



ESTUDIO ESTRATIGRAFICO Y DE CALIDAD DE MATERIALES PETREOS
PARA CONSTRUCCIÓN DE PISO DE CONCRETO PARA CANCHA DE USOS
MULTIPLES, COLONIA HIGUERAS DEL ESPINAL, EN EL MUNICIPIO DE
VILLA DE ALVAREZ, EN EL ESTADO DE COLIMA.

Informe de estudio geotécnico

Mayo 2023

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	2
DISTRIBUCIÓN DE LOS SONDEOS	2
INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO.....	2
ENSAYES DE LABORATORIO.....	2
PERFIL ESTRATIGRÁFICO	3
PROPIEDADES DE LOS SUELOS	3
CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGA	3
TABLA RESUMEN	5
RECOMENDACIONES	6
INFORME DE FOTOGRAFICO	7
ANEXOS.....	12

INTRODUCCIÓN

El Estudio de calidad del suelo se efectuó a muestra extraída por el personal de este laboratorio en el predio donde se hará la Construcción de Piso de concreto para Cancha de Usos Múltiples en la colonia Higueras del Espinal, que se encuentra en la zona poniente de la Ciudad de Villa de Álvarez, en el Municipio del mismo nombre, del Estado de Colima, donde se pretende realizar la construcción de dicha cancha.

Este estudio fue realizado con el objeto de determinar las características y propiedades físicas del subsuelo, para efectos de proporcionar información sobre la calidad del material.

DISTRIBUCIÓN DE LOS SONDEOS

El número de sondeos y su localización fue determinado tratando de cubrir el área donde se desplantará el piso de concreto para la Cancha de Usos Múltiples en dicho fraccionamiento, en el cual se realizó un PCA y la obtención de las muestras alteradas para su análisis. A las muestras obtenidas se le realizaron los ensayos correspondientes para obtener las calidades de cada uno de los materiales que conforman cada uno de los estratos.

INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO

La investigación del subsuelo se llevó a cabo realizando un sondeo a cielo abierto (PCA's), a una profundidad promedio de 1.51 m., obteniendo simultáneamente muestras alteradas para su estudio y al mismo tiempo verificar el perfil estratigráfico del subsuelo.

ENSAYES DE LABORATORIO

A las muestras del sub-suelo se le realizaron las siguientes pruebas de laboratorio según la normatividad de la secretaria de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes:

- a) Humedad Natural
- b) Análisis granulométrico
- c) Masa volumétrica suelta seca
- d) Masa volumétrica seca máxima
- e) Límites de consistencia de los suelos
- f) Contracción lineal
- g) Valor Relativo de Soporte
- h) Expansión
- i) Equivalente de arenas

Con los datos obtenidos en el laboratorio, se clasificaron las muestras de acuerdo con la clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Los espesores marcados incluyen la capa vegetal.

SONDEO # UNICO

Profundidad total del sondeo 1.51 m.

Estrato Único

Espesor (0.00 – 1.51 m)

Arcilla de baja compresibilidad, mezcla de arcilla de baja plasticidad y arena, color café claro (CL). Este tipo de material presenta más del 53% en peso que pasa la malla Núm. 200 y con un índice de plasticidad de 12%. Presenta una humedad natural del 16.6%, compacto, con tamaño máximo de 3/4", con un 4% de grava, 43% de arena y 53% de finos.

No se encontró el nivel freático.

PROPIEDADES DE LOS SUELOS

De acuerdo con la clasificación SUCS los materiales presenta las siguientes características:

CL: ARCILLA DE BAJA COMPRESIBILIDAD

Más de la mitad del material pasa la malla Núm. 200, con un límite líquido menor a 50% y con un índice de plasticidad mayor al 7%. Arcilla de baja compresibilidad, mezcla de arcilla de baja plasticidad, arena y grava

CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGA

La capacidad de carga se determinó a través de la siguiente ecuación:

$$q_c = (1.3 \cdot C \cdot N_c) + (Y \cdot D_f \cdot N_q) + (0.4 \cdot Y \cdot B \cdot N_y)$$

Donde:

q_c = Capacidad de carga

γ = Masa Volumétrica ton/m³.

N_c = Factor de capacidad de carga de cohesión.

N_q = Factor de capacidad de carga de sobrecarga.

N_γ = Factor de capacidad de carga de peso del suelo.

B = Ancho de desplante de la zapata.

D_f = Profundidad de desplante de la zapata.

G_s = Gravedad Especifica de Solidos del suelo.

ϕ = Angulo de fricción interna del suelo.

SONDEO No. UNICO

	D_f	γ	G_s	c	B	ϕ	N_c	N_q	N_γ	q_c
	0.00									
ESTRATO UNICO (CL)	0.10	1.647	2.370	0	1.00	19	13.93	5.80	4.08	3.64
	0.20	1.647	2.370	0	1.00	19	13.93	5.80	4.08	4.60
	0.30	1.647	2.370	0	1.00	19	13.93	5.80	4.08	5.55
	0.40	1.647	2.370	0	1.00	19	13.93	5.80	4.08	6.51
	0.50	1.647	2.370	0	1.00	19	13.93	5.80	4.08	7.46
	0.60	1.647	2.370	0	1.00	19	13.93	5.80	4.08	8.42
	0.70	1.647	2.370	0	1.00	19	13.93	5.80	4.08	9.37
	0.80	1.647	2.370	0	1.00	19	13.93	5.80	4.08	10.33
	0.90	1.647	2.370	0	1.00	19	13.93	5.80	4.08	11.29
	1.00	1.647	2.370	0	1.00	19	13.93	5.80	4.08	12.24
	1.10	1.647	2.370	0	1.00	19	13.93	5.80	4.08	13.20
	1.20	1.647	2.370	0	1.00	19	13.93	5.80	4.08	14.15
	1.30	1.647	2.370	0	1.00	19	13.93	5.80	4.08	15.11
	1.40	1.647	2.370	0	1.00	19	13.93	5.80	4.08	16.06
	1.50	1.647	2.370	0	1.00	19	13.93	5.80	4.08	17.02
	1.51	1.647	2.370	0	1.00	19	13.93	5.80	4.08	17.11

NOTAS ACLARATORIAS:

1.- Los valores utilizados en el cálculo de la capacidad de carga están basados en datos estandarizados por el departamento de geotecnia de la C.F.E., y se seleccionaron de acuerdo con los resultados de las pruebas físicas realizadas a los materiales.

2.- El estructurista determinará el F.S. (Factor de Seguridad), adecuado para el tipo de carga y efecto correspondiente. Donde el valor de la carga admisible será el obtenido de la división de **qc** (capacidad de carga) entre el **F.S.** (factor de seguridad).

3.- El cálculo de la capacidad de carga se realizó considerando zapata de un ancho unitario.

TABLA RESUMEN

Del pozo a cielo abierto realizado, se obtuvieron las características listadas en la siguiente tabla resumen:

MATERIAL MUESTREADO	PROFUNDIDAD ESTRATO	TAMAÑO MAXIMO (MM)	LIMITE LIQUIDO (%)	INDICE PLASTICO (%)	VALOR RELATIVO SOPORTE (%)	EXPANSION (%)	EQ. DE ARENA (%)	CUMPLE C/TERRAPLEN	CUMPLE C/SUBRASANTE	CUMPLE C/BASE HCA.	CLASIFICACION S.C.T. (SUCS)
S1EU	T. NAT. e= 151 cms.	19.0	30	12	4.72	3.56	4.4	NO	NO	NO	CL
VALORES MINIMOS NORMA S.C.T.								AÑO			
	C/TERRAPLEN	-----	50 máx.	-----	5 min.	5 máx.	-----	2021			
	C/SUBRASANTE	75 máx.	40 máx.	12 máx.	20 min.	2 máx.	-----	2021			
	C/SUBBASE	75 máx.	25 máx.	6 máx.	60 min.	-----	40 min.	2021			
	C/BASE HCA.	75 máx.	25 máx.	6 máx.	100 min.	-----	50 Min.	2021			

En el presente estudio se tiene que el estrato del sondeo S1EU, no cumple con las características adecuadas para emplearse como capa de terraplén o desplante de terracerías, de acuerdo con las normas de calidad de la S.I.C.T. (N-CMT-1-01/21). Ya que no cumple con el valor de soporte california.

El estrato del sondeo SUE1, no cumple con los requisitos de calidad para una capa subrasante listados en la norma S.I.C.T. (N-CMT-1-03/02). Ya que no cumple con el valor de soporte california.

El estrato del sondeo SUE1, no cumple con las características adecuadas para una capa de Base Hidráulica de acuerdo con normas de calidad de la S.I.C.T. (N-CMT-4-02-002/21).

RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos de los ensayos de las muestras podemos dar las siguientes recomendaciones:

- a) Durante la ejecución del sondeo a cielo abierto S1EU, se observó que existe una capa de materia vegetal sobre el área donde se desplantará la cancha de usos múltiples, por lo que se recomienda retirar dicha capa y todo tipo de escombros en la superficie del terreno al momento de realizar excavaciones a fin de no contaminar los estratos o capas inferiores en un espesor promedio de 20 cm.
- b) Se recomienda colocar como soporte de la losa de piso para la cancha de usos múltiples material tipo balastre procedente de banco en un espesor de 20 cm., y compactarlo al 95% mínimo de su masa volumétrica seca máxima obtenida en laboratorio de acuerdo con las normas de construcción de la S.I.C.T.
- c) Para la construcción del tipo de cimentación se basará en la capacidad de carga obtenida del terreno, o en su caso, lo que el calculista determine.
- d) En caso de emplear capas de relleno en cepas, se recomienda no construir capas mayores de 20 cm sueltas y compactar al 95% mínimo de su masa volumétrica seca máxima obtenida en laboratorio de acuerdo con normas de construcción de la S.I.C.T.
- e) En caso de que las excavaciones se acerquen al nivel freático, se recomienda la construcción de una capa rompedora de capilaridad en un espesor no menor de 60 cms., y sobre esta capa desplantar la capa de relleno o de terraplén que reúna todos los requisitos de calidad de acuerdo con normas de construcción de la S.I.C.T.
- f) Las recomendaciones anteriores se aplicarán solo en el caso de presentar las situaciones listadas, en caso de presentarse una situación especial, se analizará en un estudio aparte y se determinará su posible solución.
- g) Se deberá además contar con el apoyo de un laboratorio de control de calidad que este verificando la humedad del lugar, así como los grados de compactación y la calidad de cada uno de los materiales empleados en la construcción de la edificación.

Atentamente,



INFORME DE FOTOGRAFICO

INTRODUCCIÓN

Mediante este documento se podrá observar los ensayos preliminares necesarios para conocer la estratigrafía del suelo. Se realizó un ensayo de Pozo a Cielo Abierto, el cual nos permite determinar la condición estructural y funcional del predio existente, mediante la exploración y muestreo en el lugar en cual se pretende realizar la construcción de Piso de concreto para Cancha de Usos Múltiples en dicho Fraccionamiento.

En esta ocasión se realizó solo un PCA a petición del encargado de obra, el cual se encuentra ubicado en la zona norte del fraccionamiento, como se muestra a continuación:

INFORME FOTOGRÁFICO



Figura 1 | Excavación del PCA #01, en la zona norte del Fracc. Higueras del Espinal.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 2 | Excavación del PCA #01, en la zona norte del Fracc. Higueras del Espinal.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3 | Excavación del PCA #01, en la zona norte del Fracc. Higueras del Espinal.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 4 | Excavación del PCA #01, en la zona norte del Fracc. Higueras del Espinal.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 5 | Excavación del PCA #01, en la zona norte del Fracc. Higueras del Espinal.
Fuente: Elaboración propia



Figura 6 | Obtención del espesor del estrato único del PCA #01, en la zona norte del Fracc. Higuera del Espinal.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 7 | Obtención de la muestra del estrato único del PCA #01, en la zona norte del Fracc. Higuera del Espinal.
Fuente: Elaboración propia.

ANEXOS



SONDEO ESTRATIGRÁFICO

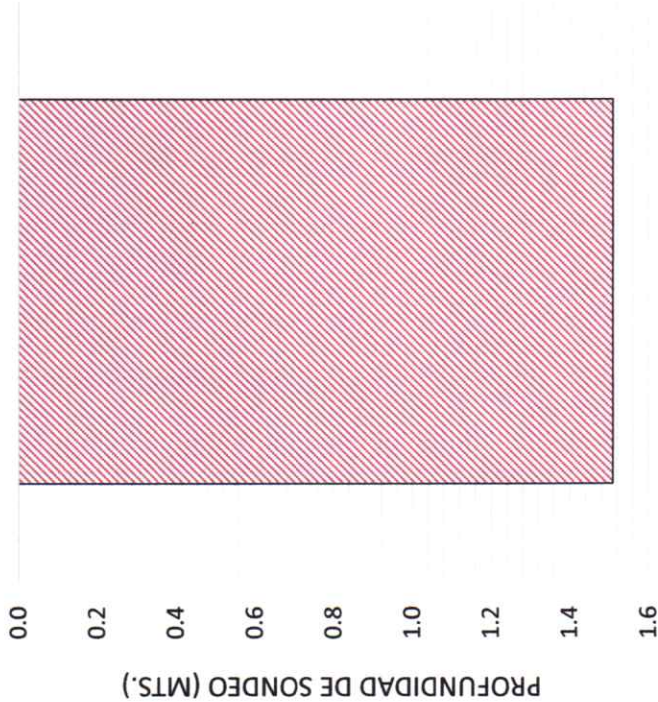
OBRA Y LOCALIZACIÓN: ESTUDIO ESTRATIGRAFICO Y DE CALIDAD DE MATERIALES PETREOS PARA CONSTRUCCIÓN DE PISO DE CONCRETO PARA CANCHA DE USOS MULTIPLES, COLONIA HIGUERAS DEL ESPINAL, EN EL MUNICIPIO DE VILLA DE ALVAREZ, EN EL ESTADO DE COLIMA.

SONDEO	1 (UNO)				
	1	2	3	4	5
ESTRATO					
PROFUNDIDAD	0 - 1.51				
W% NATURAL	16.6				
LIM. LIQUIDO	30				
LIM. PLÁSTICO	18				
IND. PLÁSTICO	12				
GRAVA %	4				
ARENA %	43				
FINOS %	53				
CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	CL				
DENSIDAD	2.370				
M.V.S. MÁXIMA AASHTO (kg/m3)	1830				
W% OPTIMA	17.8				
M.V.S. SUELTA (kg/m3)	1197				
GRADO DE COMPACTACIÓN	-----				
V..R.S. %	4.72				
EXPANSIÓN %	3.56				

OBSERVACIONES:

CL: ARCILLA DE BAJA COMPRESIBILIDAD

SONDEO 1 (UNO)



- CL
- GP - GM*
- GP - GM'
- GM
- GP - GC
- SM*
- SC
- GC
- GW - GC
- GW - GM

NOTA: DIBUJO SIN ESCALA



**PROYETERRA
S.C.**

PROYETERRA S.C.
PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL - SUPERVISIÓN
LABORATORIO - SERVICIOS DE TOPOGRAFÍA

INFORME DE TERRACERÍAS

OBRA: ESTUDIO ESTRATIGRAFICO Y DE CALIDAD DE MATERIALES PETREOS
PARA CONSTRUCCION DE PISO DE CONCRETO PARA CANCHA DE
USOS MULTIPLES, COLONIA EL ESPINAL,

ENSAYE N°: CCUFMP-001

CARRETERA: CALLE HIGUERA DE ROCA E HIGUERA DE PETERS

FECHA DE RECIBO: 21-abr-23

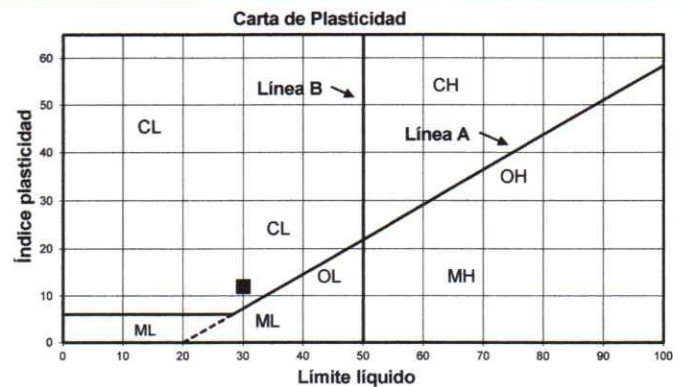
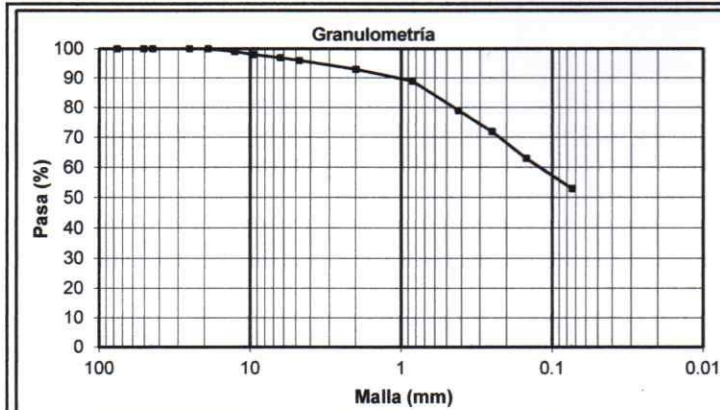
TRAMO: ENTRE CALLE PALMITO Y CALLE HIGUERON

SUBTRAMO: CANCHA DE USOS MULTIPLES

UBICACIÓN: EN EL MPIO DE VILLA DE ALVAREZ, DEL ESTADO DE COLIMA

FECHA DE INFORME: 29-abr-23

IDENTIFICACION DEL SONDEO		SONDEO: LADO	UNICO CENTRO	IDENTIFICACION ESTRATIGRAFICA	ESTRATO No.: PROFUNDIDAD:	UNICO 0.00 A 1.51 mts.
GRANULOMETRÍA DEL MATERIAL	TAMAÑO MÁXIMO		3/4"	CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL	EQUIVALENTE DE ARENA, %	4.4
	% RETENIDO EN MALLA DE 3"		0.0		LÍMITE LIQUIDO, %	30
	% QUE PASA MALLA DE 3"		100		LÍMITE PLÁSTICO, %	18
	% QUE PASA MALLA DE 2"		100		ÍNDICE PLÁSTICO, %	12
	% QUE PASA MALLA DE 1 1/2"		100		CONTRACCIÓN LINEAL, %	4.0
	% QUE PASA MALLA DE 1"		100		GRAVEDAD ESPECIFICA, Gs, gr/cm3	2.370
	% QUE PASA MALLA DE 3/4"		100		M.V.S. SUELTA, kg/m3	1197
	% QUE PASA MALLA DE 1/2"		----		M.V.S. MÁXIMA, kg/m3	1830
	% QUE PASA MALLA DE 3/8"		98		HUMEDAD OPTIMA, %	17.8
	% QUE PASA MALLA DE 1/4"		----		HUMEDAD NATURAL, %	16.6
	% QUE PASA MALLA No. 4		96		V.R.S.VALOR RELATICO DE SOPORTE,	4.72
	% QUE PASA MALLA No. 10		93		EXPANSIÓN, %	3.56
	% QUE PASA MALLA No. 20		89		CLASIFICACIÓN S.U.C.S	CL
	% QUE PASA MALLA No. 40		79	<div>DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL</div> ARCILLA DE BAJA COMPRESIBILIDAD, MEZCLA DE ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD Y ARENA		
	% QUE PASA MALLA No. 60		72			
	% QUE PASA MALLA No. 100		63			
	% QUE PASA MALLA No. 200		53			



NOTA: EN FORMATOS Y GRÁFICOS INDEPENDIENTES SE DETERMINAN LOS VALORES AQUÍ PRESENTADOS.

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:

EL MATERIAL ANALIZADO **NO CUMPLE** CON LAS CARACTERÍSTICAS ADECUADAS PARA SER UTILIZADO COMO DESPLANTE DE TERRAPLENES O CAPA DE TERRAPLÉN, DE ACUERDO A NORMAS DE CALIDAD DE LA S.I.C.T. (N-CMT-1-01/21),

LABORATORISTA

EL JEFE DEL LABORATORIO

INFO-PCA-01

MANUALES DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES

GEOTECNIA

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD



COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES

CAPÍTULO B.2.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS DEPÓSITOS DE SUELO

Marzo de 2008

**Elaborado por:
Instituto de Ingeniería, UNAM
Proyecto 7541**

***Investigador, Instituto de Ingeniería, UNAM**

***Estudiante de posgrado, Instituto de Ingeniería, UNAM**

Nota aclaratoria

Este capítulo se divide en dos partes. La primera se refiere a la *Identificación de suelos en el campo* y la segunda, a la *Exploración y muestreo de suelos*. El primer tema se desarrolló con base en comentarios elaborados en torno a la aplicación del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) a situaciones de campo. A esos comentarios se agregaron otros para la identificación de campo de suelos con problemas especiales, no incluidos explícitamente en el S.U.C.S.

El material que aquí se presenta se concentra en un solo documento mientras que en los anteriores manuales apareció publicado, por separado, en diferentes secciones o incluso en tres fascículos diferentes.

SECCIÓN B GEOTECNIA

TEMA 2 MECÁNICA DE SUELOS

CAPÍTULO 1 CARACTERIZACIÓN DE LOS DEPÓSITOS DE SUELOS

CONTENIDO

1	CARACTERIZACIÓN DE LOS DEPÓSITOS DE SUELOS	1
1.1	IDENTIFICACIÓN DE SUELOS EN CAMPO.	1
1.1.1	Identificación en campo según el S.U.C.S.	1
1.1.1.1	Clasificación de suelos gruesos	2
1.1.1.2	Clasificación de suelos finos.....	11
1.1.1.3	Identificación de suelos de grano fino orgánicos.	16
1.1.1.4	Clasificación Geológica de los depósitos de suelo.	16
1.1.2	Identificación en campo de suelos con problemas especiales	18
1.1.2.1	Suelos orgánicos.....	18
1.1.2.2	Suelos expansivos	24
1.1.2.3	Suelos residuales.....	28
1.1.2.4	Suelos dispersivos	30
1.1.2.5	Suelos colapsables	31
1.2	EXPLORACIÓN Y MUESTREO DE SUELOS	33
1.2.1	Programa de exploración geotécnica.....	33
1.2.1.1	Estudios preliminares.....	33
1.2.1.1.1	Recopilación de la Información	34
1.2.1.2	Reconocimiento de campo.	36
1.2.1.3	Estudios de detalle.....	37
1.2.2	Supervisión de los trabajos de exploración.	38
1.2.3	Técnicas de Perforación.....	39
1.2.3.1	Pozos a cielo abierto, cortes y zanjas.	39
1.2.3.1.1	Equipo	42
1.2.3.1.2	Operación.....	43
1.2.3.2	Perforación por lavado	43
1.2.3.2.1	Equipo.	43
1.2.3.2.2	Operación.....	44
1.2.3.3	Perforación a rotación con agua o lodo.....	46
1.2.3.3.1	Equipo	48
1.2.3.3.2	Operación.....	49
1.2.3.4	Perforación en seco con barras.....	49
1.2.3.4.1	Equipo	50

1.2.3.4.2	Operación.....	51
1.2.3.5	Perforación mixta	52
1.2.4	Equipo de perforación	52
1.2.4.1	Máquinas perforadoras	52
1.2.4.1.1	Máquinas de perforadora rotatoria	54
1.2.4.1.2	Máquinas de perforadora de percusión.....	54
1.2.4.2	Bombas de perforación	56
1.2.4.3	Barras y Ademes de perforación	56
1.2.4.4	Brocas de perforación	58
1.2.4.4.1	Broca triconica	59
1.2.4.4.2	Broca Drag	59
1.2.4.4.3	Broca de aletas	60
1.2.4.4.4	Broca de cola e pescado	60
1.2.4.5	Lodos de perforación	61
1.2.4.5.1	Lodos de perforación de agua dulce	61
1.2.5	Técnicas de exploración	66
1.2.5.1	Métodos Indirectos.....	66
1.2.5.1.1	Exploración geofísica.....	66
1.2.5.2	Métodos directos	68
1.2.5.2.1	Exploración y muestreo	68
1.2.5.2.2	Tipos de sondeos.....	68
1.2.5.3	Determinación del tipo, número, espaciamiento, la localización y profundidad del sondeo.....	72
1.2.5.3.1	Número y espaciamiento de sondeos.....	73
1.2.5.3.2	Determinación de la profundidad del sondeo.....	78
1.2.6	Tipo de Muestras y Procedimientos de Muestreo	81
1.2.6.1	Tipos de Muestras.....	81
1.2.6.1.1	Muestras alteradas	82
1.2.6.1.2	Muestras Inalteradas	82
1.2.6.2	Calidad de las Muestras	82
1.2.6.2.1	Muestras alteradas	82
1.2.6.2.2	Muestras Inalteradas	83
1.2.6.3	Muestreo Alterado.....	86
1.2.6.3.1	Método Manual	86
1.2.6.3.2	Muestreadores hincados a presión	89

1.2.6.4	Muestreo inalterado	92
1.2.6.4.1	Método Manual	92
1.2.6.4.2	Muestreadores hincados a presión	94
1.2.6.4.3	Muestreador de pistón	98
1.2.6.4.3.1	Muestreadores Sueco y tipo Delft.....	108
1.2.6.4.4	Muestreador de Tubo Rotatorio Dentado.....	113
1.2.6.4.5	Muestreadores de doble barril.....	117
1.2.6.4.6	Método de muestreo por congelación	126
1.2.6.4.7	Criterios de selección de muestreadores	129
1.2.7	Manejo de muestras.....	130
1.2.7.1	Muestras alteradas.....	130
1.2.7.2	Muestras cúbicas inalteradas	131
1.2.7.3	Muestras inalteradas contenidas en tubos.....	131
1.2.7.4	Recomendaciones para el embalaje de las muestras (ASTM D 4220-00) 134	
1.3	REFERENCIAS.....	144

1 CARACTERIZACIÓN DE LOS DEPÓSITOS DE SUELOS

1.1 IDENTIFICACIÓN DE SUELOS EN CAMPO.

1.1.1 Identificación en campo según el S.U.C.S.

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) divide a los suelos en grupos que exhiben intervalos de propiedades mecánicas e hidráulicas semejantes, basándose en los siguientes conceptos:

1.- Los suelos están formados por un conjunto de partículas cuyo tamaño puede variar en un intervalo muy amplio, que va desde los cantos rodados, con más de 15 cm, de diámetro equivalente, hasta las partículas de arcilla coloidal, con menos de dos micras, muchas de las cuales son visibles solamente con la ayuda de un microscopio electrónico. Entre estos extremos se encuentran materiales en tamaños de partículas intermedias y que se denominan: gravas, arenas, limos y arcillas.

2.- Las propiedades mecánicas e hidráulicas de los suelos son el resultado de la interacción de sus partículas. La interacción depende de:

- La granulometría, dada por las proporciones relativas de los diferentes tamaños de las partículas.
- La plasticidad, que es una propiedad físico-química de las partículas coloidales contenidas en la fracción más fina del suelo, constituida por partículas menores de 0.075 mm; este es el intervalo de tamaños asignado a limos y arcillas.

Es conveniente realizar la clasificación en campo con base en la clasificación manual y visual del suelo siguiendo las siguientes recomendaciones:

La muestra a clasificar deberá ser lo más representativa posible del estrato de suelo para lo cual se requiere haberla obtenido siguiendo lineamiento estándar.

La cantidad mínima de material para una descripción e identificación exacta de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla B.1. Tamaño mínimo de espécimen en función del tamaño de las partículas.

Tamaño máximo de partículas	Tamaño mínimo del espécimen material seco
4.75 mm (Nº 4)	100 g (0.25 lb.)
9.5 mm (3/8")	200 g (0.5 lb.)
19.0 mm (3/4")	1.0 Kg. (2.2 lb.)
38.1 mm (1/2")	8.0 Kg. (18 lb.)
75.0 mm (3"9)	60.0 Kg. (132 lb.)

Nota: Si la muestra o espécimen de campo es menor que el mínimo recomendado deberá especificarse en las observaciones.

1.1.1.1 Clasificación de suelos gruesos

- a) Cuando las partículas de la muestra a clasificar sean de fracción gruesa, se estima el porcentaje de tamaños mayores que la malla Nº 4 (para efectos prácticos puede usarse el tamaño de 5 mm como el equivalente a la malla Nº 4, ver tabla B.2).
- b) Si más del 50% de la muestra resulto mayor que la malla Nº 4 clasifique al suelo como grava, de lo contrario clasifíquelo como arena.
- c) Estime el porcentaje de partículas finas (menores que la malla Nº 200)
- d) Si el porcentaje estimado de partículas menores que la malla Nº 200 varía entre el 0% y 5%; el suelo se clasifica como grava o arena limpia, dependiendo de lo obtenido.
- e) Si el porcentaje estimado de partículas menores que la malla Nº 200 varía entre el 15 y 50% del total de la muestra, clasifique al suelo como grava o arena arcillosa o limosa, dependiendo de la clasificación de los finos (ver figura B.2).
- f) Para gravas y arenas limpias estime su graduación. Si la muestra contiene partículas de todos los tamaños y cantidades apreciables de todos los tamaños grandes e intermedios, se puede clasificar como grava o arena limpia bien graduada (ver figura B.1). Clasifique al suelo de acuerdo con lo establecido en la figura B.2 y apóyese en el anexo B.1.
- g) La identificación de los finos como limosos o arcillosos deberá llevarse a cabo como se indica en el subcapítulo 1.1.1.2.
- h) Si el porcentaje de finos se estima entre 5% y el 15% deberá realizarse lo indicado en el punto anterior y se les deberá asignar símbolo doble por ejemplo una grava bien graduada arcillosa se clasificara como GW-GC tal como se indica en la figura B.2, apóyese en el anexo B.1.

Tabla B.24. Información a consultar durante los estudios preliminares.

Tipo	Información	Institución
Topografía	-Mapas topográficos -Fotografías aéreas	-Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI).
Geología	-Mapas geológicos -Informes y memorias geológicas -Mapas edafológicos -Fotografías aéreas	-Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, (INEGI). -Instituto de Geología UNAM.
Geotécnia	-Publicaciones geotécnicas -Informes geotécnicos -Mapas geotécnicos	-Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM). -Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos (SMMS). -Centro Nacional de prevención de Desastres (CENAPRED). -Comisión de Vialidad y Transporte Urbano (COVITUR)*. -Secretaria de Comunicación y Transporte (SCT). -Petróleos Mexicanos, PEMEX. -Instituto Mexicano del Petróleo (IMP). Comisión Federal de Electricidad (CFE). -Colegio de Ingenieros Civiles de México (CICM). -Reglamento de construcciones para el Distrito Federal (RCDF). -Secretaría de Desarrollo Urbano y Vialidad (SEDUVI). - Secretaria de Energía (SENER).
Hidrogeología e Hidrológica	-Mapas Hidrogeológicos. -Mapas topográficos. -Fotografías aéreas. -Datos de pozos y sondeos.	-Comisión Nacional del Agua (CNA). -Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). - Secretaria de Energía (SENER).
Datos Meteorológicos	-Registros pluviométricos y de temperaturas.	-Instituto de Geofísica, UNAM. -Servicio Meteorológico Nacional (SMN). -Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA).
Datos Sísmicos	-Datos de Terremotos y normas sismorresistentes.	-Instituto de Ingeniería UNAM -Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos. -Instituto de Geofísica UNAM. -Servicio Sismológico Nacional. -Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica.
Minería y Carreteras	-Mapas de rocas industriales. -Registros de minas y canteras. -Mapas e inventarios.	-Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). -Comisión de Vialidad y Transporte Urbano (COVITUR)*. -Secretaria de Comunicación y Transporte (SCT). -Secretaria de Transporte y Vialidad (SETRAVI).

aumenta cuando se trata de estudios preliminares o de detalle. Su número se reduce en los trabajos de verificación.

En la tabla B.34, se presentan un resumen de las pruebas comunes *in situ* para definir el programa de exploración (C.G.S., 1992).

En la tabla B.35, se presentan un lineamiento para definir el programa de exploración y muestreo (U.S. Army Corp, 2001).

La tabla B.36, presenta una guía preliminar para la planeación del programa de exploración y muestreo. Esta guía proporciona recomendaciones para orientar trabajos de campo. El programa final de muestreo debe ser suficientemente flexible para permitir al ingeniero en mecánica de suelos la obtención un amplio conocimiento del sitio, incluyendo la detección de anomalías u otras fallas (U.S. Army Corp, 2001).

1.2.5.3.1 Número y espaciamiento de sondeos.

El número de sondeos dependerá de las características del terreno (uniforme o errático), de la longitud de las cargas impuestas por la estructura al terreno y de las características y funciones de las obras proyectadas (susceptibilidad a los asentamientos diferenciales, por ejemplo).

Si de los estudios geológicos previos se puede suponer que el subsuelo es uniforme, se separarán los sondeos de 100 a 150 metros para áreas de mediana extensión localizando los iniciales en las esquinas y los siguientes hacia el centro. En el caso de boquillas de las presas, la distancia entre sondeos puede variar de 20 a 100 metros.

Cuando a raíz de los estudios geológicos previstos o de los primeros resultados de sondeos, se infiere que el subsuelo presenta condiciones muy erráticas, la distancia entre sondeos deberá reducirse (CFE, 1979).

No hay regla que permita definir exactamente el número de sondeos, pues este depende de las características del sitio por investigar. Es decir el tipo de suelo, nivel de aguas freáticas así como de la magnitud, el costo, el tipo de obra.

Inicialmente se deben realizar sondeos de factibilidad los cuales permiten definir las condiciones geotécnicas generales del lugar.

Los sondeos preliminares, son aquellos que inicialmente permiten definir las características, la profundidad del nivel freático y las condiciones preliminares del suelo. Cuántos sondeos se deben de realizar en la investigación de detalle. Este tipo de sondeos suelen localizarse en las partes más importante de la obra o las áreas donde se concentran las cargas, o bien, en las esquinas o vértice del área de estudio.

Finalmente, los sondeos de verificación son aquellos que permiten validar las condiciones estratigráficas o de diseño.

Usualmente el número de sondeos está en función del área o del perímetro por estudiar, sin embargo; esta recomendación es aplicable únicamente para el caso de áreas pequeñas. En obras de gran magnitud rigen la topografía y la geología. En la tabla B.37 se presentan algunas recomendaciones para definir el programa de exploración a partir del tipo de investigación que se va a efectuar.

Tabla B.35. Lineamientos generales para definir un programa de sondeos (U.S. Army Corp, 2001).

ÁREAS POR INVESTIGAR	ESQUEMA DEL SONDEO.
Sitio nuevo de ancho amplio.	Espacio preliminar de sondeos 61 a 153 m a partir del área entre cualquier cuarto sondeo incluyendo aproximadamente 10% del área total. En exploración a detalle, además un sondeo para establecer áreas geológicas para una mejor orientación.
Desarrollo en sitios en estratos blandos compresibles.	Espacio de sondeos 31 a 61 m para posibles localizaciones construidas
Estructuras largas con cimientos estrechamente espaciados.	Espacio de sondeos aproximadamente 15.3 m en ambas direcciones, incluyendo un sondeo para una posible cimentación exterior de maquinaria o cubo de elevador, y para establecer secciones geológicas útiles para una mejor orientación.
Bodegas de capacidad baja construidas en áreas largas definidas.	Mínimo de 4 sondeos en las esquinas más un sondeo intermedio de la cimentación interior suficiente para el perfil del subsuelo.
Cimentaciones aisladas rígidas de 233 m ² a 930 m ² de área.	Mínimo de 3 sondeos alrededor del perímetro. Un sondeo adicional dependiendo de los resultados iniciales.
Cimentaciones aisladas rígidas menos de 233 m ² de área.	Mínimo de 2 sondeos en las esquinas opuestas. Un sondeo adicional para las condiciones erráticas.
Estructuras importantes de la línea de costa, tales como muelles secos.	Si el sitio definido está establecido, el espaciamiento de los sondeos generalmente no son muy alejados que 15.24 m, además de un sondeo intermedio de la localización crítica, tal como un sello de bomba de pozo, tunel o alcantarillas.
Muro de contención o muro de atracadero largo.	Sondeos preliminares en línea del muro con espaciamiento de 61 m. Además de sondeos intermedios para disminuir el espaciamiento a cada 15.3 m. Ciertos lugares los sondeos intermedios fuera y dentro de la línea del muro para determinar los materiales de la zona de socavación.
Estabilidad del talud, profundidad del corte, altura del terraplen.	Proporcionar 3 o 4 sondeos en línea en la dirección crítica para proveer la sección geológica para los análisis. El número depende de la sección geológica de la extensión de la problemática de la estabilidad. Para una deslizamiento activo, localice al menos un sondeo hasta la pendiente o el talud del área deslizante.
Presas y estructuras de retención de agua.	Separación de sondeos preliminares aproximadamente 61 m en toda el área de cimentación. Disminuyendo el espaciamiento en el centro de 30.5 m para sondeos intermedios. Incluyendo sondeos debajo de la localización, lugares críticos de empotramiento, en el vertedero y obras de desfogue.

Tabla B.36. Criterios generales para definir el número, espaciamiento y la profundidad de sondeo (U.S. Army Corp, 2001).

TIPO DE ESTRUCTURA	NÚMERO Y ESPACIAMIENTO DE SONDEOS	PROFUNDIDAD DEL SONDEO	COMENTARIOS
ESTRUCTURA DEL TRANVIA RÍGIDA	1 sondeo por cada 230 m ² ⁽¹⁾ de área.	1-1/2 veces la dimension mínima de la zapata debajo de la base de cimentación. Pilotes de cimentación - 1-1/2 veces la dimension mínima de la cimentación preliminar localizada a 2/3 de la profundidad esperada de la prueba del CPT.	Suelos cohesivos -muestreo continuo inalterado en los primeros 3 m. -muestreo intercalado en intervalos de 1-1/2 a 3 m. -muestreos después de cada cambio de estrato del suelo. Suelos no cohesivos -obtener muestreo inalterado (si es posible) o llevé acabo un sondeo <i>in situ</i> SPT.
PUENTE ATIRANTADO CONTINUO	Mínimo un sondeo por cada estribo/pie Tamaño de estribo <250 m ² mínimo 5 muestras inalteradas continuas en cada pies.	1-1/2 veces la dimension mínima de la zapata debajo de la base Pilotes de cimentación - 1-1/2 veces la dimension mínima de la cimentación preliminar localizada a 2/3 de la profundidad esperada de la prueba del CPT.	Suelos cohesivos -Tamaño de estribo < 50 m ² muestreo continuo inalterado por cada estribo. -Tamaño de estribo < 50 a 100 m ² 2 muestreos continuos inalterados por cada estribo. -Tamaño de estribo < 100 a 250 m ² , 4 muestreos continuos inalterados por cada estribo. Suelos no cohesivos -obtener muestreo inalterado o sondeos de acuerdo a los suelos cohesivos. Roca sana -Trazo de la formación para cada estribo. -En duda de la calidad de la roca, perforar por lo menos 6 m dentro de formación.
DIQUES	Altura del dique = 3 a 6 m; espaciamiento en intervalos de 300 m. Altura del dique = 6 a 12 m; espaciamiento en intervalos de 230 m. Altura del dique = 12 a 18 m; espaciamiento en intervalos de 150 m.	Profundidad del sondeo - 6 m. Profundidad del sondeo - por lo menos igual a la altura del dique. Profundidad del sondeo - por lo menos igual a la altura del dique.	Suelos cohesivos - muestreo continuo inalterado. Suelos no cohesivos- muestreo continuo inalterado o sondeos localizados a lo largo del eje de la estructura propuesta.
PRESAS DE TIERRA	Ver columna de comentarios	Profundidad por lo menos igual a la altura de la cortina o dos veces la carga máxima, dibuje la línea superior de la zona impermeable.	Investigación preliminar - el esfuerzo máximo ocurre aproximadamente en el punto medio del talud entre el eje y el pie de la estructura propuesta. Establezca una cuadrícula aguas arriba y aguas bajo del punto medio del eje de la presa en una cierta dirección respecto al centro de la misma. Investigación primaria - trazar los límites de los diferentes estratos, por ejemplo arena. - tratar plantas de poder, vertedero y otra estructura de control como estructuras de marco rígido. - obtener datos adecuados de la superficie para definir al apoyo. Obtención de la permeabilidad y mediciones de la presión de poro <i>in situ</i> . Suelos cohesivos - muestreo continuo inalterado. Suelos no cohesivos - muestreo continuo inalterado o sondeos.
EXCAVACIÓN PARA PRESTAMO	Use una cuadrícula de 60 m de espaciamiento.	Máxima profundidad del nivel freático o la profundidad del equipo de trabajo.	Muestras alteradas son satisfactorias; puede usar barrena para obtener muestras.
CARRETERAS	Para cada 2 vías de la carretera: 1 sondeo por 150 m a lo largo del eje y a cada cambio principal del estrato del suelo. Para varias vías de la carretera: 1 sondeo por 75 m a lo largo del eje; el sondeo puede ser alternado.	Para excavaciones y nivel de terreno: 3 m debajo la rasante terminada. Para terraplenes compactados: aplicar los requerimientos para diques. Para roca: Extender 0.75 m dentro de la roca.	Suelos cohesivos - muestreo continuo inalterado. Suelos no cohesivos - muestreo continuo inalterado o sondeos.
AEROPUERTOS	Ver columna de comentarios.	Ver columna de comentarios.	Investigación preliminar - localizé los sondeos en una cuadrícula a intervalos 300 m de lado, a la profundidad de 6 m. Las muestras pueden estar alteradas. - pista de aterrizaje - situe dos líneas de perforación en una cuadrícula de 30 m por lado, sobre el eje de la pista y perfore a profundidad de 6 m en suelo y/o 1.5 m en roca. Investigación primaria - pista de rodaje -localizé los sondeos a intervalos de 60 a 76 m a lo largo del eje a la profundidad de 6 m. - faja de estacionamiento (frente a los angares) - localizé sondeos de 60 a 75 m en una cuadrícula a la profundidad de 6m.
CASAS	Un sondeo por cada 800 m ² en una nueva subdivisión. Un sondeo por cada lote (terreno).	Hasta la roca sana o hasta 4.5m por lo menos.	Obtener muestras a intervalos de 1.5 m utilizando técnicas de muestreo inalterado para suelos cohesivos o técnicas de muestreo inalterado para suelos no cohesivos.

⁽¹⁾ 1m = 3.28pies; 1m²=10.76 pies²

La distancia entre sondeos puede ser sumamente variable en el caso de obras de gran extensión, por ejemplo, si las condiciones geológicas son muy favorables en una línea de transmisión basta con un sondeo para cada torre de ataque. Sin embargo; en condiciones desfavorables, puede ser necesario estudiar con atención zonas reducidas en donde se conozca la ocurrencia de derrumbes, deslizamientos, creep (CFE, 1979).

Actualmente se puede recurrir a la geoestadística para reducir el número de sondeos en sitios donde anteriormente se ejecutaron estudios. Si el sitio por investigar se localiza cercano al área donde se tiene información geológica y geotécnica, se puede hacer uso de esta técnica. Sin embargo, no es válido considerarla a como un sustituto para la realización de sondeos. En todo caso, la geoestadística puede usarse para orientar y en algunos casos, precisar y definir, la magnitud de un programa de exploraciones geotécnicas y sus alcances.

Tabla B.37. Recomendaciones para definir el programa de exploración.

INVESTIGACIÓN PARA:	NÚMERO Y LOCALIZACIÓN DE SONDEOS	PROFUNDIDAD MÍNIMA DEL SONDEO (d)
Sitios inexplorados de gran extensión	$a = 0.1A$	
Sitios con suelos blandos de gran espesor	$30 < b < 60m$	
Estructuras grandes cimentadas en zapatas aisladas cercanas entre sí	$b = 15 m$ y en sitios de concentraciones de cargas	
Almacenes de gran área para cargas ligeras	$n = 5, 4$ en las esquinas y 1 en el centro. Intermedios si son necesarios para definir la estratigrafía	$d = 10 m$, o hasta que el incruento en el esfuerzo vertical sea menor de 0.1 del esfuerzo vertical impuesto por la estructura, o $d = cB$ ($1 < c < 2$)
Cimentaciones rígidas aisladas con área $250 < A < 100 m^2$	$n = 3, 2$ en el perímetro y en el centro. Intermedios si son necesarios para definir la estratigrafía	
Cimentaciones rígidas aisladas con área $250 < A < 100 m^2$	$n = 2$ en esquinas opuestas, Intermedios, si son necesarios para definir la estratigrafía	

a área tributaria máxima por sondeo, m^2

b espaciamiento entre sondeos, m

n número de sondeos

A área de la cimentación, m^2

d profundidad mínima de sondeo a partir de la profundidad de desplante de la cimentación, m

B ancho de la cimentación, m

Tabla B.38. Lineamientos para definir la profundidad del sondeo (U.S. Army Corp, 1986).

ÁREAS POR INVESTIGAR	PROFUNDIDAD DEL SONDEO.
Estructuras largas con cimientos estrechamente espaciados.	La profundidad del sondeo donde el incremento de esfuerzo vertical para la combinación de cimentación es menor del 10% de esfuerzo efectivo de la sobrecarga .
Cimentaciones aisladas rígidas.	La profundidad hasta donde el esfuerzo vertical sea de 10% de la presión de la carga superficial. Generalmente todos los sondeos deben extenderse no menos de 9.2 m debajo de la cimentación a menos que se localice roca a una profundidad superficial.
Muros de contención y muros para muelles.	Profundidad debajo de la línea de dragado: entre 3/4 y 1-1/2 veces la altura del muro. Donde la estratificación indique la posible profundidad de estabilidad del problema, el sondeo seleccionado deberá alcanzar el estrato resistente.
Estabilidad del talud.	Llevar el sondeo hasta una elevación debajo de la falla activa o potencial en la superficie y dentro del estrato duro, o a una profundidad tal que intercepte la superficie posible de falla.
Cortes profundos.	Profundidad entre 3/4 y 1 vez la dimensión de la base del corte angosto. Donde el corte está por encima del nivel de aguas freáticas de materiales estables, a profundidades de 1.21 y 2.44 m bajo la base.
Terraplenes altos.	La extensión de la profundidad entre 1/2 y 1-1/4 veces la longitud horizontal del lado de talud en cimentaciones relativamente homogéneas.
Presas y estructuras de retención de agua.	Profundidad igual a la mitad del ancho de la base de la presa de tierra o 1-1/2 veces la altura mínima de la presa de concreto, en cimentaciones relativamente homogéneas. Los sondeos pueden terminarse después de penetrar 3.0 a 6.0 m dentro de estratos resistentes o impenetrables o antes si la continuidad de estos estratos es conocida.