

CRITERIOS Y LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA FACTIBILIDADES.

Geotecnia.

CAPITULO 7. GEOTECNIA

7.0. INTRODUCCIÓN.

Estos Lineamientos establecen el marco de referencia técnico para la elaboración de estudios geotécnicos en los sistemas de agua potable y de alcantarillado.

El documento se apoya en las Normas nacionales y las Normas de asociaciones técnicas internacionales.

En el documento se describe, en forma general, la metodología para la elaboración de estudios geotécnicos en los sistemas de agua potable y alcantarillado.

También se detallan las técnicas de exploración en suelos y rocas, el muestreo de los materiales y la determinación de las propiedades físicas y mecánicas tanto en campo como en laboratorio. Se trata el tema de los estudios geotécnicos en las obras que constituyen los sistemas y se describe la metodología para su estudio.

La última parte del documento describe los estudios geotécnicos para los caminos de acceso y bancos de materiales, así como los requeridos para el proyecto de caminos que se proyecten como infraestructura complementaria.

El Apéndice contiene un catálogo general de conceptos, en el cuál se describen las actividades, con su respectiva unidad.

El SIAPA, de acuerdo al proyecto, podrá solicitar el nivel del estudio Geotécnico requerido, y como mínimo solicitará los estudios que en la Tabla 7.1 se encuentran.

7.1 GLOSARIO DE GEOTECNIA

GEOTECNIA.

Técnicas de evaluación del comportamiento de los suelos, bajo la solicitación de cargas y bajo el ataque de los agentes atmosféricos.

MUESTRA.

Material de suelo ó roca tomada con propósito de estudio en un laboratorio de mecánica de suelos.

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS.

Las propiedades físicas de los materiales son las que describen el estado que guarda las partículas componentes del suelo, que definen su apariencia. Las mecánicas son las que describen el comportamiento de los suelos bajo esfuerzos inducidos y cambios del medio ambiente.

PROPIEDADES ÍNDICE.

Son propiedades útiles para la clasificación de los suelos cohesivos y proveen correlaciones con las propiedades mecánicas de los suelos.

SISMICIDAD.

Grado de frecuencia ó de intensidad de los sismos que ocurre lugar en una zona determinada.

RESTITUCIÓN TOPOGRÁFICA.

Revivir las condiciones topográficas antiguas de una zona ó región, con fines comparativos a las condiciones actuales.

EXPLORACIÓN.

Acción que se realiza con la finalidad de determinar las condiciones del subsuelo y sus propiedades físicas, índice y mecánicas.

MUESTRA ALTERADA. Porción del suelo extraído con fines de estudio en el laboratorio, que no requiere su conservación en estado natural.

ESTATIGRAFÍA.

Elemento gráfico que define la descripción de las capas componentes del subsuelo, su profundidad, su espesor y algunas de sus propiedades.

PRUEBA DEL CONO.

Método de exploración de suelos, que consiste en el hincado de un penetrómetro con la punta cónica. El número de golpes para el avance de la perforación en determinada profundidad, permite calcular la resistencia al esfuerzo cortante del suelo.

MUESTRA INALTERADA.

Porción de suelo extraído con fines de estudio de laboratorio en donde requiera que se conserve en estado real ó natural, para realizarle pruebas especiales y determinar las propiedades mecánicas del estrato estudiado.

MÉTODOS GEOFISICOS.

Métodos de exploración que se realizan utilizando fenómenos físicos, tales como la gravedad de la tierra, ondas sísmicas, resistividad y el magnetismo de la tierra.

PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTANDAR.

Método de exploración de suelos que consiste en hincar un penetrómetro mediante el golpeo de un martinete, donde el número de golpes es el parámetro principal para calcular el esfuerzo cortante de los suelos estudiados.

TUBO DE PARED DELGADA.

Herramienta para muestrear suelos.

TUBO SHELBY.

Herramienta para muestreo inalterado mediante el hincado de gatos hidráulicos.

BARRIL DENISON.

Herramienta para muestreo inalterado mediante la ayuda de equipo rotario.

BROCA TRICÓNICA.

Herramienta cortadora de suelo usada en la perforación mediante equipo rotario.

LODO BENTONITICO.

Mezcla de agua con bentonita, auxiliar en la perforación mediante equipo rotario, que sirve para estabilizar las paredes de sondeos.

BROCA DE DIAMANTE.

Herramienta cortadora de roca usada en la perforación mediante equipo rotario.

LIMITES DE CONSISTENCIA Ó ATTERBERG.

Se le denomina al conjunto de estados de consistencia de los materiales plásticos, provocados por el contenido de agua.

PERDIDA POR LAVADO.

Cantidad de material fino perdido durante el lavado de una muestra de material sometido a pruebas de laboratorio, con el fin de determinar el porcentaje de granos finos contenidos en ella.

COMPRESIÓN SIMPLE Ó AXIAL.

Prueba especial de laboratorio, se usa para estimar la cohesión de los materiales.

COMPRESIÓN TRIAXIAL.

Prueba especial usada para determinar las características de esfuerzo deformación y de resistencia de los suelos.

CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL.

Prueba especial que permite determinar los asentamientos totales de una obra dada y prever la evaluación de los asentamientos con el tiempo.

PRUEBA PROCTOR Ó PORTER. Prueba para determinar el grado de compactación de un suelo, mediante la comparativa de pesos volumétricos máximo y peso volumétrico del lugar.

CONTRACCIÓN LINEAL.

Prueba para determinar la contracción de un suelo, que consiste en realizar mediciones de la longitud y peso de un prisma, hasta que no se observe ninguna disminución de la longitud.

VALOR RELATIVO DE SOPORTE.

Prueba que se aplica a materiales de bases, sub-bases y terracerías con el fin de determinar el espesor de las capas de un pavimento.

VALOR CEMENTANTE.

La prueba tiene por objeto conocer las características de acuñamiento y cementación, propiedad que influye en la facilidad de compactación y que le permiten conservar su estabilidad en estado seco.

EQUIVALENTE DE ARENA.

La prueba se aplica a materiales para sub-bases, bases y agregados pétreos para mezcla asfálticas y para concretos hidráulicos.

DESGASTE DE LOS ÁNGELES.

La prueba tiene por objeto conocer la calidad del material pétreo desde el punto de vista de su desgaste ya que sea por el grado de alteración ó por lajeo de la partículas.

INTEMPERISMO ACELERADO.

La prueba tiene por objetivo determinar la resistencia a la desintegración de los agregados pétreos.

PRUEBAS NASBERG.

Prueba de permeabilidad para terrenos fisurados y secos.

PRUEBAS LEFRANC.

Prueba de permeabilidad para suelos.

PRUEBAS LUGEON.

Prueba de permeabilidad para terrenos rocosos fracturado en donde se utiliza equipo de bombeos y medidores Venturi.

7.2. OBJETIVOS Y ETAPAS DE UN ESTUDIO GEOTECNICO.

7.2.1. Etapas de recopilación de información técnica disponible.

Como etapa inicial para la realización de un estudio geotécnico, se debe recopilar y analizar la información disponible que contenga datos referentes a características geotécnicas de los sitios estudiados. Esta información puede incluir:

- 1) La sismicidad de la región del proyecto.
- 2) Cartas geológicas y topográficas
- 3) Levantamientos topográficos.
- 4) Estudios geotécnicos.
- 5) Estudios geológicos.
- 6) Estudios geohidrológicos.
- 7) Aspectos climáticos.
- 8) Hidrología superficial de la cuenca.
- 9) Restitución topográfica mediante fotogrametría.
- 10) Algunas fuentes de información que contengan datos geotécnicos del sitio del proyecto

Los estudios que se recomiendan hacer, según el tipo de obra, se enlistan a continuación:

Tabla 7.1 ESTUDIOS DE GEOTECNIA

OBRA DE INFRAESTRUCTURA	1 Estudios Geofísicos	2 Pene-tracción Estándar ó Cono	3 Pozos a cielo Abierto	4 Muestreo Inalterado	5 Muestreo Aletrado	6 Pruebas de Calidad del Material	7 Pruebas Especiales a muestras Inalteradas	8 Pruebas de Permeabi-lidad	9 Determinación del grado de compactación del terreno natural.
DE CONDUCCIÓN.									
ACUEDUCTO PRIMARIO.	X	X	X		X	X			
ACUEDUCTO SECUNDARIO.		X	X		X	X			
COLECTOR PRIMARIO.	X	X	X		X	X			
COLECTOR SECUNDARIO.		X	X		X	X			
TÚNELES	X	X							
CANALES A CIELO ABIERTO		X	X		X	X		X	
CRUCES CON LÍNEAS Y DUCTOS SUBTERRANEOS.		X	X		X	X			
DE ALMACENAMIENTO:									
TANQUES REGULADORES.		X	X	X	X	X	X	X	
CÁRCAMOS DE BOMBEO.		X	X	X	X	X	X	X	
CISTERNAS.		X	X		X	X		X	
DE SANEAMIENTO.									
FOSAS SÉPTICAS.		X							
TRAMPAS DE GRASAS.		X							
TRAMPAS DE HIDROCARBUROS		X							
URBANAS-SUBURBANAS.									
TRINCHERA PARA PROTECCION.		X							
PAVIMENTOS.		X	X		X	X			X
PLATAFORMAS P/CONSTR. LIGERA		X			X	X			X
PLATAFORMAS P/CONSTR. PESADA.		X			X	X			X
RELLENOS SANITARIOS.		X	X	X	X	X		X	
RELLENOS DE ARROYOS Y VASOS RECEPTORES.		X			X	X		X	
TALUDES		X							X
CAPTACION E INFILTRACION.									
POZOS PROFUNDOS.									
SISTEMAS DE INFILTRACION.		X			X	X		X	
NORIAS.									
COMERCIALES-INDUSTRIALES.									
TALLERES.		X			X	X			
GASOLINERAS.		X			X	X		X	X
INDUSTRIAS EN GENERAL.		X			X	X			
INDUSTRIAS DE ALTO RIESGO.		X	X		X	X	X	X	
ESTUDIOS									
GEOHIDROLOGICOS.	X	X							
ESTUDIOS DE MANTOS FREATICOS.	X	X							

7.2.2. Reconocimiento geotécnico del área de proyecto.

7.2.2.1. Visitas al lugar.

Se deben realizar visitas técnicas al sitio en estudio, para programar las actividades de exploración y muestreo para resolver en el campo los problemas y dudas que se presenten en el transcurso del desarrollo del estudio geotécnico.

7.2.2.2. Estudios de Ingeniería geológica y geotecnia.

Se debe establecer el marco regional geológico del sitio del proyecto mediante métodos indirectos (geofísicos) que contemple la definición de la estratigrafía (espesor, características y origen de las formaciones), levantamiento de discontinuidades, análisis geomorfológicos, revisar las condiciones de inestabilidad para cortes y taludes y evaluar la factibilidad de utilizar los materiales como bancos de préstamo.

7.2.3. Realización del estudio geotécnico.

El estudio geotécnico del sitio se debe realizar de acuerdo a la siguiente metodología:

- a) El reconocimiento del marco geológico regional: permite interpretar el origen y formación de los suelos, ya que en este proceso se gestan las características y propiedades de los suelos.
- b) En la etapa de exploración y muestreo, se deben definir las condiciones estratigráficas del sitio, mediante un programa de sondeos exploratorios con muestreo alterado, que permitan reprogramar la exploración con muestreo inalterado.
- c) Las pruebas de laboratorio deben conducir a la determinación de los parámetros significativos del comportamiento mecánico de los suelos. Realizar un análisis geotécnico, para predecir el comportamiento del subsuelo ante las cargas de tipo estático y solicitaciones dinámicas que le comunica la estructura y estimar el factor de seguridad a corto y largo plazo, así como bajo condiciones de cargas transitorias.
- d) La formulación del procedimiento constructivo debe ser parte integrante del informe geotécnico y además ser congruente con las propiedades mecánicas del subsuelo para garantizar su seguridad.

7.2.4. Campo de aplicación.

Los estudios de geotecnia se deben realizar en las obras y sitios descritos a continuación:

- a) En infraestructura de conducción de agua potable y en estructuras complementarias, como red de distribución de agua potable, colector, interceptor, emisor y red de alcantarillado; para definir los tipos de materiales por excavar y volúmenes de excavación del material detectado, anticipar problemas de estabilidad en las excavaciones de la zanja para alojar la tubería y definir las condiciones de taludes en cortes y laderas naturales.
- b) En las zonas de cruces con arroyos, ríos y vías de comunicación, líneas de PEMEX y en los sitios donde se ubiquen plantas de bombeo, plantas de tratamiento y potabilizadoras, obras de infraestructura de almacenamiento, para definir el tipo de cimentación más adecuada para las edificaciones que forman parte de la planta, los tipos de materiales por excavar, los taludes recomendados en bordos y excavaciones, el tipo de material de relleno y las recomendaciones generales para la concepción del proyecto ejecutivo, así como de su construcción.
- c) En infraestructura complementaria, como son las fosas sépticas, trincheras de protección de redes, trampas de grasas y de hidrocarburos y sistemas de infiltración.
- d) En los trámites complementarios para permisos de desarrollos de fraccionamientos industriales y habitacionales, gasolineras, pozos, norias, rellenos sanitarios, etc.
- e) En infraestructura urbana, como son los pavimentos, plataformas, rellenos de cauces, taludes, etc..
- f) En los caminos de acceso y/o de construcción y mantenimiento, para clasificar la calidad de los suelos, así como los grados de compactación en su estado natural, para su aprovechamiento en la formación del cuerpo del terraplén y/o la capa subrasante y revestimiento.

- g) En los bancos de materiales, necesarios para la construcción de bordos, relleno de zanjas, e impermeabilización del fondo de lagunas (si esto se requiere), terracerías y revestimientos en vialidades, así como agregados pétreos para la elaboración de concretos hidráulicos.

Con la finalidad de orientar al usuario del presente se hace una descripción de los trabajos de geotecnia más usuales en nuestro medio, en los siguientes capítulos.

7.3. MÉTODOS DE EXPLORACIÓN.

Para realizar el proyecto ejecutivo de un sistema de agua potable, alcantarillado ó disposición de aguas residuales, el proyectista debe conocer la estratigrafía y propiedades del subsuelo, este conocimiento se logra a través del estudio geotécnico, el cuál incluye la exploración, la obtención de muestras, la ejecución de pruebas de laboratorio y el análisis de la información. Mediante la exploración se deben obtener resultados confiables con un mínimo de costo y tiempo. La confiabilidad del estudio geotécnico depende de los trabajos de exploración, por lo tanto, éstos deben realizarse en forma cuidadosa, siguiendo métodos y normas establecidas, las cuales son descritas, en los puntos siguientes de esta sección.

Por lo anterior, es necesario que especialistas en mecánica de suelos elaboren el programa de exploración apropiado, definiendo tipo, número y profundidad de los sondeos, tomando como base la información recopilada.

En geotecnia los métodos de exploración se dividen en: indirectos (geofísicos), semidirectos y directos (sondeos).

7.3.1. Métodos indirectos (Geofísicos).

Con estos métodos de exploración se realizan mediciones indirectamente de propiedades físicas de los suelos y rocas. Los principales métodos geofísicos son los siguientes:

- A. **Geosísmico**
- B. **Geoelectrico**
- C. **Gravimétrico**
- D. **Magnetométrico**

A. Con el método **Geosísmico**, mediante la interpretación de resultados, se pueden deducir propiedades mecánicas y la distribución de los materiales en el subsuelo, empleando las velocidades de las ondas de compresión y de corte que se transmiten a través de los materiales en el subsuelo, por efecto de las vibraciones producidas por la detonación de una carga de explosivos. Por medio de su interpretación permiten definir, aproximadamente, la geometría de la estratigrafía y extrapolar los resultados obtenidos por métodos directos. El método Geosísmico de refracción se utiliza principalmente para deducir:

- a) Compacidad de los materiales.
- b) Profundidad de los contactos.
- c) Espesor de los estratos
- d) Módulo dinámico de rigidez al cortante.
- e) Módulo dinámico de elasticidad.
- f) Relación de Poisson de los materiales.

B. El método Geoelectrico permite realizar mediciones de la resistividad, a partir de la inducción de una corriente eléctrica, se utiliza para detectar indirectamente características de los materiales del subsuelo:

- a) Tipos de material
- b) Profundidad del Nivel de Aguas freáticas.
- c) Espesor de los estratos.
- d) Profundidad de los estratos.
- e) Estructuras geológicas
- f) Cavernas
- g) Estructuras blandas

“Para realizar los trabajos de exploración geoelectrica se requiere personal especializado”.

C y D. Existen dos métodos de creciente aplicación en la Geotecnia, denominados Gravimétrico y Magnetrométrico. Estos métodos proporcionan resultados aproximados en forma rápida y económica, sobre todo en proyectos con requerimientos geológicos mayores, y se utilizan principalmente para deducir:

- a) Detección y mapeo de cavernas, cavidades y túneles.
- b) Densidad de fracturamiento y uniformidad del medio.
- c) Certificación del subsuelo de edificaciones concluidas.
- d) Riesgos ambientales por desechos

En las obras de infraestructura de conducción primaria, el uso de estos métodos son de gran utilidad dado a su rapidez y economía, dando resultados aproximados útiles para determinar la factibilidad técnica y económica del proyecto.

7.3.2. Métodos semidirectos.

Consisten en realizar pruebas en el campo para estimar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, a partir de correlaciones empíricas. En estos métodos de exploración se pueden recuperar muestras representativas alteradas.

7.3.2.1. Prueba de penetración estándar.

Este método se emplea en suelos finos, en arenas finas y medias, en mezclas de finos y arenas. Se realiza de manera continua con muestreo alterado ó en forma conjunta con muestreo inalterado (sondeos mixtos).

A partir de las pruebas se obtienen los parámetros de resistencia a la penetración estándar y en forma simultánea se efectúa la clasificación de campo, con base en los lineamientos que marca el "Sistema Único de Clasificación de Suelos" (SUCS).

El uso de este método es muy común en la mayoría de las obras de infraestructura y en las de trámite complementario, porque nos determina los principales parámetros mecánicos de los suelos.

7.3.2.2. Método del Cono.

Esta prueba se utiliza en suelos blandos con espesores mayores de 10m. En suelos arenosos y en arcillas de origen lacustres ha demostrado eficacia la aplicación del método, y está creciendo la tendencia a aplicarlo en los suelos pumíticos de la zona metropolitana de Guadalajara. Se puede usar en lugar del método de penetración estándar.

7.3.3. Métodos directos.

En estos métodos de exploración se obtienen muestras que sirven para conocer las propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas del suelo. Las muestras representativas obtenidas pueden ser, alteradas ó inalteradas que son necesarias en los caso de tipos de obras de infraestructura donde se requiere obtener parámetros mecánicos mediante pruebas especiales de laboratorio (triaxiales, consolidaciones, etc.) y de pruebas índice, pruebas comunes de laboratorio.

7.3.3.1. Excavación de pozos a cielo abierto.

Los pozos se excavan con el fin de tomar muestras de cada estrato, para observar y levantar el perfil estratigráfico de sus paredes. Dichas excavaciones deben tener un área de 1.00 x 1.5m (como mínimo), con separaciones y profundidades variables, los cuales dependen de la zona donde se ubique el sitio en estudio, del material encontrado, de la posición del nivel freático y de la importancia del proyecto. Se recomienda combinarlos con sondeos de penetración estándar ó de cono en las obras de infraestructura, tal como se muestra en la tabla de estudios requeridos. Existe la posibilidad de usarse en alguna otras obras de infraestructura dependiendo de las necesidades particulares del tipo de proyecto.

Una vez obtenidas las muestras y efectuada la clasificación de campo correspondiente, las excavaciones se deben proteger con postes y alambre de púas, con el objeto de evitar el acceso a ellas; cuando se terminan los trabajos se rellenan en su totalidad con material producto de la excavación.

7.3.3.2. Sondeos con equipo de exploración.

Estos sondeos se deben realizar en suelos donde el equipo de Sondeos de Penetración Estándar (SPT) no es el adecuado, como en el caso de suelos muy duros ó rocosos, y para su uso se requiere emplear equipo de perforación rotaria y herramientas especializadas para la exploración y para obtener muestras alteradas e inalteradas a diversas profundidades.

7.3.4. Técnicas de perforación.

Para llevar a cabo la exploración del subsuelo hasta una profundidad determinada, la cual esta condicionada por la susceptibilidad a excavar manual ó mecánicamente, a la estabilidad de sus paredes y a la presencia del nivel de aguas freáticas. Si la excavación de los Pozos a cielo abierto resulta limitada por profundidad, se requiere realizar la exploración con equipo de perforación, que permita efectuar el muestreo de los materiales a profundidades mayores

El equipo de perforación consta de máquinas de percusión y/o rotación, de bombas de lodos y agua, tuberías, barras, ademes y herramienta de perforación.

7.3.4.1. Perforación en suelos blandos.

La práctica común en mecánica de suelos para la exploración en suelos blandos se efectúa en forma mixta, es decir, se realiza la prueba de penetración estándar y se obtiene el muestreo alterado con tubo de pared delgada.

La prueba de penetración estándar se lleva a cabo hincando el penetrómetro y muestreado hasta la profundidad donde se pretenda extraer la muestra inalterada. Para avanzar rápidamente, sin hacer un muestreo del subsuelo, se perfora con broca tricónica y se hinca el muestreador a la profundidad deseada.

El fluido de perforación utilizado en estos materiales es el agua ó el lodo bentonítico, cuya función es enfriar las herramientas de perforación y estabilizar las paredes de los sondeos. En los lodos se deben cuidar las propiedades físicas, como densidad, viscosidad, tixotropía y pureza (contaminación con arena)

Debido a que las arenas finas-limosas presentan alta permeabilidad, los lodos no funcionan como estabilizadores, por lo que se recomienda utilizar tubería de ademe.

7.3.4.2. Perforación en suelos duros, gravas, boleos y rocas.

Si existen rocas y depósitos de grava y/o boleos, la exploración se debe realizar con broca de diamante y el muestreo con barril muestreador de doble acción, para obtener núcleos ó corazones.

Durante el desarrollo de cada sondeo, se debe llevar un registro de campo, que contenga la información estratigráfica, descripción de los materiales, profundidad y espesor de los estratos, aspectos de las maniobras de perforación, toma de muestras, pruebas de permeabilidad y profundidad de niveles freáticos.

Si se perfora en suelos duros, se debe medir con torcómetro de bolsillo la resistencia al esfuerzo cortante en ambos extremos de cada muestra inalterada.

En el caso de la exploración en roca, se debe llevar un registro en donde se indiquen las características de las rocas tales como fracturas y condiciones de compacidad, aumento ó pérdida del agua de perforación, medición del porcentaje de recuperación, obtención de la designación de la calidad de la roca (DCR) a 10 y 20 cm y clasificación litológica para el estudio de los materiales, los corazones de roca obtenidos se colocan en cajas de madera, en secuencia correcta de acuerdo a la profundidad, colocando separadores de madera entre los tramos de Perforación ó muestras extraídas.

7.4. MUESTREO.

Para conocer las propiedades índice, mecánicas e hidráulicas de los materiales del subsuelo (suelos y rocas), es necesario obtener muestras durante los trabajos de exploración, estas pueden ser alteradas e inalteradas ó en algunos casos integrales. El muestreo se debe realizar de acuerdo a la metodología establecida apoyándose en las los métodos descritos a continuación.

7.4.1. Muestras representativas alteradas.

Son aquellas cuya estructura es afectada por el muestreo; sirven para clasificar los suelos, hacer determinaciones de propiedades índice y para preparar especímenes compactados, para pruebas de permeabilidad y mecánicas.

7.4.1.1. Muestreo en pozos a cielo abierto.

Con objeto de elaborar perfiles estratigráficos de los pozos excavados, se toman muestras alteradas en cada estrato y se determinan las propiedades índice de los suelos muestreados, para su posterior clasificación, según el Sistema Único de Clasificación de Suelos, (SUCS).

Las muestras se pueden tomar a medida que progresa la excavación ó bien una vez terminada ésta. Para realizar el muestreo se abre una ranura vertical de sección uniforme, de 20 cm de ancho por 15 cm de profundidad y se extrae el material representativo de cada estrato (aproximadamente 15 Kg) El material se puede colocar en costales de tejido cerrado, en bolsas de Polietileno.

Cada muestra debe llevar sujetas dos etiquetas de identificación, una dentro y otra afuera, en la cuales se anota el nombre de la obra, la fecha, el kilometraje y la profundidad a que se tomó la muestra.

Paralelamente a la toma de muestras, se efectúa la clasificación del estrato según lo especifica el Sistema Único de Clasificación de Suelos (SUCS) .En función de esta clasificación, se determina el peso de la muestra a tomar, de tal manera que el material sea suficiente para efectuar las pruebas descritas en el concepto de trabajos de laboratorio.

A partir del conocimiento de la estratigrafía y con la información de las propiedades índice se debe programar el muestreo inalterado, que sea representativo de cada uno de los estratos de suelo cohesivo que se detecte estas muestras inalteradas se obtienen con muestreador de pared delgada, hincado a presión ó labradas manualmente (muestras cúbicas).

7.4.1.2. Muestreo a partir de la prueba de penetración estándar.

Durante la realización de esta prueba, el tubo partido permite recuperar muestras del material explorado, que se ha alterado por la forma de hincado del muestreador; este material generalmente se recupera en tramos de 60 cm, debe ser extraído del tubo partido y colocado en bolsas dobles de Polietileno herméticamente cerrados, previa inspección y descripción de campo. Cada muestra debe llevar sujetas dos etiquetas de identificación, una dentro y otra afuera, en las cuales se anota el nombre de la obra, la fecha, el sitio y la profundidad a que fue tomada.

7.4.1.3. Muestreo integral en pozos a cielo abierto (PCA) ó en frentes abiertos.

Para efectuar este muestreo, una vez excavado el Pozo a cielo abierto (PCA) ó removido el material alterado en el frente abierto, se procede a realizar una ranura vertical en una de sus paredes, de 20 cm de ancho por 15 cm de profundidad, se recoge el material representativo de todos los estratos en un costal de tejido cerrado, para evitar pérdida de finos. La ranura se inicia por debajo del material que se considere de despalme y se mide el espesor.

Así mismo, se mide el espesor del material muestreado y se indica si este material continúa hacia abajo el material representativo de esta muestra (2 Kg. aproximadamente) se coloca en bolsas de polietileno, con objeto de evitar la pérdida del contenido natural de agua.

7.4.2. Muestras inalteradas.

Son aquellas cuya estructura no es afectada significativamente por el muestreo; se utilizan para clasificar los suelos y hacer determinaciones de propiedades índice, mecánicas e hidráulicas. En las obras de infraestructura de almacenamiento se requiere realizar estos muestreos con la finalidad de ampliar la información de los parámetros obtenidos mediante estudios de campo, determinado las propiedades mediante pruebas especiales de laboratorio.

7.4.2.1. Muestreo en pozos a cielo abierto (PCA).

El muestreo se hace preparando muestras de tipo cúbicas, cuidadosamente labradas, a la profundidad requerida y por medio de pruebas de laboratorio especiales servirán para determinar mecánicas e hidráulicas de los materiales. Estas muestras cúbicas, de 20 cm de arista, se deben proteger de inmediato con manta de cielo, que se impregna con una mezcla caliente de brea y parafina, utilizando una brocha para evitar la pérdida del contenido natural de agua. La muestra se debe orientar marcando la parte superior con una "S"

7.4.2.2. Muestreo con tubo de pared delgada.

Para recuperar muestras inalteradas de las perforaciones en suelos blandos, es necesario utilizar muestreadores que causen la menor alteración posible. Esto se logra con muestreadores de pared delgada, constituidos por un tubo de acero ó latón, con el extremo inferior afilado y unido en la parte superior con la cabeza muestreadora, la que a su vez esta montada en el extremo inferior de la columna de barras de perforación, con las cuales se hinca el muestreador desde la superficie.

Los diámetros más comunes de este muestreador son 7.5 y 10 cm.

El muestreador Shelby se debe hincar una longitud de 75 cm, con una velocidad constante entre 15 y 30 cm/s; se debe permitir que una longitud de 15 cm quede sin muestra, donde se alojaron los azolves. Después del hincado, se deja reposar la muestra durante tres minutos, para generar mayor adherencia entre tubo y suelo.

7.4.2.3. Muestreo con tubo dentado.

En suelos duros y compactos se utiliza el tubo dentado, para obtener muestras con un mínimo de alteración. El tubo muestreador es similar al tubo de pared delgada, excepto que la parte inferior tiene 8 dientes de corte, dispuestos simétricamente, que miden entre 0.8 y 1.0 cm de altura y 3 cm de base. En las características del equipo y su operación se destaca la velocidad de hincado, que debe ser constante (1.0 cm/s).

7.4.2.4. Muestreo con barril Denison.

Este muestreador opera a rotación y presión, permite recuperar muestras con poca alteración, en arcillas duras, limos compactos y limos cementados con pocas gravas, abajo del nivel freático; las muestras recuperadas son de 7.5 y 10 cm de diámetro.

El barril Denison es el mejor muestreador para las tobas duras, si se muestrea arriba del nivel freático, se debe utilizar aire como fluido de perforación.

En ambos extremos de cada muestra inalterada se deben realizar pruebas de resistencia con torcómetro y penetrómetro de bolsillo. Esta doble determinación de resistencia se efectúa inmediatamente antes de proceder a sellar muestras. El sellado tiene como por objeto proteger las muestras contra las vibraciones y la pérdida de contenido natural de agua, usando para ello papel de estaño y una mezcla de brea y parafina.

7.4.2.5. Muestreo en suelos muy duros y rocas.

El muestreo en este tipo de materiales se realiza con barriles muestreadores, cuyos diámetros varían entre 22 y 54 mm.(EX-NX), las brocas tienen insertos de carburo de tungsteno ó diamante. Estos barriles pueden ser sencillos, rígidos ó doble giratorio. Se recomienda usar este último en diámetros NX, NQ para obtener muestras de buena calidad.

7.5. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN CAMPO Y LABORATORIO

Con la información reunida durante la exploración y el reconocimiento geotécnico, se debe elaborar el programa detallado de pruebas de laboratorio, en el cual se especifiquen el tipo, procedimiento y cantidad de ensayos que puedan representar de una manera racional el comportamiento del subsuelo ante las sollicitaciones de cargas. El programa debe ajustarse, si durante el desarrollo de los ensayos en el laboratorio, se detectan resultados anormales en las propiedades del material ó en su estructura.

A partir de los sondeos con muestreo alterado e inalterado y con objeto de clasificar los materiales que conforman el subsuelo, se determina las siguientes propiedades:

7.5.1. Propiedades índice.

7.5.1.1. Suelos finos.

- A. Determinación de límites de consistencia y contracción lineal.
- B. Contenido natural de agua
- C. Pérdida por lavado, % de finos
- D. Clasificación de suelos según el Sistema Único de Clasificación de Suelos (SUCS).

7.5.1.2. Suelos Granulares.

- A. Análisis granulométrico
- B. Contenido natural de agua
- C. Clasificación de Suelos según el Sistema Único de Clasificación de Suelos (SUCS).

7.5.2. Propiedades mecánicas e hidráulicas.

Para determinar las propiedades mecánicas e hidráulicas de los materiales encontrados durante la exploración se realizan las siguientes pruebas (en muestras inalteradas):

7.5.2.1. Suelos finos.

- A.- Permeabilidad bajo carga constante
- B.- Permeabilidad bajo carga variable
- C.- Peso volumétrico de todas las muestras.

En las pruebas siguientes es de suma importancia definir en que muestras se efectúan los ensayos, así como la secuencia de cargas aplicadas.

- A.- Compresión axial no confinada
- B.- Compresión triaxial no consolidada, no drenada
- C.- Compresión triaxial consolidada, no drenada.
- D.- Consolidación unidimensional
- E.- Expansión libre y/o bajo carga
- F.- Saturación bajo carga
- G.- Torcómetro y penetómetro de bolsillo

7.5.2.2. Suelos granulares.

Por la dificultad que se tiene para obtener muestras inalteradas en suelos granulares poco cementados, las propiedades mecánicas e hidráulicas se obtienen por medio de correlaciones empíricas, que se deducen de los resultados obtenidos de exploraciones realizadas con métodos indirectos y semidirectos (ver sección 7.3.), ó bien mediante pruebas de campo (ver 7.5.4.), ó por medio de muestras preparadas en el laboratorio, simulando condiciones de estructura, saturación y compacidad semejantes a las que se tienen en estado natural, en las cuales se deben realizar los ensayos siguientes:

- A.- Permeabilidad bajo carga constante
- B.- Permeabilidad bajo carga variable
- C.- Peso volumétrico de todas las muestras.

En las pruebas siguientes es de suma importancia definir en que muestras se efectúan los ensayos, así como la secuencia de cargas aplicadas.

- A.- Compresión axial no confinada
- B.- Compresión triaxial no consolidada, no drenada

7.5.2.3. Muestras integrales.

Estas muestras, que generalmente proceden de bancos de materiales, además de los ensayos índice ya mencionados, se realizan todos ó cualquiera de los siguientes ensayos, según el uso que se pretenda dar a los materiales:

- A.- Compactación Proctor, Porter ó Densidad relativa
- B.- Colorimetría
- C.- Contracción lineal
- D.- Valor cementante
- E.- Equivalente de arena
- F.- Valor Relativo de Soporte (VRS).
- G.- Intemperismo acelerado
- H.- Contenido de substancias perjudiciales
- I.- Prueba de desgaste Los Angeles
- J.- Peso volumétrico seco / saturado
- K.- Peso volumétrico en estado natural

Se deben efectuar pruebas para obtener el peso volumétrico y la densidad de sólidos en todas las muestras inalteradas.

7.5.3. Propiedades índice y mecánicas en núcleos de roca.

Se deben realizar las siguientes pruebas:

- A.- Análisis Petrográfico.
- B.- Medición del Índice de Calidad de la Roca (DCR).
- C.- Compresión simple, con mediciones de módulos de elasticidad.
- D.- Peso volumétrico.

7.5.4. Pruebas de campo.

Son aquellas que se realizan in situ para medir directamente propiedades mecánicas e hidráulicas del suelo, las principales son: deformabilidad, permeabilidad y resistencia al esfuerzo cortante. Entre las primeras están las pruebas de placa en suelos y rocas y prueba con gato plano en rocas. Para la determinación de la permeabilidad in situ en suelos, se recurre a las pruebas Nasberg y Lefranc y a pruebas de absorción en suelos requerimiento que se solicita en los estudios de sistemas de infiltración en las obras complementarias.

En rocas fracturadas se realizan pruebas Lugeon.

La resistencia al esfuerzo cortante se obtiene a partir de pruebas de corte directo.

7.6. REQUERIMIENTOS DE ESTUDIOS GEOTECNICOS EN ALGUNAS OBRAS DE INFRAESTRUCTURA.

Para llevar a cabo el estudio geotécnico de las estructuras que forman parte de un sistema de agua potable y alcantarillado, es necesario realizar la interpretación de los resultados de los ensayos de laboratorio y de las exploraciones efectuadas, así como de los análisis teóricos correspondientes, considerando las características propias de cada estructura. A continuación se enlistan los parámetros geotécnicos que deben definirse en un estudio:

Cimentaciones superficiales:

- A.- Tipo de suelo
- B.- Tipo de cimentación
- C.- Profundidad de desplante
- D.- Capacidad de carga admisible
- E.- Asentamientos totales y diferenciales.
- F.- Análisis de deformaciones

Esfuerzos de contacto estático y sísmico para el sistema de cimentación propuesto:

- A.- Proceso constructivo recomendable
- B.- Nivel freático ó presencia de agua

Cimentaciones profundas:

- A.- Tipo de suelo
- B.- Tipo de cimentación
- C.- Profundidad de desplante
- D.- Capacidad de carga axial admisible
- F.- Capacidad de carga lateral
- G.- Análisis de deformaciones
- H.- Proceso constructivo recomendable
- I.- Nivel freático en presencia de agua

Excavaciones en suelo ó roca (Referencia 17, Parte 4):

- A.- Análisis de estabilidad
- B.- Recomendación de taludes estables
- C.- Proceso constructivo recomendable
- D.- Control de voladuras y explosivos

Estructuras de retención:

- A.- Tipo de material de relleno
- B.- Consideraciones de empujes de tierra
- C.- Diagramas de empuje de tierras, considerando en su caso efectos hidrodinámicos y sísmicos
- D.- Condiciones de drenaje de las estructuras de retención y recomendaciones constructivas correspondientes
- E.- Recomendaciones de compactación de los rellenos por utilizar
- F.- Proceso constructivo recomendable

Considerando las líneas de conducción en los cruces con arroyos y ríos se realizan análisis de socavación, de capacidad de carga y asentamientos, según sea la alternativa de solución.

Para la formación de lagunas se proyectan bordos perimetrales, por lo tanto, debe contemplarse la realización de las siguientes actividades:

- A.- La sección recomendada debe incluir análisis de estabilidad de taludes en flujo establecido y no establecido, en condiciones iniciales y finales, así como la estabilidad debida a solicitaciones de carácter sísmico.
- B.- Localización de bancos de materiales para la construcción.
- C.- Recomendar el proceso constructivo.

Se debe incluir el análisis de flujo de agua por el fondo, para evaluar las filtraciones que puedan presentarse a través del mismo y en el caso de que estas filtraciones se consideren excesivas, proponer la solución más adecuada para minimizarlas ó eliminarlas.

Los estudios geotécnicos para los caminos comprenden:

- A.- La estratigrafía a lo largo del camino, indicando espesor de los estratos, clasificación según SCT, tratamiento, coeficiente de variación volumétrica, clasificación para presupuesto y su utilización en la sección estructural del camino.
- B.- El tipo de material por excavar, en el caso de cortes.
- C.- La utilización del material de excavación para terraplenes.
- D.- Determinar el grado de compactación actual

7.6.1. Estructuras en obra de toma.

Considerando los resultados del reconocimiento geotécnico se debe proponer el sitio apropiado para realizar la exploración de Pozos a cielo abierto y los sondeos con máquina.

Los Pozos a cielo abierto se deben excavar y muestrear de acuerdo a los lineamientos establecidos en las secciones 7.3. y 7.4. Los ensayos de laboratorio correspondientes se efectúan de acuerdo con la sección 7.6.

En las estructuras para obra de toma, la exploración se inicia excavando y muestreando como mínimo 4 pozos a cielo abierto y dependiendo de los resultados se programa, si se considera necesario, una batería de sondeos con máquina, con muestreo alterado e inalterado (sección 7.4.) ó recuperando núcleos, según sea el material existente (suelo ó roca respectivamente). En algunos casos es recomendable realizar exploración con métodos geofísicos.

7.6.2. Línea de conducción, colector, interceptor, emisor y redes de distribución de agua potable o de alcantarillado.

Durante la exploración de los trazos proyectados se excavan pozos a cielo abierto, a lo largo de línea de conducción, red de distribución, colector, interceptor, emisor ó red de alcantarillado, con el objeto de tomar muestras de los estratos (sección 7.4.)

Para la línea de conducción, colector, interceptor ó emisor, los pozos a cielo abierto se excavan cada 1,000m de distancia como mínimo. En redes de distribución ó de alcantarillado, los Pozos a cielo abierto se realizan cada 500m de distancia como mínimo; en ambos casos donde los suelos se presenten con propiedades físicas y mecánicas desfavorables, los Pozos a cielo abierto se programan a menor distancia ó se realiza una exploración geofísica, empleando el método de sismica de refracción.

Con el fin de elaborar el perfil estratigráfico a lo largo de la línea de conducción, colector, interceptor y emisor, se determina en el laboratorio las propiedades índice de los suelos encontrados, para su clasificación, según el SUCS (sección 7.5.)

Para determinar la agresividad potencial de los suelos, desde el punto de vista de la corrosión se utilizan los Pozos a cielo abierto excavados para la toma de muestras alteradas.

7.6.3. Plantas de bombeo, tanques de almacenamiento y torres de oscilación

Como investigación inicial se excavan por lo menos cuatro pozos a cielo abierto, hasta una profundidad máxima de 4m ó hasta donde se pueda excavar con pico y pala ó donde aparezca el nivel de aguas freáticas (NAF). En estos pozos se recuperan muestras alteradas e inalteradas y se practican los ensayos necesarios de acuerdo con las secciones 7.4. y 7.5. de estos lineamientos.

Con base en esta información se programa el número de sondeos con máquina, su profundidad, y la intensidad del muestreo por realizar. La exploración esta condicionada a las características de las estructuras por cimentar y las del propio subsuelo. La práctica común indica que se programe un muestreo alterado con penetración estándar ó de cono, alternando el muestreo inalterado con tubo de pared delgada, tubo dentado ó barril Denison, según el material que se encuentre. Si se tienen rocas, se utiliza barril doble giratorio. Este muestreo se lleva a cabo como se indica en la sección 7.4.

7.6.4. Cruces con vías de comunicación, ríos y canales.

Se debe seleccionar el sitio apropiado para ejecutar los sondeos, tomando en cuenta la información geotécnica recopilada y el trazo del proyecto.

En el muestreo se consideran muestras alteradas e inalteradas. Las primeras son por estratos y las segundas de tipo cúbicas, recuperadas a la profundidad a la cual se estima que se desplantarán las estructuras de cruce.

Si la importancia ó dificultad del cruce lo requiere, se programa exploración profunda, sea en suelos ó en rocas; en ambos casos la exploración se realiza como se indica en la sección 7.3.

Para salvar los cruces y diseñar la cimentación de las estructuras requeridas, se excavan como mínimo dos pozos a cielo abierto, aumentándose dicho número ó realizando sondeos profundos si así se requiere.

En los cruces importantes se recomienda efectuar un estudio topohidráulico.

7.6.5. Plantas potabilizadoras, de tratamiento y estructuras complementarias.

En el estudio preliminar, se debe seleccionar dentro del sitio propuesto, la distribución apropiada para ejecutar los pozos a cielo abierto y sondeos, dependiendo de la superficie de la zona por explorar y tomando en cuenta la información recopilada.

La excavación de pozos a cielo abierto se lleva a cabo con las características descritas en la sección 7.3.

Con objeto de elaborar perfiles estratigráficos dentro de la zona considerada, se determinan las propiedades índice de los suelos encontrados, para su posterior clasificación, de acuerdo al sistema único de clasificación de suelos (SUCS) (sección 7.5.)

Para evaluar la agresividad potencial de los suelos, desde el punto de vista de la corrosión, se toman muestras alteradas en cada cambio de estrato y en cada uno de los pozos excavados, (sección 7.4).

Durante la exploración geotécnica se realizan como mínimo cinco pozos a cielo abierto, espaciados convenientemente en el área por explorar y de los cuales se recuperan muestras alteradas, que se someten a pruebas de laboratorio (sección 7.5.)

Si el material encontrado es roca, se considera que presenta buenas propiedades mecánicas y se verifica por medio de pruebas de laboratorio.

Si el material encontrado es suelo y al analizar los resultados de laboratorio se deduce que se pueden presentar problemas de capacidad de carga, baja resistencia al esfuerzo cortante y alta compresibilidad, se debe programar un muestreo inalterado, incluyendo pruebas de laboratorio, para obtener las propiedades mecánicas.

Ya establecida la factibilidad del sitio, la exploración se complementa con pozos a cielo abierto y sondeos, a profundidades que dependen del material encontrado en el estudio preliminar; así como de las dimensiones y descargas aproximadas de las estructuras constitutivas de la planta. Los Pozos a cielo abierto se distribuyen convenientemente en la zona por explorar, para trazar perfiles estratigráficos que resulten adecuados para representar el modelo geotécnico del subsuelo; los sondeos deben programarse en un número tal que el área tributaria de cada uno, sea de una hectárea aproximadamente. El número de pozos a cielo abierto será, dos veces el número de sondeos con máquina.

El número de sondeos mencionado en párrafos anteriores, de ninguna manera es fijo, ya que puede variar en función de la geología y criterios de exploración.

Una vez conocido el sitio definitivo para el emplazamiento de la planta, las características estratigráficas del predio y con la ubicación precisa de cada estructura, si las condiciones geotécnicas son desfavorables, se procede a realizar estudios geotécnicos complementarios; se programan sondeos exploratorios que se ubiquen en el lugar exacto de las estructuras importantes y se realizan más pruebas de laboratorio. El estudio complementario se lleva a cabo siempre que se observen variaciones importantes en la estratigrafía ó se anticipen problemas especiales de geotecnia.

7.6.6. Plantas de tratamiento y lagunas.

Dentro del sitio propuesto se debe seleccionar la distribución apropiada de los pozos a cielo abierto y sondeos, tomando en cuenta la información recopilada y los estudios preliminares. La excavación de pozos a cielo abierto se lleva a cabo con las características descritas en la sección 7.3.

Con objeto de elaborar perfiles estratigráficos dentro de la zona considerada, los PCAs y sondeos de exploración se ubican de manera apropiada para conocer la información geotécnica obtenida de los ensayos de laboratorio.

Durante esta etapa de estudios es conveniente realizar ensayos a las muestras de los primeros sondeos, particularmente ensayos de permeabilidad, con el propósito de definir si es necesario llevar a cabo pruebas de permeabilidad en campo.

En lagunas y estructuras especiales se realizan por lo menos dos sondeos, a base de penetración estándar y muestreo con tubo de pared delgada (Tipo Shelby) ó con barril doble giratorio, llevados hasta una profundidad máxima de 15m (sección 7.4.)

En cada sitio propuesto se complementa la exploración geotécnica, excavando por lo menos diez pozos a cielo abierto, llevados a 4.0 m. de profundidad como mínimo. Sin embargo, si los sondeos profundos no se requieren, se incrementa a 15 el número de pozos a cielo abierto, con el fin de determinar con precisión la configuración geotécnica del subsuelo. Dependiendo la homogeneidad e heterogeneidad se recomienda efectuar menor ó mayor número para tener mayor seguridad.

De los pozos a cielo abierto se toman muestras alteradas e inalteradas (según los procedimientos descritos en la sección 7.3.), a los niveles donde se estime que se desplantarán las estructuras y bordos que constituyen el sistema, ó en los niveles donde se requiera conocer los parámetros de resistencia al corte y/o compresibilidad.

De ser necesario, se efectúan pruebas de permeabilidad tipo Lefranc y tipo Nasberg.

7.6.6. Vialidades en plantas de tratamiento, potabilizadoras y de bombeo.

7.6.7.1. Generalidades.

Tomando como base el proyecto ejecutivo de planta de tratamiento, potabilizadora ó de bombeo, se diseña y proyecta la estructura que constituye los pavimentos de las vialidades dentro de la misma.

Para esto se verifican los alineamientos, niveles, pendientes y secciones que garanticen un adecuado drenaje interno y externo.

El espesor y calidad de la estructura del pavimento y de cada una de sus capas componentes se determina considerando las máximas cargas que hayan de ser soportadas, la frecuencia de cada tipo de carga y la capacidad de carga del terreno. Las tensiones producidas por la repetición de las cargas de tránsito, transmitidas a través de la estructura del pavimento, hasta el terreno, no deben exceder la capacidad de carga de la estructura, ni del terreno.

7.6.7.2. Fases del proyecto.

Para determinar el espesor del pavimento y de cada capa que lo compone así como el tipo de superficie asfáltica adecuada, deben considerarse los siguientes puntos:

- A.- Análisis de tránsito
- B.- Estudio del terreno y de los materiales de base y sub-base
- C.- Análisis y selección del proyecto definitivo.
- D.- Bancos de materiales

7.6.7.3. Método de diseño del pavimento flexible.

La resistencia del pavimento depende de las características mecánicas de los materiales y de la interacción de las capas que lo constituyen. Los criterios de diseño son del tipo convencional, por lo que se incluyen aspectos como: condiciones del medio ambiente, criterios de falla, factores de seguridad, especificaciones de los materiales, tolerancia y procedimientos de construcción.

El cálculo del espesor total del pavimento y de las capas que lo componen, se hace de acuerdo al método del valor relativo de soporte (VRS) y con el apoyo de las gráficas de diseño.

7.6.7.4. Carpeta asfáltica.

Las características importantes que deben satisfacer los materiales pétreos para la carpeta asfáltica son:

- A.- Granulometría.
- B.- Dureza.
- C.- Forma de las partículas
- D.- Adherencia con el asfalto.

El contenido óptimo de asfalto, por método analítico, se obtiene por medio de la "Compresión sin confinar"; el tipo de carpeta asfáltica puede ser en consideración de la intensidad y frecuencias de las cargas:

- A.- Por riegos.
- B.- Mezclas en el lugar.
- C.- Concretos asfálticos.

El diseño y elección de la se realiza con base en las normas y especificaciones para construcción e instalaciones de pavimentos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

7.7. REQUERIMIENTO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS PARA CAMINOS Y PLATAFORMAS.

Para la exploración de los caminos existentes, se realiza un reconocimiento geotécnico de los caminos, tomando como base la geología regional y la observación de cortes y deslaves, que proporcionan información geotécnica de su comportamiento. En los caminos existentes se toman calas volumétricas a cada 250m; las pruebas que se realizan, son:

- A.- Límites de consistencia.
- B.- Granulometría.
- C.- Por ciento de finos.
- D.- Compactación Proctor SARH. ó Porter
- E.- Peso volumétrico

7.8. REQUERIMIENTO DE ESTUDIOS GEOTECNICOS EN BANCOS DE MATERIALES, PARA REVESTIMIENTO, TERRACERIAS Y AGREGADOS PÉTREOS.

Se procede a la localización y levantamiento de los bancos de materiales que resulten susceptibles para utilizarse en las capas de revestimientos, terracerias, bases y sub-bases, así como para agregados pétreos en la elaboración de los concretos hidráulicos. La exploración se realiza por medio de pozos a cielo abierto, con obtención de muestras integrales, de acuerdo a las secciones 7.4 y 7.5 y se efectúa la clasificación de campo correspondiente.

En cada banco se excava un mínimo de 2 pozos a cielo abierto, llevados hasta 2.5m de profundidad y de cada pozo se toman como mínimo una muestra de tipo integral.

El estudio de bancos de materiales se debe enfocar a definir las siguientes características:

- A.- Localizar los bancos más cercanos a las obras civiles
- B.- Localizar bancos con el menor volumen posible de despalle (capa vegetal).
- C.- Recomendar bancos que topográficamente sean de fácil explotación
- D.- Recomendar bancos que sean lo más sano posible
- E.- Localizar bancos con la Granulometría requerida para las obras
- G.- Sugerir bancos de roca cuyo material no sea altamente abrasivo
- H.- Proponer bancos de materiales cuyas características mecánicas y químicas no presenten alteraciones estructurales.
- I.- Los materiales de los bancos recomendados deben resistir su manejo, desde su extracción, hasta su colocación, con la menor cantidad.

7.9. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE ESTUDIOS DE LOS PROYECTOS PARA OBRAS HIDRÁULICAS.

En cada sitio ó estructura donde se hayan realizado sondeos, se debe elaborar el estudio Geotécnico, que muestre los resultados de la exploración de campo, ensayos de laboratorio y la estratigrafía correspondiente. Debe contener el análisis de los resultados de los ensayos de laboratorio para ser aplicados en el diseño de las cimentaciones y en los análisis de estabilidad de masas de suelo ó de roca. En caso de requerirse también debe aparecer junto a la estratigrafía la clasificación para excavación.

7.9.1. En obras que requieren pruebas de calidad de materiales en muestras alteradas.

La información geotécnica generada en sondeos someros ó profundos, se presenta en perfiles estratigráficos individuales, donde se indique lo siguiente:

- A.- Número y tipo de sondeo.
- B.- Localización y cadenamamiento.
- C.- Número, tipo y profundidad de las muestras.
- D.- Penetración estándar ó de cono.
- E.- Contenido natural de agua.
- F.- Límites de consistencia.
- G.- Granulometría y clasificación Sistema Único de Clasificación del Suelo (SUCS).
- H.- Pesos volumétricos.
- I.- Cohesión y ángulo de fricción interna.

7.9.2. En obras que requieren pruebas especiales en muestras inalteradas.

También se debe presentar la siguiente información:

- A.- Curvas Granulométricas.
- B.- Diagramas de esfuerzos totales, neutrales y efectivos
- C.- Gráfica de plasticidad, donde se resuman los resultados de los ensayos de límites de consistencia
- D.- Círculos de Mohr y gráfica esfuerzo-deformación de ensayos, para determinar la resistencia al esfuerzo cortante.
- E.- Curvas de compresibilidad y de consolidación
- F.- Curvas de expansibilidad
- G.- Curvas de Valor relativo de soporte (VRS)
- H.- Tablas y gráficas donde aparezcan los resultados de los ensayos de laboratorio
- I.- Planos donde se localicen los sondeos en planta, así como perfiles estratigráficos a lo largo de las líneas y estructuras, como tanques unidireccionales, torres de oscilación, cajas rompedoras de presión, plantas de bombeo, de tratamiento de aguas residuales ó potabilizadoras.

El estudio de bancos de materiales debe incluir la siguiente información:

- A.- Localización de cada banco en un plano general, así como su croquis particular que indique los accesos y las distancias al eje del camino ó al centro de gravedad de la estructura en cuestión.
- B.- Se debe indicar el tipo e intensidad de la exploración y muestreo realizados, así como los ensayos efectuados.
- C.- Se debe indicar el tipo de material del banco, indicando su clasificación, según las Normas de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT), el espesor de despalme, el espesor utilizable, volumen de despalme dimensiones en planta, tratamiento probable, coeficiente de variación volumétrica, clasificación para presupuesto y su utilización en la sección estructural del camino.

7.10. ETAPAS DE PROYECTO DE CAMINOS A LO LARGO DE LA LÍNEA CONDUCCIÓN, COLECTOR, INTERCEPTOR Ó EMISOR.

7.10.1. Recopilación de información.

Para la realización del proyecto ejecutivo de caminos nuevos ó existentes para construcción de acueductos, se debe enfocar la atención en la pendiente del terreno, en taludes naturales y de cortes, terraplenes y en la posibilidad de utilizar los mismos materiales de excavación para la formación de terracerías, así como tomar en cuenta factores de seguridad, solidez, facilidad de conservación y economía.

Se debe recopilar la información necesaria en las etapas iniciales del proyecto:

- A.- Trazo preliminar en planta
- B.- Selección del trazo en planta

Con la información recabada y la topografía a detalle de la línea de conducción, del colector, interceptor ó emisor, se definen los datos de proyecto, la selección del trazo en planta y las secciones tipo del camino, en donde se indican los espesores de estructuración y los grados de compactación.

Los planos con los datos de proyecto y el dibujo de las secciones tipo que se deriven de este trabajo, pueden ser susceptibles de modificaciones, de acuerdo a los datos que se reciben de campo.

7.10.2. Reconocimiento de campo.

Se deben realizar reconocimientos de campo del trazo seleccionado, con el objeto de identificar los elementos que ayuden a determinar el trazo definitivo, de acuerdo con los puntos obligados de paso, que se establecen por razones económicas, características topográficas, geológicas, geotécnicas, alineamientos, pendientes, clasificación de terrenos, cruces con ríos y arroyos, con carreteras, vías férreas, poblaciones y localización de obras de drenaje.

7.10.3. Topografía deducida.

Con el trazo definitivo, resultado de las observaciones y modificaciones originadas por la información recabada del reconocimiento en campo, se deduce el perfil del terreno por el eje del camino y se obtienen cotas a cada 20m; donde la morfología del terreno lo requiera, se fijan estaciones para ubicar las obras de drenaje.

Se preparan secciones transversales del terreno natural, cada 20m con una longitud de 20m hacia ambos lados del eje. Si la topografía es movida (abrupta) la longitud de las secciones se aumentan y la distancia entre estaciones se debe reducir; si por el contrario la topografía que se presenta es sensiblemente plana, la distancia entre estaciones se debe aumentar.

7.10.4. Proyecto geométrico.

El plano donde se dibuja la planta del camino, debe contener el trazo de la línea de conducción, se dibuja el trazo definitivo del eje del camino, a escala 1:2000. Se debe integrar en el mismo plano el perfil del terreno natural deducido, por el eje del camino, a escala vertical 1:200 y horizontal 1:2000.

Con base en la información que contiene este plano, que cubre tramos de 2 Km. de camino, se procede a realizar el proyecto geométrico del alineamiento horizontal y vertical, siguiendo las normas, especificaciones y criterios establecidos se calculan cotas de subrasante, espesores en corte y terraplén cada 20m y puntos intermedios que ayuden a definir el proyecto y la sección transversal del mismo.

7.10.5. Secciones de construcción.

Con base en las secciones tipo, la estructuración de las mismas y los espesores de corte y terraplén obtenidos en el proyecto de subrasante, se obtiene una sección constructiva en cada estación y en todos aquellos puntos intermedios donde el terreno presente cambios notables, con objeto de calcular las áreas de las capas que la componen.

7.10.6. Dibujo de planos definitivos.

El informe debe contener los siguientes planos:

- A.- Planta general
- B.- Planta y perfil, para cada tramo de camino, considerando.
- C.- Alineamiento horizontal: con todos los datos de proyecto, cuadro de datos de poligonal de apoyo del trazo, cuadro de geometría de alineamiento, secciones tipo del tramo y escala.
- D.- Alineamiento vertical: todos los datos de cadenamientos, elevaciones del terreno natural y subrasante, espesores de corte y terraplén, bancos de nivel, cuadros de cantidades de obra escalas.
- E.- Plano con la información geotécnica.
- F.- Plano de ubicación de bancos de préstamo y cuadro con clasificación de materiales, volúmenes aprovechables, distancias, espesor de despalle, calidad de los materiales y explotabilidad.
- G.- Plano de obras de drenaje.

7.10.7. Caminos existentes.

Si el trazo del eje del colector, interceptor y emisor es paralelo al eje de un camino existente ó de brechas, susceptibles de ser aprovechadas ó utilizadas, se procede a obtener la información geotécnica, a fin de habilitar los tramos que no cumplan con las especificaciones de proyecto geométrico y en su caso se presentan las recomendaciones para su mejoramiento y la solución al drenaje de ellos.

7.10.8. Obras de drenaje (claros menores a 6 m).

Son obras hidráulicas que sirven para conducir los escurrimientos pluviales, primordialmente de pequeños arroyos, cunetas y contracunetas, transversales al eje del camino ó carretera. Generalmente se construyen de concreto ó metálicas y las secciones rectas que se utilizan son circulares, rectangulares, en bóveda y ovaladas.

7.10.8.1. Adaptación de estructuras tipo

Si se justifica una obra, se procede al cálculo de la misma, adaptándose las soluciones estructurales tipo. Posteriormente se dibujan los proyectos con instructivos, que incluyan observaciones necesarias para su correcta ejecución.

7.10.9. Catálogo de conceptos y memoria descriptiva.

Se debe elaborar el catálogo de conceptos que contenga el diseño del camino, indicando su clasificación, enunciando unidad y cantidad de obra.

7.11. BIBLIOGRAFÍA.

- 1) Normas para Construcción e Instalaciones Carreteras y Aeropistas-Terracerías Libro 3, parte 3.01, título 3.01.01 Secretaría de Comunicaciones y Transportes, SCT. México, 1984
- 2) Normas para muestreo y pruebas de materiales, equipos y sistemas Carreteras y Aeropistas-Materiales para Terracerías Libro 6, parte 6.01, título 6.01. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, SCT. México, 1986
- 3) Manual de Diseño de Obras Civiles Sección B, Tema 1, capítulos 1,2,3,4 y 5 Comisión Federal de Electricidad, CFE. México, 1979
- 4) Manual de Diseño de Obras Civiles Sección B, Tema 2, capítulo 1,2,3 y 4 Comisión Federal de Electricidad, CFE. México, 1979
- 5) Reglamento de Construcciones del Departamento del Distrito Federal, DDF. México, 1 98 7
- 6) Vocabulario de Mecánica de Suelos, términos usados en Latinoamérica. SMMS, | de |, UNAM, 1987
- 7) Especificación Generales Para Proyecto de Obras PEMEX-1976.
- 8) Mecánica de Suelos- Instructivo para Ensayes de Suelos. CNA-IMTA-1990.

7.12. NORMAS Y MANUALES TÉCNICOS DE REFERENCIA.

- 1) Manual de Mecánica de Suelos
Secretaría de Recursos Hidráulicos, SRH
México 1 970
- 2) Instructivo para ensaye de suelos
Secretaría de Recursos Hidráulicos, SRH
México, 1 970
- 3) Normas para proyecto de obras (Norma 2.214.05)
Petróleos Mexicanos, PEMEX
Primera edición México, 1976
- 4) Manual de diseño geotécnico (volumen 1)
Departamento del Distrito Federal, DDF
México. 1987
- 5) Normas para construcción e instalaciones carreteras y aeropistas-estructuras y obras de drenaje
Libro 3, parte 3.01, título 3.01.02
Secretaría de Comunicaciones y Transportes, SCT
México, 1 984
- 6) Normas para construcción e instalaciones carreteras y aeropistas-pavimentos
Libro 3, parte 3.01, título 3.01.03
Secretaría de Comunicaciones y Transportes, SCT
México, 1984
- 7) Pruebas de Permeabilidad, Normatividad, volumen V
SARH, Gerencia de Estudios y Normas
México, 1987
- 8) Normas para muestreo y pruebas de materiales, equipos y sistemas
Carreteras y Aeropistas-Pavimentos II, Tomo 2 libro 6, parte 6.01,
título 6.01.03

7.13. ABREVIATURAS.

7.13.1. Abreviaturas.

ASTM	Sociedad Americana para Ensayes de Materiales (American Society for Testing Materials).
SRM	Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (International Society for Rock Mechanics)
IN SITU	Locución latina que significa en el sitio.
NAF	Nivel de Aguas Freáticas.
RQD	Índice de Calidad de la Roca (Rock Quality Designation).
SEV	Sondeo Eléctrico Vertical.
SMMS	Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos.
SPT	Prueba de Penetración Estándar (Standard Penetration Test).
SUCS	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.
VRS	Valor relativo de soporte.

7.14. APÉNDICE

CATALOGO DE CONCEPTOS PARA ESTUDIOS Y PROYECTOS GEOTECNICOS EN SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO.

7.14.1. Movilización de personal.

Movilización del personal al sitio de los trabajos y regreso al lugar de origen.	Lote
Visitas técnicas	Visita
Viáticos de la brigada de estudios geotécnicos en tránsito.	día
Viáticos de la brigada de perforación, en tránsito	día
Tiempos perdidos no imputables	
Brigada de estudios geotécnicos	día / brig
Brigada de perforación.	día / brig

7.14.2. Recopilación de información y estudios geológicos.

Recopilación de información técnica	Lote
Reconocimiento geotécnico del área de proyecto	Lote
Levantamiento geológico a detalle	Ha

7.14.3. Maniobras de perforación con máquina.

Movilización del equipo de perf. al sitio de los trabajos y regreso al lugar de origen	Lote
Suministro de agua para perforación	Lote
Utilización de lodos bentoníticos	Kg,m
Cementación	Kg,m
Desmante	Ha
Caminos de acceso y brechas	Km.
Ademe metálico recuperable	m
Ademe metálico no recuperable)	m
Cambio de equipo de perf. entre sondeo y sondeo	mov

7.14.4. Exploración geofísica.

MÉTODO GEOSÍSMICO	
Medición Ondas P	m
Medición Ondas S	Tendido
Método Geoelectrico	
AB/2 ---3 00m	SEV
AB/2 --- 500m	SEV

7.14.5. Exploración geotécnica.

	Lote
Envío de muestras al laboratorio	m
Prueba de penetración estándar (spt)	m
Perforación con máquina perforadora en donde se realiza la prueba de penetración estándar (spt)	m
Perforación con máquina sondeos, mixtos Exploración con cono	m
Excavación de pozos a cielo abierto (PCA)	m
Perforación en suelos blandos	m
Perforación en suelos duros	m
Perforación en gravas, boleos y rocas	m
Perforación sin recuperación de muestras	m

7.14.6. Muestreo alterado de suelos.

Muestreo en pozos a cielo abierto	Muestra
Muestreo a partir de la prueba de penetración estándar	m
Muestreo integral en pozos a cielo abierto (PCA) ò en frentes abiertos	Muestra

7.14.7. Muestreo inalterado en suelos y rocas.

Obtención de muestras cúbicas inalteradas debidamente protegidas en Pozos a cielo abierto (PCA)	Muestra
Muestreo en suelos blandos con tubos de pared delgada tipo shelby	m
Muestreo en suelos blandos con tubo dentado	m
Muestreo en suelos duros con barril Denison	m
Muestreo en suelos duros y/o roca con barril doble giratorio	m

7.14.8. Determinación de propiedades físicas y mecánicas en campo y laboratorio.

PROPIEDADES ÍNDICE, SUELOS FINOS.	
Clasificación Sistema Único de Clasificación de Suelos (SUCS)	Prueba
Contenido natural de agua	Prueba
Contenido de finos por lavado	Prueba
Límites de consistencia	Prueba
Densidad de sólidos	Prueba
Propiedades índice, Suelos Granulares	Prueba
Análisis granulométrico por mallas	Prueba
Densidad de sólidos	Prueba
PROPIEDADES MECÁNICAS E HIDRÁULICAS EN SUELOS FINOS	
Permeabilidad bajo carga constante	Prueba
Permeabilidad bajo carga variable	Prueba
Compresión simple	Prueba
Compresión triaxial no consolidada, no drenada, con determinación de módulos de deformación	Prueba
Compresión triaxial consolidada, no drenada	Prueba
Consolidación unidimensional	Prueba
Expansión libre y/o bajo carga	Prueba
Saturación bajo carga	Prueba
Determinación de pesos volumétricos en el lugar	Prueba

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN MUESTRAS INTEGRALES.

Compactación proctor, porter ò densidad relativa	Prueba
Colorimetría	Prueba
Contracción lineal	Prueba
Límites de consistencia	Prueba
% de partículas finas	Prueba
Valor relativo de soporte estándar	Prueba
Valor cementante	Prueba
Contenido de sustancias perjudiciales	Prueba
Prueba de los ángeles	Prueba
Intemperismo acelerado	Prueba
Peso volumétrico seco/saturado	Prueba
Peso volumétrico en estado natural	Prueba

PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN NÚCLEOS DE ROCAS

Clasificación microscópica y petrográfica	Prueba
Compresión simple con determinación de módulos de deformación	Prueba
Determinación de la Designación de la calidad de la Roca (DCR), 10-20 cms	Prueba
Peso volumétrico	Prueba
Prueba de los ángeles	Prueba
Intemperismo acelerado	Prueba

PRUEBAS DE CAMPO EN SUELOS Y ROCAS

Torcómetro ó penetrómetro de bolsillo	Prueba
Prueba de placa	Prueba
Prueba con gato plano	Prueba
Prueba de permeabilidad tipo Nasberg en tramos <1m	Prueba
Prueba de permeabilidad tipo Lefranc en tramos < 3m	Prueba
Prueba de permeabilidad tipo Lugeon en tramos de 5m.	Prueba

7.14.9. Vialidades en plantas de tratamiento, potabilizadoras y de bombeo.

7.14.9.1. Caminos.

Topografía, nivelación	KM.
Calas volumétricas en la capa superior de caminos existentes	Cala
Limites de consistencia	Prueba
Análisis granulométrico	Prueba
% de partículas finas	Prueba
Compactación proctor, Porter ó densidad relativa	Prueba
Peso volumétrico seco "in situ"	Prueba

7.14.9.2. Estudios en bancos de materiales para revestimiento, terracerías y agregados pétreos.

Fotogeología y Fotointerpretación	Km. ²
Localización de bancos de materiales	Lote
Levantamientos topográficos	Ha
Excavación de pozos a cielo abierto(PCA)	m
Exploración Geosísmica (Ondas P)	m
Exploración Geoeléctrica (AB/2 = 300m)	SEV
Compactación proctor, Porter ó densidad relativa	Prueba
Colorimetría	Prueba
Contracción lineal	Prueba
Límites de contracción	Prueba
% de partículas finas	Prueba
Valor relativo de soporte estándar (VRS)	Prueba
Valor cementante	Prueba
Contenido de sustancias perjudiciales	Prueba
Prueba de los ángeles	Prueba
Intemperismo acelerado	Prueba
Peso volumétrico seco/saturado	Prueba
Peso volumétrico en estado natural	Prueba

7.14.9.3. Informe final, incluye conclusiones y recomendaciones.

Informe de Bancos de materiales	Lote
Informe de líneas de conducción	Lote
Informe de cruces y estructuras especiales	Lote
Informe de plantas de bombeo, tratamiento y potabilizadoras	Lote

7.14.10. Proyecto de caminos a lo largo de la línea de conducción del colector, interceptor o emisor.

Reconocimiento geotécnico	Lote
Topografía deducida	km
Proyecto Y cálculo de subrasante	km
Secciones de construcción	km
Dibujo de planos definitivos	Plano
Caminos existentes	km.
Obras de drenaje	
Adaptación de estructuras tipo	km.
Catálogo de conceptos	Catálogo
Memoria descriptiva	o memoria

Tabla 7.2. Relación de la DCR (designación de la calidad de la roca y la calidad de la roca in situ).

DCR %	CALIDAD DE LA ROCA.
90-100	EXCELENTE.
75-90	BUENA.
50-75	REGULAR.
25-50	MALA.
0-25	MUY MALA.

Comentarios: La tabla nos ayuda a evaluar a través del porcentaje de recuperación de las muestras, la calidad de la roca y se debe a las resistencias de ellas con reserva, porque los muestreos con bajos porcentajes no indica que la roca puede estar meteorizada (alterada), y por lo tanto las resistencias disminuyen substancialmente.