3			
Finos %	4.7			
<b>Resultados de las pruebas mecanicas</b>				
<b>Compresion sin confinar</b>		Pozo	2	
Resistencia (Kg/Cm2) qu			-	
Cohesion (Kg/Cm2) c			-	
<b>Compresion triaxial rapida</b>				
Angulo de friccion interna (°)			-	
Cohesion (Kg/Cm2)			-	
Peso volumetrico natural (Kg/M <sup>3</sup> )			-	
<b>Valor relativo de soporte estandar</b>				
V.R.S. 90 %				
Expansion 90%				
V.R.S. 95 %				
Expansion 95%				
V.R.S. 100 %			8.50%	
Expansion 100 %			2.30%	
<b>Pesos volumetricos</b>				
Peso volumetrico suelto (kg/m <sup>3</sup> )			1,115.25	
Peso volumetrico seco maximo (kg/m <sup>3</sup> )			1,282.24	
Humedad optima (%)			23.2	
Coficiente de abundamiento			-	

Atentamente

Ing. Alejandro Peralta Arnaud

CALIDAD DE MATERIAL TIPO TERRENO NATURAL

Tabla de resultados de los ensayos realizados

Proyecto:	PAVIMENTACION DE LA CALLE GUADALUPE VICTORIA		Fecha:	2 de mayo de 2018
Solicitante:	AIV CONSTRUCCIONES S.A. DE C.V.	Localidad:	Jaripeo, Municipio de Charo Michoacan	
<b>Determinación de las pruebas índices</b>				
<b>Granulometria</b>		<b>Límites de consistencia</b>		
Pozo No.	3	Humedad natural (%)		24.84
Estrato No	2	Límite líquido (%)		Inap.
Malla No.	Pasa en (%)	Límite plástico (%)		Inap.
2"	100.0	Índice plástico (%)		Inap.
1-1/2"	-	Contracción lineal (%)		3.70
1"	-	Clasificación SUCS		SP
3/4"	-	Arena Mal Graduada		
1/2"	-			
3/8"	-			
4	100.0			
10	-			
20	-			
40	7.4			
60	-			
100	-			
200	4.7			
<b>Porcentaje del suelo</b>				
Grava %	0.0			
Arena %	95.3			
Finos %	4.7			
<b>Resultados de las pruebas mecánicas</b>				
		<b>Pozo 3</b>		
<b>Compresion sin confinar</b>				
Resistencia (Kg/Cm2) $q_u$		-		
Cohesion (Kg/Cm2) $c$		-		
<b>Compresion triaxial rapida</b>				
Angulo de friccion interna ( $^{\circ}$ )		-		
Cohesion (Kg/Cm2)		-		
Peso volumetrico natural (Kg/M <sup>3</sup> )		-		
<b>Valor relativo de soporte estandar</b>				
V.R.S. 90 %				
Expansion 90%				
V.R.S. 95 %				
Expansion 95%				
V.R.S. 100 %		8.30%		
Expansion 100 %		2.10%		
<b>Pesos volumetricos</b>				
Peso volumetrico suelto (kg/m <sup>3</sup> )		1,115.25		
Peso volumetrico seco maximo (kg/m <sup>3</sup> )		1,286.01		
Humedad optima (%)		23.3		
Coefficiente de abundamiento		-		

Atentamente

Ing. Alejandro Peralta Arnaud

## INFORME FOTOGRÁFICO



Foto 1. Vista general del área en estudio.

*Ilustración 24, Vista General del área de estudio.*





**Foto 2.-** Elaboración y ubicación del pozo a cielo abierto No. 1



**Foto 3.-** Toma de estratigrafía en el pozo a cielo abierto.



**Foto 4.-** Vista a la placa de identificación con los datos correspondientes a la obra.

**Ilustración 25, Pozo a cielo abierto N° 1**



**Foto 5.-** Elaboración y ubicación del pozo a cielo abierto No. 2



**Foto 6.-** Toma de estratigrafía en el pozo a cielo abierto.



**Foto 7.-** Vista a la placa de identificación con los datos correspondientes a la obra.

**Ilustración 26, Pozo a cielo abierto N° 2**



**Foto 8.-** Elaboración y ubicación del pozo a cielo abierto No. 3



**Foto 9.-** Toma de estratigrafía en el pozo a cielo abierto.



**Foto 10.-** Vista a la placa de identificación con los datos correspondientes a la obra.

**Ilustración 27, Pozo a cielo abierto N° 3**



## FUENTES BIBLIOGRAFICAS

### BLIOGRAFÍA

Crespo, C., (2007) Mecánica de Suelos y Cimentación, Editorial Limusa, 6ª Edición, ISBN 978681869632

González, L., (2002) Ingeniería Geológica, Editorial Pearson Educación, 1ª Edición, ISBN 978-8420531045.

Muelas, A., (2010), Manual de Mecánica del Suelo y cimentaciones.

Lamber,W., y Whitman, R., (2008) Mecánica de suelos, Editorial, Limusa, México, ISBN 968-18-1894-6

Couto, J.M.M. (2011). Experimental, Numerical and Virtual Tools in Civil Engineering. IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) – "Learning Environments and Ecosystems in Engineering Education". April 4 - 6, 2010, Amman, Jordan. 1162-1165.

Jinks, R. (1994). Developing experimental skills in engineering undergraduates.

Engineering Science and Education Journal 3, 287-290.

### FUENTES ELECTRÓNICAS.

Prontuario características técnicas de los terrenos y cimentaciones adecuadas a los mismos [https://www.mapfrere.com/reaseguro/es/images/Prontuario-Suelos-Cimentaciones\\_tcm636-81027.pdf](https://www.mapfrere.com/reaseguro/es/images/Prontuario-Suelos-Cimentaciones_tcm636-81027.pdf).

Valcarcel, J., Conceptos Generales de la Mecánica de Suelos. <https://www.udc.es/dep/dtcon/estructuras/ETSAC/Profesores/valcarcel/MaterMRH-E-0809/1a-Mecanica%20Suelo.pdf>

Lamber,W., y Whitman, R., (2008) Mecánica de suelos, Editorial, Limusa, México, ISBN 968-18-1894-6

[http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado\\_tecic/211/algloki/pdfs/Resumen%20Suelos.PDF](http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado_tecic/211/algloki/pdfs/Resumen%20Suelos.PDF)

Herramientas de aprendizaje de mecánica de suelos,  
<https://web.ua.es/es/ice/jornadas-redes/documentos/2013-posters/334526.pdf>.

