

MONOGRAFÍA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN



**DOCUMENTOS DE CONTROL PARA LOS GRUPOS DE PROCESOS PARA UN
ESTUDIO DE SUELOS, BASADO EN EL CAPÍTULO 3 DEL PMBOK**

CAMILO ANDRÉS FLÓREZ AGUILAR

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2012**



**DOCUMENTOS DE CONTROL PARA LOS GRUPOS DE PROCESOS PARA UN
ESTUDIO DE SUELOS, BASADO EN EL CAPÍTULO 3 DEL PMBOK**

CAMILO ANDRÉS FLÓREZ AGUILAR

**Trabajo de Grado para optar al título de
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN**

Director:

**ORLANDO CONTRERAS
Ingeniero Industrial**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2012

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	15
1 OBJETIVOS.....	18
1.1 OBJETIVO GENERAL	18
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
2 MARCO TEÓRICO	19
2.1 ASPECTOS IMPORTANTES PMBOK – CAPÍTULO 3.....	19
2.1.1 Interacciones entre procesos	20
2.2 DOCUMENTOS DE CONTROL PARA CADA GRUPO DE PROCESOS.....	22
2.2.1 Grupo de procesos de iniciación.....	22
2.2.2 Grupo de procesos de planificación.....	22
2.2.3 Grupo de procesos de ejecución	25
2.2.4 Grupo de procesos de seguimiento y control.....	26
2.2.5 Grupo de procesos de cierre.....	27
2.3 REQUISITOS NSR -2010 CAPÍTULO H - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS	27
2.3.1 Contenido estudio geotécnico definitivo.....	28
2.4 REQUISITOS ESTUDIOS GEOTÉCNICOS CDMB.....	33
2.4.1 Sondeos o perforaciones para ensayos geotécnicos.....	35
2.4.2 Ensayos de laboratorio para estudios geotécnicos.....	37
2.4.3 Cálculo de parámetros geotécnicos.....	37
3 DOCUMENTOS DE CONTROL DE UN ESTUDIO DE SUELOS	39
3.1 INICIACIÓN	39
3.1.1 Acta de constitución del proyecto	39
3.2 Planificación.....	40
3.2.1 Plan para la dirección del proyecto	40
3.2.2 Documentos de los requerimientos.....	52
3.2.3 Lista de actividades	52
3.2.4 Duración estimada de las actividades y Cronograma del proyecto.....	53
3.2.5 Estimación de costos	53



3.2.6 Plan para la dirección de calidad	54
3.2.7 Plan de recursos humanos	54
3.2.8 Plan para la dirección de riesgos	54
3.3 EJECUCIÓN	55
3.3.1 Plan de dirección y gestión	55
3.3.2 Plan aseguramiento de la calidad	55
3.3.3 Lista del equipo del proyecto	56
3.3.4 Desarrollo del equipo del proyecto.....	56
3.4 SEGUIMIENTO Y CONTROL	56
3.4.1 Control del trabajo entregado del proyecto	56
3.4.2 Formalización entrega del estudio de suelos	57
3.4.3 Control de la programación.....	57
3.4.4 Control de costos	57
3.4.5 Informes de desempeño de trabajo	58
3.4.6 Control de riesgos.....	58
3.5 CIERRE	59
3.5.1 Cierre del proyecto.....	59
4 FORMATO GUÍA	60
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
BIBLIOGRAFÍA	62
ANEXOS	63



LISTA DE FIGURAS

Figura N. 1 Interacciones entre procesos.....	20
Figura N. 2 Pirámide de interacciones entre procesos.....	21



LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N. 1 Detalle Ensayo SPT	42
Fotografía N. 2 Detalle muestra recuperada - Ensayo SPT	43
Fotografía N. 3 Detalle Ensayo Rotación	44
Fotografía N. 4 Detalle rotación máquina - Ensayo Rotación.....	45
Fotografía N. 5 Detalle muestra recuperada - Ensayo Rotación	46
Fotografía N. 6 Detalle apique.....	47
Fotografía N. 7 Detalle muestra de apique.....	48
Fotografía N. 8 Secado de muestras.....	49
Fotografía N. 9 Granulometría - Tamizado.....	49
Fotografía N. 10 Ensayo Límite Líquido	50
Fotografía N. 11 Ensayo Límite Plástico	50
Fotografía N. 12 Ensayo Corte Directo	51



LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de las unidades de construcción por categorías	31
Tabla 2 Clasificación de los perfiles de suelo.....	32
Tabla 3 Escalas mínimas exigidas para los planos	34
Tabla 4 Formato guía	60

GLOSARIO

ÁNGULO DE FRICCIÓN tiene una interpretación física sencilla, y está relacionado con el ángulo de reposo o máximo ángulo posible para la pendiente de un montoncito de dicho material granular. En un material granuloso cualquiera el ángulo de reposo está determinado por la fricción, la cohesión y la forma de las partículas pero en un material sin cohesión y donde las partículas son muy pequeñas en relación al tamaño del montoncito el ángulo de reposo coincide con el ángulo de rozamiento interno. Mediante los ensayos de corte directo, se puede conocer el ángulo de fricción del material.

ARCILLA está constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados, procedentes de la descomposición de minerales de aluminio. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, siendo blanca cuando es pura. Surge de la descomposición de rocas que contienen feldespato, originada en un proceso natural que dura decenas de miles de años. Se caracteriza por adquirir plasticidad al ser mezclada con agua, y también sonoridad y dureza al calentarla por encima de 800 °C.

ARENA es un conjunto de partículas de rocas disgregadas. En geología se denomina arena al material compuesto de partículas cuyo tamaño varía entre 0,063 y 2 milímetros (mm). Una partícula individual dentro de este rango es llamada «grano de arena». Una roca consolidada y compuesta por estas partículas se denomina arenisca (o psamita).

APIQUE GEOTÉCNICO es una excavación manual de profundidad entre 1.00 y 3.00 metros en promedio y de área aproximada de 1.00mx1.00m, donde se recupera muestra de suelo inalterada, para realizar ensayos de corte directo.

COHESIÓN es la cualidad por la cual las partículas del terreno se mantienen unidas en virtud de fuerzas internas, que dependen, entre otras cosas del número de puntos de



contacto que cada partícula tiene con sus vecinas. En consecuencia, la cohesión es mayor cuanto más finas son las partículas del terreno.

ENSAYO DE CORTE DIRECTO la finalidad de los ensayos de corte directo, es determinar la resistencia de una muestra de suelo, sometida a fatigas y/o deformaciones que simulen las que existen o existirán en terreno producto de la aplicación de una carga. Para conocer una de estas resistencias en laboratorio se usa el aparato de corte directo, siendo el más típico una caja de sección cuadrada o circular dividida horizontalmente en dos mitades. Dentro de ella se coloca la muestra de suelo con piedras porosas en ambos extremos, se aplica una carga vertical de confinamiento y luego una carga horizontal creciente que origina el desplazamiento de la mitad móvil de la caja originando el corte de la muestra, como resultado se tienen valores de Angulo de fricción, cohesión y peso unitario de la muestra estudiada.

ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR (SPT) es un tipo de prueba de penetración dinámica, empleada para ensayar terrenos en los que se quiere realizar un reconocimiento geotécnico. Constituye el ensayo o prueba más utilizado en la realización de sondeos, y se realiza en el fondo de la perforación. Consiste en medir el número de golpes necesarios para que se introduzca a una determinada profundidad una cuchara (cilíndrica y hueca) muy robusta (diámetro exterior de 51 milímetros e interior de 35 milímetros, lo que supone una relación de áreas superior a 100), que permite tomar una muestra, naturalmente alterada, en su interior. El peso de la masa está normalizado, así como la altura de caída libre, siendo de 63'5 kilopondios y 76 centímetros respectivamente.

GEOTECNIA es la rama de la Ingeniería civil e ingeniería geológica que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles de los materiales provenientes de la Tierra. Los ingenieros geotécnicos investigan el suelo y las rocas por debajo de la superficie para determinar sus propiedades y diseñar las cimentaciones para estructuras tales como edificios, puentes, centrales hidroeléctricas, estabilizar taludes, construir túneles y carreteras, etc.



GRANULOMETRÍA es la medición de los granos de determinado suelo y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala.

LÍMITES DE ATTERGERB o límites de consistencia (líquido y plástico) se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos. El nombre de estos es debido al científico sueco Albert Mauritz Atterberg. (1846-1916). Los límites se basan en el concepto de que en un suelo de grano fino solo pueden existir 4 estados de consistencia según su humedad. Así, un suelo se encuentra en estado sólido, cuando está seco. Al agregársele agua poco a poco va pasando sucesivamente a los estados de semisólido, plástico, y finalmente líquido. Los contenidos de humedad en los puntos de transición de un estado al otro son los denominados límites de Atterberg.

LIMO o légamo es un material suelto con una granulometría comprendida entre la arena fina y la arcilla. Es un sedimento clástico incoherente transportado en suspensión por los ríos y por el viento, que se deposita en el lecho de los cursos de agua o sobre los terrenos que han sido inundados. Para que se clasifique como tal, el diámetro de las partículas de limo varía de 0,002 mm a 0,06 mm.

SONDEO GEOTÉCNICO es un tipo de prospección manual o mecánica, perteneciente a las técnicas de reconocimiento geotécnico del terreno, llevadas a cabo para conocer sus características. Se trata de perforaciones de pequeño diámetro, (entre 65 y 140 mm) que, aunque no permiten la visión "in situ" del terreno, de ellos se pueden obtener testigos del terreno perforado, así como muestras, y realizar determinados ensayos en su interior. Dejando aparte los sondeos manuales con barrena o cuchara, los sondeos mecánicos se plantean para los siguientes requerimientos: Alcanzar profundidades superiores a las que se consiguen con calicatas, reconocer el terreno bajo el nivel freático, atravesar capas rocosas o de suelo muy resistente y realizar ensayos "in situ" específicos, como el ensayo de penetración estándar SPT, presiómetro, molinete, permeabilidad "in situ", etc.



RESUMEN

TÍTULO: DOCUMENTOS DE CONTROL PARA LOS GRUPOS DE PROCESOS PARA UN ESTUDIO DE SUELOS, BASADO EN EL CAPÍTULO 3 DEL PMBOK *

AUTOR: CAMILO ANDRÉS FLÓREZ AGUILAR **

PALABRAS CLAVES: PMBOK, NSR-10, ESTUDIO DE SUELOS, DOCUMENTOS DE CONTROL, REQUISITOS, GRUPOS DE PROCESOS

DESCRIPCIÓN

Este trabajo tiene como finalidad hacer aportes a la ingeniería civil en especial a la Geotecnia, proponiendo un formato guía para la gerencia eficaz de un proyecto.

Este trabajo se presenta en capítulos, empezando por los objetivos trazados, seguido de un capítulo teórico referente a la bibliografía actual, que incluye reglamentación y normatividad vigente para la realización de estudios de suelos para Santander y teoría del PMBOK, capítulo 3, referente a los documentos de control que se deben tener en los grupos de procesos. El siguiente capítulo relaciona éste marco teórico, y se puede encontrar en este capítulo fotografías de trabajos de campo de estudios de suelos, metodologías para la realización de los laboratorios y la exploración en campo de un estudio de suelo, y los documentos de control para cada fase del PMBOK adaptados a un estudio de suelos: primero, la iniciación que se refiere a la ubicación del contexto y el acta de constitución del proyecto; segundo, la planificación que tiene como objetivo identificar los procesos a realizar para fijar el alcance del proyecto, definir y refinar los objetivos y cómo alcanzarlos; tercero, el proceso de ejecución que implica coordinar personas y recursos, así como integrar y realizar las actividades de conformidad con la etapa anterior; cuarto, el proceso de seguimiento y control en el que se identifican los procesos requeridos para supervisar, analizar y regular el progreso y el desempeño del proyecto, para identificar áreas que el plan requiera cambios, para iniciar éstos cuando así se requiera; y por último, el proceso de cierre que identifica lo que se requiere para finalizar las actividades de todos los grupos de procesos de la dirección del proyecto, a fin de completar formalmente el proyecto. Para finalizar se crea un formato guía de los documentos de control.

*Monografía de Grado

**Facultad de Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Orlando Contreras



SUMMARY

TITLE: DOCUMENT CONTROL TO GROUP PROCESSES FOR A SOIL SURVEY, BASED ON CHAPTER 3 OF THE PMBOK *

AUTHOR: CAMILO ANDRÉS FLÓREZ AGUILAR **

KEY WORDS: PMBOK, NSR-10, SOIL SURVEY, DOCUMENT CONTROL, REQUIREMENTS, PROCESS GROUPS

DESCRIPTION

This Project is intended create contributions to the civil engineering branch know as the Geotechnical, proposing an effective guide for the management of a project that links all the processes according to the methodology of the PMBOK, Chapter 3, identifying which documents Control must be for a soil survey of a building located in Santander.

This paper is divided into four chapters beginning with the objectives outlined, followed by a survey of the theoretical literature concerning all current regulations and includes all current regulations for soil studies in the department of Santander and all the theoretical part of PMBOK, chapter 3, concerning the control documents that should be kept in groups of processes. The next chapter relates all this theoretical framework, and can be found in this chapter fieldwork photographs of soil studies, methodologies for conducting laboratory and field exploration of a soil study and control documents for each phase of the PMBOK adapted to a soil study: first, initiation concerning the location and context of the project charter, and second, the planning that aims to identify the processes to be performed to determine the scope of the project , define and refine the objectives and how to achieve them, third, the implementation process that involves coordinating people and resources, as well as integrating and performing the activities in accordance with the previous stage, fourth, the process monitoring and control that are identified the processes required to monitor, analyze and regulate the progress and performance of the project, to identify areas that require changes plan to start them when required, and finally, the closing process that identifies what is required to complete activities of all process groups of project management in order to formally complete the project.

Finally you have a guide format documents establishing control.

*Work Degree

**Faculty of Physicist – Mechanics. School of Civil Engineering. Directress: Orlando Contreras



INTRODUCCIÓN

En Colombia todas las obras civiles realizadas deben estar soportadas bajo un estudio de suelos, que es una de actividad primordial en el ámbito de la construcción, ya que sin este documento técnico no es posible empezar una cimentación. Sin embargo, llama la atención que este documento sólo hasta el año 2011 que salió la nueva norma sismo resistente (NSR-10)¹ se le empezó a dar importancia, ya que la legislación hacia esta área de la ingeniera civil que es la Geotecnia, era muy blanda y no suficientemente detallada, pero actualmente se han involucrado conceptos como el riesgo para los seres humanos, las propiedades y el ambiente de los fenómenos naturales o ese ambiente generado por las actividades humanas, que llevan a los deslizamientos de terreno, los hundimientos de tierra, flujos de lodo, caída de rocas, etc..

Las cifras de mortalidad de los trabajadores en el sector de la construcción no son muy alentadoras y los porcentajes más altos de muerte de trabajadores se dan en las etapas de cimentación, estructura y excavación, lo cual hace inminente el estudio de estas fases de las obras que se constituiría en actividades de prevención de riesgos.

Es importante esta investigación por la responsabilidad del ingeniero civil ante la sociedad, porque a diario se ven casos de excavaciones para edificaciones que se derrumban y ocurren tragedias que implican perjuicio económico y profesional, y lo que es más trascendente, la pérdida de vidas humanas; lo anterior sucede ya sea por un estudio de suelos mal hecho, o porque no se realiza lo especificado en éste, por esto, es necesario establecer estudios de suelos muy claros y concisos, siempre con la mayor responsabilidad, académica, ética y moral que acredite que el estudio que se entrega, obedece con toda la normatividad exigida, cumpliendo con todos los aspectos de seguridad que se deben tener en cuenta, aclarando que de no acatar todo lo especificado en el estudio, el constructor será el directo responsable.

¹ NSR-10: Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente.



También es preciso decir que la Geotecnia es una de las áreas más recientes de la ingeniería civil, y si bien no se puede generalizar propiedades de los suelos ya que la casuística es variable y extensa, el aporte de un proyecto de esta naturaleza contribuye a la evolución de esta rama de la ingeniería civil.

En Bucaramanga, con frecuencia se pueden encontrar construcciones que no tienen estudios de suelos, y si los han realizado, no tienen un marco referenciado claro que permitan identificar los documentos que registren todos los procesos que deben existir a la hora de la entrega, muchas veces, se proporcionan documentos sin la información suficiente, ya que no existe ningún formato que defina aspectos generales para los grupos de procesos del estudio que permitan tener un seguimiento de lo que se está realizando.

Por ejemplo, todos los estudios deben incluir un plan de mitigación de riesgos con las medidas de protección y control para el proyecto y el área de influencia del mismo, y el correspondiente documento de seguimiento y control ambiental, esta información no se ve a menudo en los estudios de suelos actuales que se presentan en la ciudad de Bucaramanga.

Esta monografía propone un formato para la gerencia eficaz de un proyecto que relaciona todos los procesos de acuerdo a la metodología del PMBOK², capítulo 3, identificando los documentos de control para un estudio de suelos de una edificación ubicada en el departamento de Santander.

Este formato incluye los documentos de control para cada fase y se pueden enumerar así: primero, la iniciación que se refiere a la ubicación del contexto y el acta de constitución del proyecto; segundo, la planificación que tiene como objetivo identificar los procesos a realizar para fijar el alcance del proyecto, definir y refinar los objetivos y cómo alcanzarlos; tercero, el proceso de ejecución que implica coordinar personas y recursos, así como integrar y realizar las actividades de conformidad con la etapa

² PMBOK: Guía del Cuerpo de Conocimiento de la Administración de Proyectos.



anterior; cuarto, el proceso de seguimiento y control en el que se identifican los procesos necesarios para supervisar, analizar y regular el progreso y el desempeño del proyecto, con el fin de identificar las áreas en que el plan demande cambios, e iniciarlos en el momento oportuno; y por último, el proceso de cierre que identifica lo que se requiere para finalizar las actividades de todos los grupos de procesos de la dirección del proyecto, a fin de completar formalmente el proyecto.



1 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Crear un formato guía para un Estudio de Suelos, que permita definir los documentos de control en las fases de iniciación, planificación, ejecución, seguimiento y control, y cierre, basados en el capítulo 3 del PMBOK.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Diseñar el contenido de los documentos de control para un estudio de suelos para todos los grupos de procesos que se vean involucrados en la construcción de un edificio de hasta 5 niveles, que especifique los contenidos que deben tener cada documento.
- ❖ Relacionar todos los documentos de control en un formato guía, que favorezca la interacción de los grupos de procesos.



2 MARCO TEÓRICO

2.1 ASPECTOS IMPORTANTES PMBOK – CAPÍTULO 3

A continuación se puede observar una breve descripción general de los grupos de procesos, aclarando que estos, no son fases del proyecto, sino un conjunto de procesos que interactúan entre sí para la consecución exitosa de un proyecto de esta naturaleza.

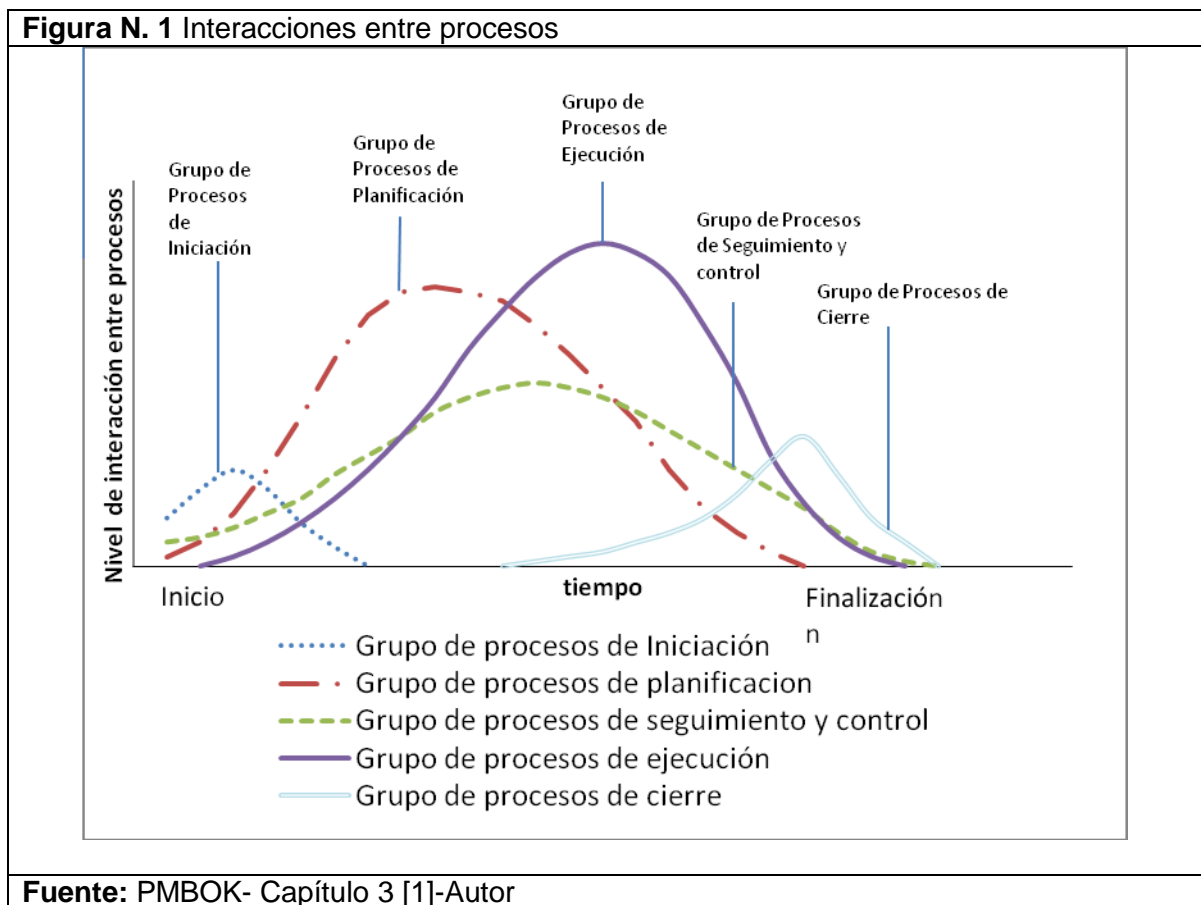
En este caso se aplican todos los conceptos del PMBOK- Capítulo 3, a la realización de un estudio geotécnico en la ciudad de Bucaramanga para una edificación hasta de 5 niveles, teniendo como resultados todos los documentos de control que se deben tener definidos en cada proceso, para una entrega exitosa del proyecto final, donde no se quede ningún aspecto de la normatividad legal sin resolver. En seguida se detallan los grupos:

- ✓ **Grupo de Procesos de Iniciación:** Define y autoriza el proyecto o una fase del mismo.[13]
- ✓ **Grupo de Procesos de Planificación:** Define y refina los objetivos, y planifica el curso de acción requerido para lograr los objetivos y el alcance pretendido del proyecto.[13]
- ✓ **Grupo de Procesos de Ejecución:** Integra a personas, otros recursos y actividades, para llevar a cabo el plan de gestión del proyecto para la dirección del mismo. [13]
- ✓ **Grupo de Procesos de Seguimiento y Control:** Mide, y supervisa regularmente el avance, a fin de identificar las variaciones respecto del plan de gestión del proyecto, de tal forma que se tomen medidas correctivas cuando sea necesario para cumplir con los objetivos del proyecto.[13]
- ✓ **Grupo de Procesos de Cierre:** Formaliza la aceptación del producto, servicio o resultado, y termina ordenadamente el proyecto o una fase del mismo.[13]

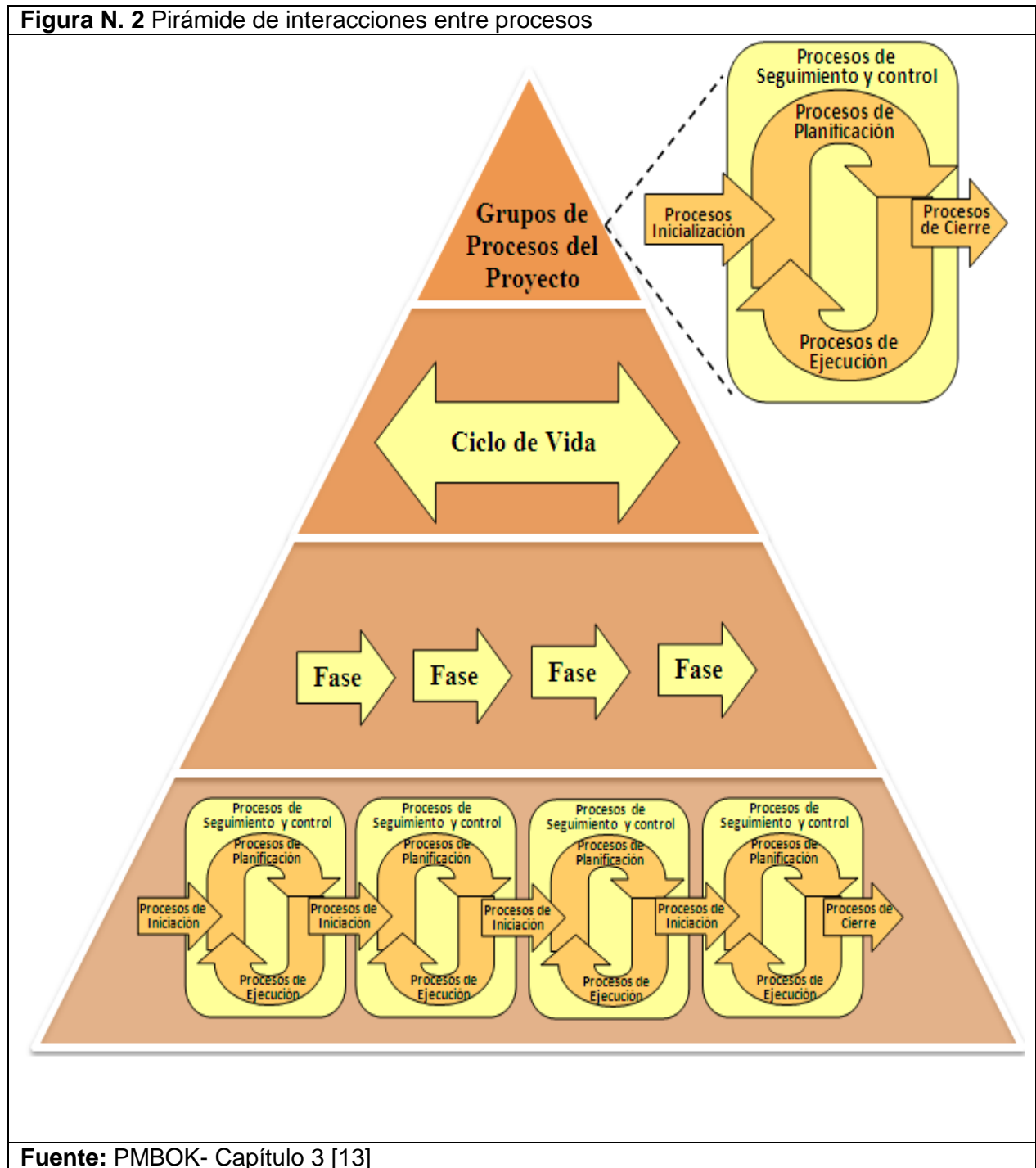
2.1.1 Interacciones entre procesos

Los Grupos de Procesos de Dirección de Proyectos en la Figura N. 1: Interacciones entre procesos, están relacionados por los resultados que producen. La salida de un proceso, por lo general, se convierte en una entrada a otro proceso o es un producto de control del proyecto.[13]

Ejemplo: El Grupo de Procesos de Planificación proporciona al Grupo de Procesos de Ejecución un Plan de Gestión del Proyecto documentado y un enunciado del alcance del proyecto, y a menudo actualiza el plan de gestión del proyecto a medida que avanza el proyecto. Los Grupos de Procesos pocas veces son eventos discretos o que ocurren una única vez; son actividades superpuestas que se producen con distintos niveles de intensidad a lo largo del proyecto.[13]



Si el proyecto se divide en fases, los Grupos de Procesos interactúan dentro de una fase del proyecto y también pueden entrecruzarse entre las fases del proyecto. Esto se muestra en Figura N. 2 Pirámide de interacciones entre procesos. [13]





2.2 DOCUMENTOS DE CONTROL PARA CADA GRUPO DE PROCESOS

A continuación se especifican los subprocesos para cada grupo de procesos que el PMBOK capítulo 3, sugiere para el éxito en la consecución de un proyecto.

Para realizar los documentos de control de cada subproceso es necesario analizar cuáles de estos son aplicables a un estudio de suelos y cuáles subprocesos deben tener un documento de control, por esto es necesario aclarar que en el siguiente capítulo de este documento, no todos los subprocesos de cada grupo deberán tener un documento de control.

2.2.1 Grupo de procesos de iniciación

- ✓ Desarrollar el acta de constitución del proyecto: Este proceso consiste principalmente en hacer un documento que autoriza formalmente un proyecto o, en un proyecto de múltiples fases, de una fase del proyecto; es el proceso necesario para documentar los requisitos iniciales que satisfacen las necesidades y expectativas de los interesados. Los proyectos son constituidos y autorizados fuera del proyecto por la organización o por un organismo de gestión de programas o del portafolio. En los proyectos de múltiples fases, este proceso se usa para validar o refinar las decisiones tomadas durante el proceso anterior de Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto.[13]
- ✓ Identificar a los interesados: Es el proceso necesario para identificar a todas las personas o entidades que reciben el impacto del proyecto y documentar información relevante respecto de sus intereses, participación e impacto en el éxito del proyecto.[13]

2.2.2 Grupo de procesos de planificación

- ✓ Desarrollar el plan para la dirección del proyecto: Es el proceso necesario para definir, preparar, integrar y coordinar todos los planes subsidiarios en un plan de



gestión del proyecto. El plan de gestión del proyecto se convierte en la principal fuente de información para determinar cómo se planifica, ejecuta, supervisa y controla, y cierra el proyecto.[13]

- ✓ Reunir requisitos: Es el proceso necesario para definir y documentar las necesidades de los interesados a fin de cumplir objetivos del proyecto.[13]
- ✓ Definir el alcance: Es el proceso necesario para desarrollar una descripción detallada del proyecto y del producto.[13]
- ✓ Definir las actividades: Es el proceso que consiste en identificar las actividades específicas que deben realizarse para producir los diversos productos entregables del proyecto.[13]
- ✓ Establecer la secuencia de las actividades: Es el proceso que consiste en identificar y documentar las relaciones entre las actividades del proyecto.[13]
- ✓ Estimar los recursos de las actividades: Es el proceso que consiste en estimar los tipos y las cantidades de materiales, equipos, personas, o suministros, requeridos para ejecutar cada actividad.[13]
- ✓ Estimar la duración de las actividades: Es el proceso que consiste en establecer, aproximadamente, la cantidad de períodos de trabajo necesarios para finalizar cada actividad con los recursos estimados.[13]
- ✓ Desarrollar el cronograma: Es el proceso que consiste en analizar el orden de las actividades, su duración, los requisitos de recurso y las restricciones del cronograma para crear el cronograma del proyecto.[13]



- ✓ Estimar costos: Es el proceso que consiste en desarrollar una aproximación de los recursos monetarios necesarios para completar las actividades del proyecto.[13]
- ✓ Determinar presupuesto: Es el proceso que consiste en sumar los costos estimados de actividades individuales o paquetes de trabajo, para establecer una línea base de costos autorizados.[13]
- ✓ Planificar calidad: Es el proceso por el cual se identifican los requisitos de calidad y/o normas para el proyecto y el producto, y se documenta la manera en que el proyecto demostrará el cumplimiento de los mismos.[13]
- ✓ Desarrollar plan de los recursos humanos: Es el proceso por el cual se identifican y documentan los roles dentro de un proyecto, las responsabilidades, las habilidades requeridas y las relaciones de comunicación, y se crea el plan para la dirección de personal.[13]
- ✓ Planificar gestión de riesgos: Es el proceso por el cual se define cómo realizar las actividades de gestión de riesgos para un proyecto. [13]
- ✓ Identificar riesgos: Es el proceso por el cual se determinan los riesgos que pueden afectar al proyecto y se documentan sus características. [13]
- ✓ Realizar análisis cualitativo de riesgos: Es el proceso que consiste en priorizar los riesgos para realizar otros análisis o acciones posteriores, evaluando y combinando la probabilidad de ocurrencia y el impacto de dichos riesgos. [13]
- ✓ Realizar análisis cuantitativo de riesgos: Es el proceso que consiste en analizar numéricamente el efecto de los riesgos identificados sobre los objetivos generales del proyecto. [13]



2.2.3 Grupo de procesos de ejecución

- ✓ Dirigir y gestionar la ejecución del proyecto: Es el proceso necesario para dirigir las diversas interfaces técnicas y de la organización que existen en el proyecto a fin de ejecutar el trabajo definido en el Plan para la Dirección del Proyecto.

Los productos entregables son producidos como salidas de los procesos realizados según se define en el Plan para la Dirección del Proyecto.[13]

- ✓ Realizar aseguramiento de la calidad: Es el proceso que consiste en auditar los requisitos de calidad y los resultados obtenidos a partir de medidas de control de calidad, a fin de garantizar que se utilicen definiciones operacionales y normas de calidad adecuadas.[13]
- ✓ Adquirir equipo del proyecto: Es el proceso necesario para obtener los recursos humanos disponibles y a formar el equipo necesario para completar las asignaciones del proyecto.[13]
- ✓ Desarrollar el equipo del proyecto: Es el proceso que consiste en mejorar las competencias y la interacción de los miembros del equipo y el ambiente general del equipo a fin de lograr un mejor desempeño en el proyecto.[13]
- ✓ Dirigir el equipo del proyecto: Es el proceso que consiste en realizar seguimiento a los miembros del equipo del proyecto, proporcionar retroalimentación, resolver problemas y gestionar cambios a fin de optimizar el desempeño del proyecto. [13]
- ✓ Distribuir información: Es el proceso necesario para colocar la información relevante a disposición de los interesados con base en el plan establecido.[13]



- ✓ Gestionar las expectativas de los interesados: Es el proceso que consiste en comunicarse y trabajar en conjunto con los interesados para satisfacer sus necesidades y abordar problemas en la medida en que se presentan.[13]

2.2.4 Grupo de procesos de seguimiento y control

- ✓ Supervisar y controlar el trabajo del proyecto: Es el proceso que consiste en revisar, analizar y regular el avance a fin de cumplir con los objetivos de desempeño definidos en el Plan para la Dirección del Proyecto. Implica realizar informes de estado, medición del avance y proyecciones. Los informes de desempeño proporcionan información sobre el rendimiento del proyecto respecto al alcance, cronograma, costo, recursos, calidad y riesgo.[13]
- ✓ Realizar control integrado de cambios: Es el proceso que consiste en revisar todas las solicitudes de cambio, aprobar los cambios a los entregables, a los Activos de los Procesos de la Organización, a los Documentos del Proyecto y al Plan para la Dirección del Proyecto. [13]
- ✓ Verificar alcance: Es el proceso que consiste en formalizar la aceptación de los productos entregables del proyecto que se han completado.[13]
- ✓ Controlar cronograma: Es el proceso por el cual se da seguimiento a la situación del proyecto para actualizar el avance del mismo y gestionar los cambios en la Línea Base del Cronograma.[13]
- ✓ Controlar costos: Es el proceso por el cual se da seguimiento a la situación del proyecto para actualizar el presupuesto del mismo y gestionar cambios en la Línea Base de Costo.[13]
- ✓ Realizar control de calidad: Es el proceso por el cual se da seguimiento y se registran los resultados de la ejecución de las actividades de control de calidad, a fin de evaluar el desempeño y recomendar los cambios necesarios.[13]



- ✓ Informar el desempeño: Es el proceso de recopilación y distribución de información sobre el desempeño. Esto incluye informes de estado, medición del avance y proyecciones.[13]

2.2.5 Grupo de procesos de cierre

- ✓ Cerrar el proyecto: Este proceso consiste en finalizar todas las actividades de todos los grupos de procesos de la dirección de proyectos a fin de completar formalmente el proyecto o una fase del mismo.[13]

2.3 REQUISITOS NSR -2010 CAPÍTULO H - ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

El capítulo H³, permite establecer criterios básicos para realizar estudios geotécnicos de edificaciones, basados en la investigación del subsuelo y las características arquitectónicas y estructurales de las edificaciones con el fin de proveer las recomendaciones geotécnicas de diseño y construcción de excavaciones y rellenos, estructuras de contención, cimentaciones, rehabilitación o reforzamiento de edificaciones existentes y la definición de espectros de diseño sismorresistente, para soportar los efectos por sismos y por otras amenazas geotécnicas desfavorables. [12]

El cumplimiento de estas Normas no exime al ingeniero responsable de la ejecución del estudio geotécnico de realizar todas las investigaciones y análisis necesarios para la identificación de las amenazas geotécnicas, la adecuada caracterización del subsuelo, y los análisis de estabilidad de la edificación, construcciones vecinas e infraestructura existente. [12]

Un estudio geotécnico se define como el conjunto de actividades que comprenden el reconocimiento de campo, la investigación del subsuelo, los análisis y recomendaciones de ingeniería necesarios para el diseño y construcción de las obras en contacto con el suelo, de tal forma que se garantice un comportamiento adecuado de la edificación, protegiendo ante todo la integridad de las personas ante cualquier fenómeno externo,

³Capítulo H: Estudios Geotécnicos



además de proteger vías, instalaciones de servicios públicos, predios y construcciones vecinas. [12]

2.3.1 Contenido estudio geotécnico definitivo

Trabajo realizado para un proyecto específico, en el cual el ingeniero geotecnista debe precisar todo lo relativo a las condiciones físico-mecánicas del subsuelo y las recomendaciones particulares para el diseño y construcción de todas las obras relacionadas. Su presentación es obligatoria ya que en este se definen el tipo de suelo, el diseño y las recomendaciones de la cimentación y del proceso constructivo.[12]

A continuación se enumera el contenido de un estudio geotécnico definitivo según la NSR-10.

- (a) **Del proyecto** — Nombre, plano de localización, objetivo del estudio, descripción general del proyecto, sistema estructural y evaluación de cargas. No se podrán considerar como ESTUDIOGEOTÉCNICO DEFINITIVO aquellos estudios realizados con cargas preliminares ni donde sólo se hayan tenido en cuenta las cargas de gravedad.
- (b) **Del subsuelo** — Resumen del reconocimiento de campo, de la investigación adelantada en el sitio específico de la obra, la morfología del terreno, el origen geológico, las características fisicomecánicas y la descripción de los niveles freáticos o aguas subterráneas con una interpretación de su significado para el comportamiento del proyecto estudiado.
- (c) **De cada unidad geológica o de suelo**, se dará su identificación, su espesor, su distribución y los parámetros obtenidos en las pruebas y ensayos de campo y en los de laboratorio, siguiendo los lineamientos del Capítulo H.3 (Caracterización geotécnica del subsuelo). Para el análisis de efectos locales, la definición de tipo de suelo se debe hacer siguiendo los lineamientos del numeral A.2.4. Se debe



estudiar el efecto o descartar la presencia de suelos con características especiales como suelos expansivos, dispersivos, colapsables, y los efectos de la presencia de vegetación o de cuerpos de agua cercanos.

- (d) **De los análisis geotécnicos** — Resumen de los análisis y justificación de los criterios geotécnicos adoptados que incluyan los aspectos contemplados especialmente en el Título H y en el numeral A.2.4. También, el análisis de los problemas constructivos de las alternativas de cimentación y contención, la evaluación de la estabilidad de taludes temporales de corte, la necesidad y planteamiento de alternativas de excavaciones soportadas con sistemas temporales de contención en voladizo, apuntalados o anclados. Se deben incluir los análisis de estabilidad y deformación de las alternativas de excavación y construcción, teniendo en cuenta, además de las características de resistencia y deformabilidad de los suelos, la influencia de los factores hidráulicos.

- (e) **De las recomendaciones para diseño** — Los parámetros geotécnicos para el diseño estructural del proyecto como: tipo de cimentación, profundidad de apoyo, presiones admisibles, asentamientos calculados incluyendo los diferenciales, tipos de estructuras de contención y parámetros para su diseño, perfil del suelo para el diseño sísmo resistente y parámetros para análisis de interacción suelo-estructura junto con una evaluación del comportamiento del depósito de suelo o del macizorocoso bajo la acción de cargas sísmicas así como los límites esperados de variación de los parámetros medidos y el plan de contingencia en caso de que se excedan los valores previstos. Se debe incluir también la evaluación de la estabilidad de las excavaciones, laderas y rellenos, diseño geotécnico de filtros y los demás aspectos contemplados en este Título.

- (f) **De las recomendaciones para la protección de edificaciones y predios vecinos** — Cuando las condiciones del terreno y el ingeniero encargado del estudio geotécnico lo estime necesario, se hará un capítulo que contenga: estimar los asentamientos ocasionales originados en descenso del nivel freático, así como sus efectos sobre las edificaciones vecinas, diseñar un sistema de



soportes que garantice la estabilidad de las edificaciones o predios vecinos, estimar los asentamientos inducidos por el peso de la nueva edificación sobre las construcciones vecinas, calcular los asentamientos y deformaciones laterales producidos en obras vecinas a causa de las excavaciones, y cuando las deformaciones o asentamientos producidos por la excavación o por el descenso del nivel freático superen los límites permisibles deben tomarse las medidas preventivas adecuadas.

- (g) **De las recomendaciones para construcción. Sistema Constructivo** — Es un documento complementario o integrado al estudio geotécnico definitivo, de obligatoria elaboración por parte del ingeniero geotecnista responsable. La entrega de este documento o su inclusión como un numeral del informe, deberá ser igualmente verificada por las autoridades que expidan las licencias de construcción. En el sistema constructivo se deben establecer las alternativas técnicamente factibles para solucionar los problemas geotécnicos de excavación y construcción.
- (h) **Anexos** —En el informe de suelos se deben incluir planos de localización regional y local del proyecto, ubicación de los trabajos de campo, registros de perforación y resultado de pruebas y ensayos de campo y laboratorio. Se debe incluir la memoria de cálculo con el resumen de la metodología seguida, una muestra de cálculo de cada tipo de problema analizado y el resumen de los resultados en forma de gráficos y tablas. Además, planos, esquemas, dibujos, gráficas, fotografías, y todos los aspectos que se requieran para ilustrar y justificar adecuadamente el estudio y sus recomendaciones.

Dentro del contenido que se enunció anteriormente, hay varias referencias las cuales son de vital importancia para el estudio geotécnico definitivo, entre las cuales está numeral (c) del que se hace referencia en el capítulo H.3 referente a la Caracterización geotécnica del subsuelo, en el que se pueden encontrar tablas que clasifican las construcciones de acuerdo a sus niveles. [12]

Las unidades de construcción se clasifican en Baja, Media, Alta y Especial, según el número total de niveles y las cargas máximas de servicio. Para las cargas máximas se aplicará la combinación de carga muerta más carga viva debida al uso y ocupación de la edificación y para la definición del número de niveles se incluirán todos los pisos del proyecto, sótanos, terrazas y pisos técnicos.

Para la clasificación de edificaciones se asignará la categoría más desfavorable que resulte de acuerdo a la clasificación que se ilustra en la Tabla 1. Clasificación de las unidades de construcción por categorías, Según los niveles de construcción y según las cargas máximas de servicio en columnas (KN).[12]

Tabla 1 Clasificación de las unidades de construcción por categorías		
Tabla H. 3.1-1		
Clasificación de las unidades de construcción por categorías		
Categoría de la unidad de construcción	Según los niveles de construcción	Según las cargas máximas de servicio en columnas (KN)
Baja	Hasta 3 niveles	Mayores de 800 KN
Media	Entre 4 y 10 niveles	Entre 801 y 4.000 KN
Alta	Entre 10 y 20 niveles	Entre 4.001 y 8.000 KN
Especial	Mayor de 20 niveles	Mayores de 8.000 KN

Fuente: NSR-10 [12]

El numeral (c) habla también de tener en cuenta el numeral A.2.4 Efectos locales de la NSR-10, en esta sección se dan los tipos de perfil de suelo y los valores de los coeficientes de sitio. El perfil de suelo debe ser determinado por el ingeniero geotecnista a partir de unos datos geotécnicos debidamente sustentados.

El procedimiento que se emplea para definir el tipo de perfil de suelo se basa en los valores de los parámetros del suelo de los 30 metros superiores del perfil y la clasificación se observa en la Tabla 2 Clasificación de los perfiles de suelo



Tabla 2 Clasificación de los perfiles de suelo

Tabla A 2.4-1 Clasificación de los perfiles de suelo		
Tipo de perfil	Descripción	Definición
A		$\bar{V}_s \geq 1500 \text{ m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 > \bar{V}_s \geq 760 \text{ m/s}$
C	Perfil de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 > \bar{V}_s \geq 360 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50, \text{ o}$ $\bar{S}_u = 100 \text{ KPa} \left(= 1 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} \right)$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 > \bar{V}_s \geq 180 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} > 15, \text{ o}$ $100 \text{ KPa} \left(= 1 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} \right) > \bar{S}_u \geq 50 \text{ KPa} \left(= 0,5 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} \right)$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$180 \text{ m/s} \geq \bar{V}_s$
	Perfil que contiene un espesor H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $50 \text{ KPa} \left(= 0,5 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} \right) > \bar{S}_u$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: F1- Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F2- Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3m para turba o arcillas orgánicas o muy orgánicas) F3- Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7,5 m con Índice de Plasticidad IP > 75) F4- Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 36 m)	

Fuente: NSR-10 [12]



2.4 REQUISITOS ESTUDIOS GEOTÉCNICOS CDMB

Se debe presentar estudios de las amenazas y riesgos que se pueden generar por fenómenos de origen geológico, geomorfológico, geotécnico hidrológico o ambiental, a escala detallada, para todos los proyectos de desarrollo ubicados en zonas donde de acuerdo a los estudios realizados por la CDMB⁴ u otras entidades existen limitaciones de orden geotécnico o hidrológico o donde debido a las pendientes y/o otras características del terreno o el proyecto, exista alguna duda sobre la posibilidad de amenazas geológicas, geomorfológicas, geotécnicas, hidrológicas o ambientales, de acuerdo al criterio de la CDMB.

En las zonas sin limitaciones geotécnicas conocidas previamente, se deben realizar estudios geotécnicos, los cuales deberán ratificar dicha condición en todas las etapas del desarrollo de la obra, y se deben realizar los estudios adicionales que se requieran para garantizar la estabilidad de las obras que se realicen.

Para las estructuras existentes en las zonas desarrolladas, donde los mapas de zonificación geotécnica indiquen que existen limitaciones de origen geológico, hidrológico o ambiental se deben realizar estudios para determinar los niveles de amenaza, vulnerabilidad y riesgo previamente a la ejecución de proyectos de modificación ampliación adecuación o mejoramiento.

Todos los estudios deben incluir un plan de mitigación de riesgos con las medidas de protección y control para el proyecto y el área de influencia del mismo, y el correspondiente documento de seguimiento y control ambiental. [11]

Para la presente monografía solo se tendrá en cuenta los estudios geotécnicos para zonas sin limitaciones geotécnicas, de las cuales se tiene información de la CDMB e INGEOMINAS, donde se debe realizar el estudio geotécnico en el que se corrobora esta información y se procede a realizar todo lo correspondiente del estudio. A continuación se muestran los aspectos que se deben tener en cuenta de acuerdo al

área del lote, tipo de construcción, número de sondeos, entre otros, para un estudio geotécnico de acuerdo a las normas geotécnicas de la CDMB, teniendo en cuenta que la CDMB (Corporación de la defensa de la meseta de Bucaramanga) es la autoridad geotécnica en la ciudad de Bucaramanga.

Tabla 3 Escalas mínimas exigidas para los planos

Área del lote	Mapas generales	Planos detallados
Más de 1.000 hectáreas o longitudes superiores a 2 kilómetros	1 : 10.000	1 : 2.000
Entre 20 y 1.000 hectáreas, o longitudes entre 500 metros y 2 kilómetros	1 : 5.000	1 : 1.000
Menos de 20 hectáreas, o longitudes menores de 500 metros	1 : 2.000	1 : 500

Fuente: Normas Geotécnicas CDMB. Resolución 29 de Diciembre 2009 [11]

El estudio geotécnico debe incluir como mínimo los siguientes documentos:

- (a) Descripción del proyecto: Nombre, localización del proyecto y de los trabajos de campo, objetivo del estudio, descripción general del proyecto, sistema estructural, cargas; levantamiento topográfico, urbanismo, tipo de edificación, niveles de excavación y sótanos, altura de terraplenes, sistemas estructurales, etapas constructivas, cargas, redes de servicios, etc.
- (b) Marco geológico y geomorfológico: Descripción de la geología y geomorfología del terreno, origen geológico de la formación donde se localiza el proyecto, descripción de los diferentes estratos encontrados con su origen, descripción visual y estado mecánico en el que se encuentran y posiciones de niveles de aguas subterráneas.
- (c) Sondeos: Localización descripción de sondeos apiques, trincheras, perforaciones de penetración estáticas o dinámicas u otros procedimientos exploratorios

⁴CDMB: Corporación Autónoma Regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga.



reconocidos por la práctica de la ingeniería, con el fin de ejecutar ensayos directos en el terreno y obtener muestras para ensayos de laboratorio. Debe presentarse la descripción de las columnas estratigráficas de los sondeos.

- (d) Ensayos de laboratorio. Resultados e interpretación de los ensayos de laboratorio.
- (e) Cálculo de los parámetros geotécnicos.
- (f) Caracterización de las amenazas o limitaciones del lote relacionadas con aspectos geotécnicos.
- (g) Recomendaciones para el diseño y construcción.

2.4.1 Sondeos o perforaciones para ensayos geotécnicos

Todos los estudios geotécnicos y de estabilidad de laderas deben incluir la realización de sondeos exploratorios y por lo menos el 50 % de los sondeos debe incluir la recuperación de muestras. Los sondeos pueden consistir en apiques manuales, trincheras, perforaciones a percusión y lavado, rotación, rotopercusión o cualquier otro sistema que permita la recuperación de muestras. Los sondeos con toma de muestras pueden complementarse con sondeos sin recuperación de muestras, tales como sondeos de cono.

En todos los casos se deben alcanzar las profundidades de exploración especificadas en el presente documento.

Número mínimo de sondeos para estudios geotécnicos o de suelos:

- ✓ Mínimo 3 sondeos para un lote de extensión inferior o igual a 500 metros cuadrados.
- ✓ Mínimo 4 sondeos para un lote entre 500 y 5.000 metros cuadrados.



- ✓ Mínimo 5 sondeos para un lote entre 5000 y 10000 metros cuadrados.
- ✓ 2 sondeos adicionales mínimo por cada 10000 metros cuadrados adicionales por encima de los primeros 10000 metros cuadrados.

Por lo menos el 50% de los sondeos deben alcanzar la máxima profundidad, de las siguientes alternativas.

- (a) Dos veces el ancho máximo de la cimentación. La profundidad se mide por debajo de la profundidad de desplante de los cimientos.
- (b) En el caso de pilotes dos veces el ancho del cabezal de mayor dimensión de un grupo de pilotes. La profundidad se mide por debajo de la punta inferior de los pilotes más profundos.
- (c) Para losas de cimentación la profundidad mínima de sondeos debe ser una vez el ancho de la losa. La profundidad se mide por debajo de la profundidad de desplante de la losa.
- (d) En el caso de excavaciones, los sondeos deberán alcanzar una profundidad medida a partir de la superficie del terreno, mayor que 1.5 veces la profundidad de la excavación.

En los casos en que se encuentre la roca firme, aglomerados rocosos o capas de suelo asimilables a rocas a profundidades inferiores a las indicadas, los sondeos deberán penetrar en estos materiales un mínimo de 2.0 metros.

En todos los casos los sondeos deben profundizarse más de 2.0 metros por debajo de la profundidad de desplante de la cimentación, independientemente de que aparezcan o no mantos de roca o materiales muy duros.



2.4.2 Ensayos de laboratorio para estudios geotécnicos

El tipo y número de ensayos dependen de las características propias de los suelos a investigar, del proyecto y del criterio del ingeniero geotécnico. Como mínimo se deben realizar los siguientes ensayos:

- ✓ Ensayos de granulometría (Norma INVÍAS⁵ I.N.V E-123): mínimo uno por cada 5.0 metros de sondeo.
- ✓ Ensayos de determinación del límite líquido (Norma INVÍAS I.N.V E-125): Mínimo uno por cada 5.0 metros de sondeo.
- ✓ Ensayos de Límite plástico e índice de plasticidad (Norma INVÍAS I.N.V. E-126): Mínimo uno por cada 5.0 metros de sondeo.
- ✓ Clasificación completa de acuerdo al sistema unificado de clasificación (Norma INVÍAS I.N.V E-102): Mínimo uno por cada 5.0 metros de sondeo.
- ✓ Ensayos de humedad natural (Norma INVÍAS I.N.V. E-122): Mínimo uno por cada 5.0 metros de sondeo.
- ✓ Ensayos de compresión simple (Norma INVÍAS I.N.V. E-152): Mínimo uno por cada 10.0 metros de sondeo.
- ✓ Ensayos de resistencia triaxial (Norma INVÍAS I.N.V. E-153): o en su defecto ensayos de Corte directo (Norma INVÍAS I.N.V. E-154): Mínimo uno por cada 2.0 metros de sondeo.

2.4.3 Cálculo de parámetros geotécnicos

En el estudio geotécnico se deben determinar todos los parámetros geotécnicos que se requieren para el diseño de las estructuras. Se debe incluir como mínimo los siguientes parámetros:

- ✓ Capacidad de soporte del terreno.
- ✓ Coeficiente de reacción del suelo.
- ✓ Cálculo de asentamientos de las cimentaciones proyectadas.

⁵INVÍAS: Instituto Nacional de vías.



- ✓ Parámetros de resistencia al cortante de los materiales.
- ✓ Parámetros para el cálculo de las presiones de tierra.
- ✓ Permeabilidad de los materiales.
- ✓ Características de expansividad de los materiales.
- ✓ Características de erosionabilidad de los materiales.
- ✓ Espectros para diseño sismorresistente.
- ✓ Parámetros para el diseño de cimientos vibratorios, si los hay.
- ✓ Parámetros para el diseño de pavimentos, si los hay.
- ✓ Resumen de memorias de cálculo, así como planos, esquemas, dibujos, fotografías, etc. que se requieran para ilustrar adecuadamente las características geotécnicas del terreno.



3 DOCUMENTOS DE CONTROL DE UN ESTUDIO DE SUELOS

De acuerdo a lo visto en el capítulo anterior, donde primero se enuncian los documentos de control que debe tener un proyecto según el PMBOK, capítulo 3, y seguidamente se explica toda la normatividad actual en Colombia y Bucaramanga para la entrega de un estudio de suelos completo, se aclara en este capítulo, para cada documento entregable su contenido y se detallan procesos que realizan dentro de un estudio de suelos de una edificación de 5 niveles en la ciudad de Bucaramanga.

3.1 INICIACIÓN

3.1.1 Acta de constitución del proyecto

Este documento debe aclarar a todas las personas o entidades que reciben el impacto del proyecto y documentar información relevante respecto de sus intereses, participación e impacto en el éxito del estudio de suelos, en este caso los implicados son el contratista y el contratante, y como el proyecto es en la ciudad de Bucaramanga debe cumplir todas las especificaciones y normatividad de la NSR-10 y la CDMB.

Por parte del contratante debe aclarar el tipo de edificación que se va a construir, el área del terreno del proyecto y el tiempo con el que cuenta para la entrega del estudio, por parte del contratista se debe aclarar todos los estudios que incluyen el estudio de suelo y cumplir con el tiempo acordado para la entrega del proyecto o aclarar una fecha con el contratante si no es la misma pactada inicialmente.

Finalmente esta acta de constitución del proyecto debe formalizarse por un contrato donde se comprometan los pagos y la entrega del estudio de suelos con todo lo acordado.



3.2 Planificación

3.2.1 Plan para la dirección del proyecto

Este documento debe definir, preparar, integrar y coordinar todos los planes subsidiarios en un plan para la realización del estudio de suelos. El plan de gestión se convierte en la principal fuente de información para determinar cómo se planifica, ejecuta, supervisa y controla, y cierra el proyecto.

Para el caso de este estudio de suelos la planificación debe contener, las visitas de inspección por parte del ingeniero geotecnista al lote en estudio, para así definir de acuerdo al área del lote y las especificaciones de la CDMB, el número de sondeos (perforaciones) y apiques y el lugar en que se van a realizar.

Definido el número de sondeos y apiques se deben ejecutar las perforaciones realizando el procedimiento que se muestra a continuación. Hay que tener claro que estos trabajos están siempre supervisados por un ingeniero geotecnista a cargo de los operadores de las máquinas, quien supervisará todos los trabajos en el lote en estudio.

Para entender en qué consisten las perforaciones para recuperar muestras de subsuelo a continuación se explica la forma cómo se ejecutan las perforaciones.

- a) Selección del punto de perforación de acuerdo con las características de la zona.
- b) Adecuación del área a trabajar para ser instalado el equipo de perforación Hidráulico, con tubería de diámetro especificado.
- c) Montaje del equipo de perforación en el sitio establecido.
- d) Se realizan unas canaletas no mayores de 1.00 metro, esto con el fin de que el agua re-circule y continúe el proceso de perforación.
- e) Se perfora y se extraen muestras del subsuelo para realizar la descripción de las mismas.



- f) Se realiza el archivo fotográfico con convenciones, para así poder especificar claramente las abreviaciones que allí se presentan.
- g) Conservación de las muestras en papel aluminio, etiquetándolas con un formato que dice Fecha, Proyecto, Sondeo No, Ubicación, Muestra, Profundidad, Sistema y su indicación de dirección en profundidad.
- h) Se guardan las muestras en las bandejas.
- i) Se recoge el equipo de perforación y se limpia el sector dejándolo en el estado que se encontraba.
- j) Se llevan las muestras al laboratorio.
- k) Luego se procede a realizar los distintos ensayos de laboratorio para obtener las características de los suelos y sus propiedades.

Existen dos formas para recuperar material del sub suelo, mediante ensayos SPT (golpes), En la primera una pesa de 70Kg golpea la tubería que recoge el subsuelo, y se van anotando los golpes cada 15cm que el tubo avanza en profundidad, con estos golpes se calcula la capacidad de soporte; la segunda forma consiste en ensayos de rotación, cuando los ensayos de SPT⁶ rechazan, es decir que con más de 50 golpes la tubería no sigue avanzando en profundidad, ya que encuentra manos rocosos, es necesario cuando se debe alcanzar mayor profundidad, realizar rotación, para extraer estas rocas y asegurar que el manto rocoso continua y no vuelven a aparecer suelos muy sueltos o de baja resistencia.

En las siguientes fotografías se pueden observar las máquinas de perforación que habitualmente se utilizan en Bucaramanga para un estudio de suelos.

Se observa en la Fotografía N. 1 Detalle Ensayo SPT, la realización de un ensayo SPT, la pesa de 70 Kg, golpea la tubería para recuperar la muestra del subsuelo.

⁶SPT: Ensayo de Penetración Estándar.

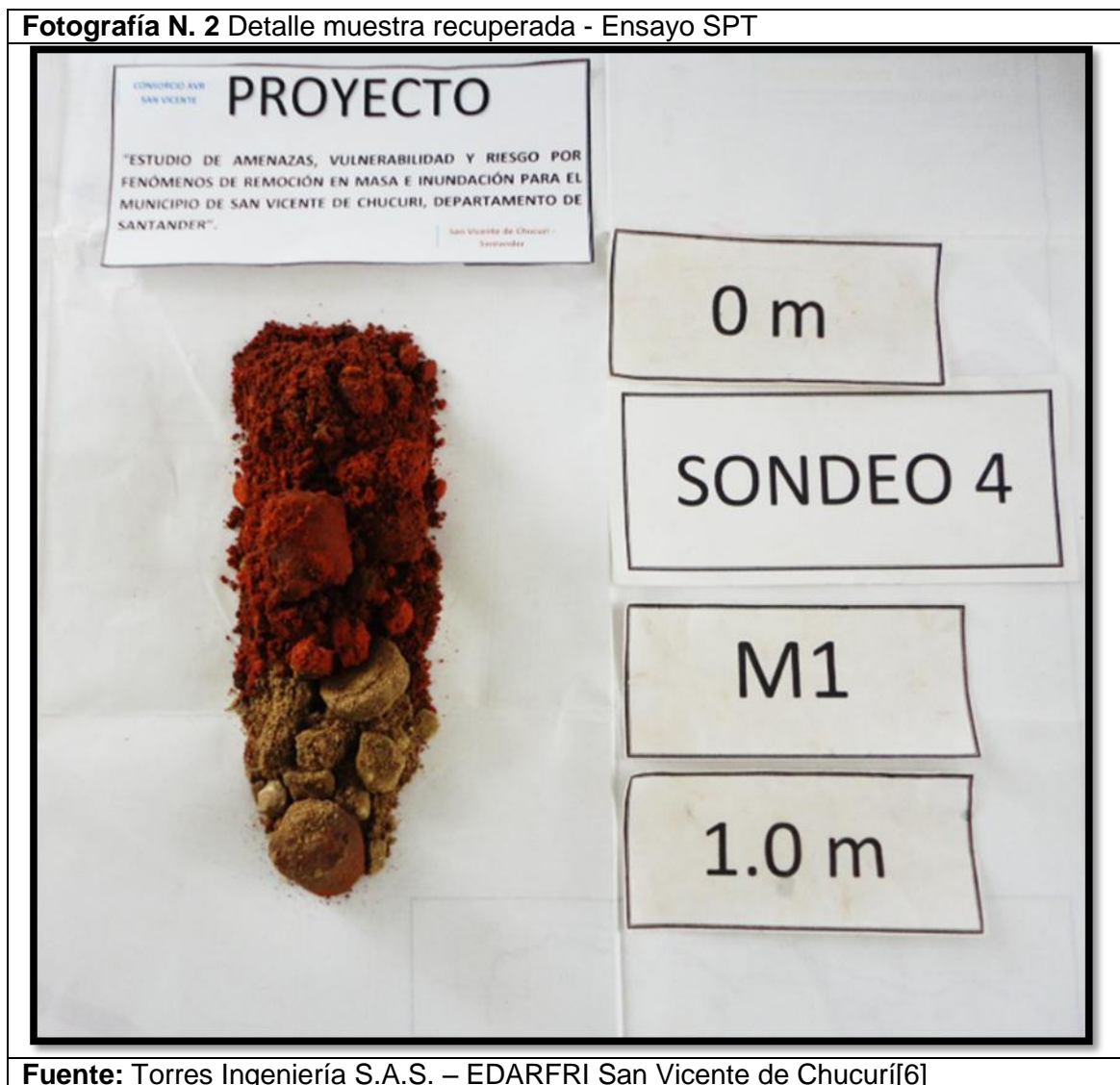
Fotografía N. 1 Detalle Ensayo SPT



Fuente: Torres Ingeniería S.A.S. – EDARFRI La Inmaculada[7]

Se observa en la Fotografía N. 2 Detalle muestra recuperada - Ensayo SPT, una muestra recuperada en campo mediante ensayos de SPT, cada muestra recuperada debe clasificarse de la siguiente forma después de realizar los laboratorios:

La Muestra No.1 del Sondeo No.4 obtenida de 0.00 a 1.00 metros de profundidad. Clasificada en S.U.C.S. como "SC" y en la A.A.S.H.T.O. como A-4, la muestra es una arena arcillosa con grava, de humedad media, poco consistente. Presenta colores rojizos y cambia de estrato a un color más amarillento.





Se observa en la Fotografía N. 3 Detalle Ensayo Rotación, la realización de un ensayo a rotación para recuperar rocas del subsuelo, esta perforación debe realizarse con agua para poder recuperar las muestras.

Fotografía N. 3 Detalle Ensayo Rotación



Fuente: Torres Ingeniería S.A.S. – EDARFRI San Vicente de Chucurí[6]



Fotografía N. 4 Detalle rotación máquina - Ensayo Rotación



Fuente: Torres Ingeniería S.A.S. – EDARFRI San Vicente de Chucurí[6]

Se observa en la Fotografía N. 5 Detalle muestra recuperada - Ensayo Rotación, una muestra recuperada en campo mediante ensayos de rotación, cada muestra recuperada debe clasificarse de la siguiente forma después de realizar los laboratorios:

La Muestra No. 4 del Sondeo No. 1 obtenida de 3.00 a 4.00 metros de profundidad.

Esta muestra se obtuvo mediante ensayos de rotación que permitieron recuperar fragmentos de rocas de colores pardos y grisáceos en su mayoría arenas de no más de 10 cm de longitud.



Así mismo los apiques cumplen el siguiente procedimiento:

- a) Ubicación de los apiques.
- b) Dependiendo de la topografía del sector, se definen las dimensiones de la sección transversal del apique, siendo las más comunes de 1.0 metro x 1.0 metro. Ver Fotografía N. 6 Detalle apique.
- c) Se define la profundidad del apique, dependiendo del tipo de suelo encontrado.
- d) Se saca un bloque de muestra de suelo inalterado a la profundidad deseada, envolviéndola completamente en papel vinipel, para así conservar sus propiedades naturales. Ver Fotografía N. 7 Detalle muestra de apique
- e) Se lleva la muestra a los laboratorios de Torres Ingeniería S.A.S., donde se realizan los distintos ensayos de laboratorio para obtener las características de los suelos y sus propiedades.

Fotografía N. 6 Detalle apique



Fuente: Torres Ingeniería S.A.S. – EDARFRI San Vicente de Chucurí[6]

Fotografía N. 7 Detalle muestra de apique



Fuente: Torres Ingeniería S.A.S. – EDARFRI La Inmaculada[7]

Realizada la exploración geotécnica se realizan la ejecución de los laboratorios, partiendo primero de un secado de las muestras para determinar la humedad en campo, después de secar las muestras se hace la granulometría, que consiste en un tamizado de las muestras, donde se determina la cantidad de material fino, arenoso y gravoso que contiene cada muestra. Para determinar el límite líquido y el límite plástico de las muestra, se hacen los procedimientos estipulados para calcular los límites de Atterberg.

Se deben clasificar y recuperar las muestras de acuerdo a las normas INVÍAS 101, 102 y 103. (Ver Anexos)

En los laboratorios se analizaron las muestras obtenidas en campo realizando los siguientes ensayos:



Fotografía N. 8 Secado de muestras



Fuente: Torres Ingeniería S.A.S. – Laboratorio[2]

Se observa en la Fotografía N. 8 Secado de muestras, el secado de algunas muestras de suelo en el horno para poder determinar su humedad natural.

Fotografía N. 9 Granulometría - Tamizado

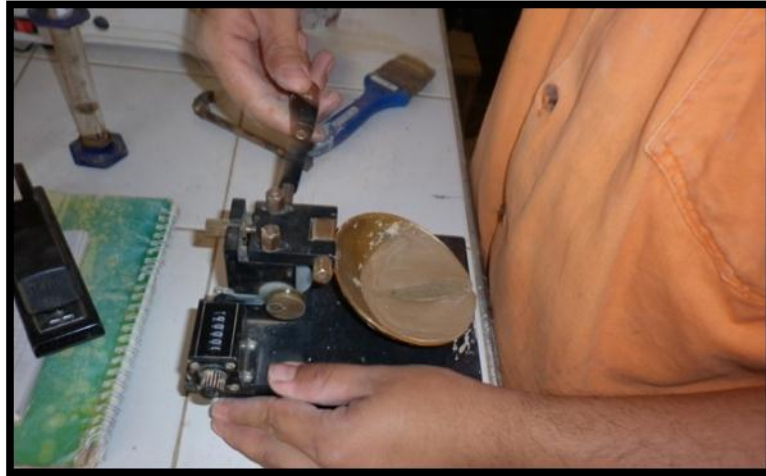


Fuente: Torres Ingeniería S.A.S. – Laboratorio[3]

Se observa en la Fotografía N. 9 Granulometría – Tamizado, un ensayo de granulometría, se evidencia el tamizado de la muestra para poder determinar la estructura del suelo.



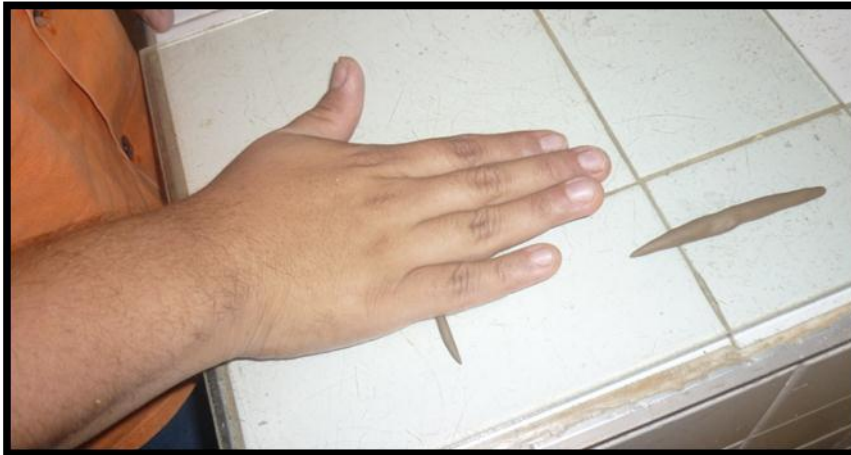
Fotografía N. 10 Ensayo Límite Líquido



Fuente: Torres Ingeniería S.A.S. – Laboratorio[1]

Se observa en la Fotografía N. 10 Ensayo Límite Líquido, el ensayo de límite líquido (límites de Atterberg⁷), donde se observa la cuchara de Casagrande para realizar los golpes del ensayo y poder clasificar el material fino.

Fotografía N. 11 Ensayo Límite Plástico



Fuente: Torres Ingeniería S.A.S. – Laboratorio[4]

⁷Límites de Atterberg: O límites de consistencia, se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos, El nombre de estos es debido al científico sueco Albert Mauritz Atterberg.

Se observa en la Fotografía N. 11 Ensayo Límite Plástico, el ensayo de límite plástico (límites de Atterberg), el cual junto al límite líquido permite determinar el índice plástico y posteriormente realizar la clasificación de finos.

Fotografía N. 12 Ensayo Corte Directo



Fuente: Torres Ingeniería S.A.S. – Laboratorio[5]

Se observa en la Fotografía N. 12 Ensayo Corte Directo, el ensayo de corte directo para determinar las propiedades del suelo tales como la cohesión y el ángulo de fricción interna, este ensayo se realiza con las muestras de suelo inalterado recuperado en los apiques.

Realizados los ensayos de laboratorio, se procede con el informe final, donde se analizan los suelos encontrados, de acuerdo a esto y a los requerimientos de la estructura civil que se proyecta en el lote, se calcula una capacidad de soporte a una profundidad dada, y se recomiendan las obras de estabilidad que se deben realizar.

Este informe final, debe contener todos los planos solicitados por la CDMB, de acuerdo al estudio, para un estudio de suelos de una edificación de hasta 5 niveles, se deben presentar los planos geológicos, plano de ubicación de sondeos, plano de perfiles estratigráficos y plano de obras recomendadas.



Entonces dentro del informe final debe existir los siguientes capítulos como mínimo; introducción(donde se aclaren objetivos y la metodología), descripción del proyecto (que contenga las características general del sitio, como lo son el clima y la ubicación y referenciación geológica y geotécnica de acuerdo a INGEOMINAS⁸), exploración geotécnica(donde se encuentra toda la exploración en campo y los resultados de laboratorio), capacidad de soporte del terreno (donde se aclara la capacidad de soporte del suelo y los asentamientos), análisis de la excavación (si la construcción tiene sótanos, se deben hacer análisis que evalúen la estabilidad de las excavaciones y recomendar las obras pertinentes para estabilizar la excavación), definición del tipo de suelo (de acuerdo a la NSR-10), obras de estabilidad y conclusiones y recomendaciones.

3.2.2 Documentos de los requerimientos

Es necesario tener claro los objetivos del proyecto, por esto es recomendable realizar un acta, donde firmen los interesados, en este caso el contratante y el contratista, donde se definan claramente el contenido del estudio de suelo y su alcance, esto quiere definir los documentos entregables, en este caso el informe final del estudio de suelos y los planos y establecer claramente las perforaciones que se van a realizar en la exploración geotécnica, así como los laboratorios que se van a realizar.

3.2.3 Lista de actividades

Se deben tener claras y establecidas todas las actividades que se deben realizar en el estudio de suelos, para esto el ingeniero geotecnista encargado de la realización del informe final, debe tener un documento donde se establezcan las exploraciones en campo, la realización de los laboratorios, la realización del informe y de los planos, así mismo debe contemplar los hitos del estos pasos, es decir los puntos de referencia donde el estudio puede demorarse o puede tener adversidades, para identificar estos

⁸INGEOMINAS: Instituto Colombiano de Geología y Minería.



hitos, se recomienda realizar una programación o diagrama de las actividades y así identificarlos.

Dentro de este diagrama se pueden establecer los requisitos de cada actividad, es decir si la actividad es sondeos, se debe aclarar la disponibilidad del recurso humano, disponibilidad de las máquinas de perforación, disponibilidad de transporte de las máquinas, permisos de trabajo, etc.

3.2.4 Duración estimada de las actividades y Cronograma del proyecto

De acuerdo a las actividades enumeradas en el diagrama anterior, se deben estimar unas duraciones aproximadas, para tener claro un cronograma de realización del estudio de suelos, de esta manera se puede tener un seguimiento de que las actividades programadas están cumpliendo con los tiempo establecidos y no se está incurriendo en retrasos para la entrega final del producto.

3.2.5 Estimación de costos

Este documento tiene como fin desarrollar una estimación aproximada del recurso monetario con que cuenta el contratista, osea quien realiza el estudio de suelos, para cumplir con todas las actividades, es decir, se debe tener la capacidad financiera para realizar el estudio de suelos sin contar con el pago del estudio, ya que el pago del estudio se realiza 50% por adelantado y 50% a la entrega final, esto quiere decir que se debe contar con un capital que subsidie la realización del proyecto sin tener contratiempos. Si no se tiene con un capital suficiente es necesario tener una financiación previamente estudiada, para contar con el recurso monetario suficiente.



3.2.6 Plan para la dirección de calidad

Este documento debe abarcar toda la parte de calidad en la realización de las actividades que comprende un estudio de suelos, es decir toda la metodología que se explica en Plan para la dirección del proyecto, para la parte de exploración geotécnica, referente a los trabajos de perforación, recuperación de muestras y posteriormente la realización de laboratorios. Esto quiere decir que se apliquen todos los pasos mencionados, posteriormente la calidad en la realización del informe final, se desarrolla mediante revisiones de los superiores en este caso del gerente de la empresa que esté a cargo del ingeniero geotecnista.

3.2.7 Plan de recursos humanos

Este documento debe identificar los roles de todos los implicados dentro del estudio de suelos, gerente, ingeniero geotecnista, laboratorista, obreros, etc., para así definir claramente responsabilidades y habilidades requeridas relacionadas a la entrega final del estudio de suelos.

3.2.8 Plan para la dirección de riesgos

Este documento debe contener toda la planificación en cuanto a riesgos de la exploración geotécnica, donde el recurso humano (ingenieros, operadores y obreros) se encuentra expuesto a riesgos laborales, es decir se debe contar con planes de emergencia ante imprevistos que sucedan en campo, así mismo se debe tener una planilla donde se documente diariamente las actividades en campo y se detalle si ocurrieron incidentes.



3.3 EJECUCIÓN

3.3.1 Plan de dirección y gestión

Este documento debe enfocarse más a un plan de gestión de la exploración geotécnica en campo, es decir se debe tener un documento escrito donde se aclaren los procesos que se manejan en las perforaciones, es decir los responsables del cuidado de las muestras, los rendimientos diarios que se deben cumplir en las perforaciones, la ubicación de las perforaciones, la revisión de las máquinas de perforación y la cadena de mando establecida.

Dentro las funciones del gerente de una empresa, está el rol de asignar las responsabilidades de un proyecto a cada frente de trabajo. Es muy importante dejar estas asignaciones de trabajo por escrito, de esta manera se asignan responsabilidades y deberes, así como fechas de entrega, con sus respectivos entregables, es decir el gerente debe dejar clara la programación del estudio de suelo, las responsabilidades de los miembros involucrados en el trabajo y los entregables de cada uno.

3.3.2 Plan aseguramiento de la calidad

Este documento debe aclarar la calidad de los trabajos entregables tanto en campo como en oficina, estipula todas las normas que se deben tener en los trabajos en campo, las normas del INVÍAS para la recuperación de las muestras y clasificación de los laboratorios, y para la parte de oficina, debe asegurar que los documentos entregables pasen por la cadena de mando, es decir, los documentos control deben ser revisados por el ingeniero encargado del proyecto y nuevamente por el gerente del proyecto antes de ser entregados.



3.3.3 Lista del equipo del proyecto

Debe existir un documento donde especifique la composición del equipo del proyecto, es decir, los encargados de las máquinas de perforación, laboratorista, conductor e ingeniero encargado, este documento debe aclarar las funciones de cada uno de ellos a lo largo del proyecto.

3.3.4 Desarrollo del equipo del proyecto

Este documento tiene como fin relacionar los miembros del equipo, es decir se debe relacionar el personal del proyecto de no conocerse y si se conocen igualmente fortalecer estas relaciones, con el fin de generar ambientes agradables para el trabajo, un ejemplo simple son actividades lúdicas antes, durante y al finalizar el proyecto, que permitan la interacción de todo el personal del proyecto.

3.4 SEGUIMIENTO Y CONTROL

3.4.1 Control del trabajo entregado del proyecto

Se debe tener un documento donde se controlen los trabajos ejecutados del proyecto, es decir cada procesos que se cumpla debe ser revisado inmediatamente, para proseguir con el siguiente proceso. Por ejemplo al realizaron los laboratorios de las muestras recuperadas de suelos y clasificarlas, el ingeniero debe tener un documento que le permita revisar estos laboratorios y su clasificación y dar su aprobación final, así mismo con los planos, antes de ser ploteados, deben tener un control de revisión y aprobación. Es importante tener este control con un documento, así se verifica la correcta ejecución de los documentos de control.



3.4.2 Formalización entrega del estudio de suelos

Al tener toda la información completa del estudio de suelos, es necesario formalizar la entrega al cliente, para esto es necesario formalizar un documento donde se aclare todos los documentos que se están entregando, como lo son el informe final, los planos y los anexos, este documento debe ser firmado por el cliente, aceptando su conformidad por el producto entregado.

3.4.3 Control de la programación

El estudio de suelos debe tener una programación donde se estiman tiempos para la ejecución de los trabajos en campo, los trabajos en laboratorios y la elaboración del informe final y planos, esta programación debe actualizarse a diario para conocer si se está cumpliendo a cabalidad, de no ser así, es importante este procesos de seguimiento en control porque se pueden tomar medidas, que se comunicaran inmediatamente, medidas como reajustar la programación o verificar en qué se está fallando y porqué están ocurriendo demoras para agilizar el proceso pertinente.

3.4.4 Control de costos

El estudio de suelo debe tener un presupuesto de la planificación de las fases iniciales, es necesario el control y seguimiento de este presupuesto, para garantizar un control de costos y no tener excedencias de presupuesto que disminuyan utilidades.

De surgir imprevistos en el proyecto, mayores a los contemplados en el presupuesto inicial y necesario incluirlo en el presupuesto y analizar los incrementos en el costo total del proyecto, de esta manera se pueden tomar decisiones.



3.4.5 Informes de desempeño de trabajo

Este documento debe contener la evaluación de todo el personal involucrado en el estudio de suelos, este documento es muy importante, ya que a partir de este se puede realizar una retroalimentación de cada uno de los procesos individuales que formaron todo el estudio de suelos, es decir todo el personal de campo a cargo de la parte geotécnica, los ingenieros en cargados del estudio, la parte topográfica, la parte de laboratorio y la parte administrativa.

Este documento debe ser preparado por la gerencia de la empresa y tiene como fin evaluar el desempeño de cada uno de las actividades y procesos que se realizaron, con el fin de identificar falencias o dificultades, que puedan solucionarse para próximos estudios de suelos.

3.4.6 Control de riesgos

El control de riesgos debe estar monitoreándose siempre que exista trabajo en campo, es decir el ingeniero responsable debe estar siempre pendiente que los trabajadores en campo utilicen toda la dotación que se requiera, lleven su carnet de salud y de riesgos profesionales, ejecuten las actividades en campo de la manera ergonómica correcta, además de esto verificar que exista un botiquín y la hidratación necesaria dependiendo del lugar de trabajo. Este control debe ejecutarse mediante un documento que permita realizar un “checklist”, con esto se corrobora que está fallando para arreglarlo inmediatamente, así como si está faltando algún requerimiento para los riesgos, se incluye inmediatamente.



3.5 CIERRE

3.5.1 Cierre del proyecto

Este documento debe contener todas las actividades que se realizaron en el estudio desuelo, consiste en un listado de todos los procesos, exploración en campo, informes, planos, laboratorios, etc., además debe manejar un espacio que incluya que se cumplieron todos los documentos mencionados anteriormente, para que tener claro que se verificaron procesos como los de presupuestos y calidad.



4 FORMATO GUÍA

Como resumen de este documento, se aclaran que los siguientes documentos son los mínimos que se deben tener en cuenta para realizar un estudio de suelos, con base en la metodología de PMBOK, capítulo 3, si se realizan estos documentos durante la ejecución del estudio de suelo, se controlara de principio a fin el estudio de suelos y lo que conlleva a resultados exitosos al finalizar este.

Tabla 4 Formato guía

FORMATO GUÍA PARA DOCUMENTOS PARA UN ESTUDIO DE SUELOS	
GRUPO DE PROCESO	DOCUMENTOS DE SALIDA
Iniciación	1. Acta de constitución del proyecto
Planificación	1. Documentos de los requerimientos 2. Lista de actividades 3. Duración estimada de las actividades y cronograma del proyecto 4. Estimación de costos 5. Plan para la dirección de calidad 6. Plan de recursos humanos 7. Plan para la dirección de riesgos
Ejecución	1. Plan de dirección y gestión 2. Plan aseguramiento de la calidad 3. Lista del equipo del proyecto 4. Desarrollo del equipo del proyecto
Seguimiento y control	1. Control del trabajo entregado del proyecto 2. Formalización entrega del estudio de suelos 3. Control de la programación 4. Control de costos 5. Informes de desempeño de trabajo 6. Control de Riesgos
Cierre	1. Cierre del proyecto

Fuente: Autor



5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El éxito de un proyecto depende exclusivamente de la gestión de éste, al tener dividido el proyecto en fases hace más sencillo el control, planificación y ejecución de éste, es por esto que la aplicabilidad de la metodología del PMBOK, capítulo 3, debe usarse no sólo para la ejecución exitosa de un proyecto, en este caso para un estudio de suelos, sino debe ser empleada esta metodología para el diario vivir de nuestra planificación de cualquier tipo de actividad.
- La conformación de hitos o puntos de control, permite identificar falencias rápidamente en la ejecución del estudio de suelos, estas falencias se deben plasmar en el documento de control acorde al problema que se esté detectando, los hitos en este caso son todos los documentos de control que se especificaron para un estudio de suelos, al realizar estos documento se tiene un control por completo de todo el proyecto.
- Es obligación el cumplimiento de toda la normatividad geotécnica para la ciudad de Bucaramanga en la ejecución de un estudio de suelos, ya que los ingenieros civiles responden penalmente ante la justicia Colombiana en caso de malos diseños o muertes de personas por culpa de un estudio mal diseñado y/o ejecutado, es importante recordar que el desconocimiento u omisión de la normatividad no exime de responsabilidad penal o civil al ingeniero o la empresa encargada de los estudios pertinentes.
- Siempre es recomendable en la exploración geotécnica de un estudio de suelos realizar el seguimiento y control mediante el documento de control de riesgos, donde a parte del “checklist” a realizar, se debe aislar la zona, es necesario hacer una socialización; si la zona es habitada por muchos niños, se debe realizar, y se debe indicar y aclarar que no se debe entrar dentro de la cinta amarilla con la cual se delimita el sector en estudio, esto con el fin de evitar accidentes.



BIBLIOGRAFÍA

- [1] Estudio de Suelos Parque de la vida. Calle 45 con Carrera No. 1. Realizado en Torres Ingeniería S.A.S. Construcción Edificación.
- [2] Estudio de Suelos. Barrio El Prado. Carrera 36 No. 38-34. Realizado en Torres Ingeniería S.A.S. Construcción Edificación.
- [3] Estudio de Suelos. Barrio San Francisco Calle 12 No. 25-34. Realizado en Torres Ingeniería S.A.S. Construcción Edificación.
- [4] Estudio de Suelos. Los cedros Pan de azúcar Calle 51 con Carrera 52. Realizado en Torres Ingeniería S.A.S. Vivienda en zona de riesgo.
- [5] Estudio de Suelos. Parcela 25 conjunto Altamira II. Mesa de los Santos- Realizado en Torres Ingeniería S.A.S. Construcción vivienda.
- [6] Estudio detallado por fenómenos de remoción en masa e inundación para San Vicente de Chucurí. Realizado en Torres Ingeniería S.A.S.
- [7] Estudio por fenómenos de remoción en masa para el predio ubicado en La Inmaculada– Bucaramanga. Realizado en Torres Ingeniería S.A.S. Construcción Viviendas de Interés Social.
- [8] <http://es.scribd.com/doc/57218024/Resumen-PMBOK-CAPITULO-3>
- [9] <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=15414>.
- [10] Instituto Nacional de Vías. Normas.
- [11] Normas Geotécnicas CDMB. Resolución 29 de Diciembre 2009
- [12] NSR – 10, Título H. Estudios Geotécnicos.
- [13] PMBOK, Capítulo 3.



ANEXOS

INV E 101-07

INVESTIGACIÓN DE SUELOS Y ROCAS PARA PROPÓSITOS DE INGENIERIA

I.N.V. E – 101 – 07

1. INTRODUCCIÓN

- 1.1 El muestreo e identificación de materiales del subsuelo implica técnicas simples y complejas acompañadas de procedimientos e interpretaciones diferentes, las cuales están influenciadas por condiciones geológicas y geográficas, por el propósito de la investigación y por los conocimientos, experiencia y entrenamiento del ingeniero.
- 1.2 Esta norma proporciona métodos para el muestreo e investigación de suelos y rocas con base en procedimientos normalizados, mediante los cuales pueden determinarse las condiciones de distribución del suelo, de la roca y del agua freática.
- 1.3 Una investigación consistente y procedimientos adecuados de muestreo del suelo y de la roca, facilitarán la correlación de los respectivos datos con propiedades mecánicas del suelo como plasticidad, permeabilidad, peso unitario, compresibilidad, resistencia y gradación; y de la roca como resistencia, estratigrafía, estructura y morfología.

2. OBJETO

- 2.1 Esta norma hace referencia a los métodos por medio de los cuales se pueden determinar las condiciones de suelos, rocas y agua freática. El objetivo de la investigación consiste en la identificación y localización, tanto vertical como horizontalmente, de los tipos significativos de suelos y rocas y las condiciones de agua freática presentes en un área dada y el establecimiento de las características de materiales subyacentes a la superficie ya sea por muestreo, por pruebas en el terreno o ambos.
- 2.2 Pruebas de laboratorio sobre suelos, rocas y muestras de agua freática están especificadas en otras normas y, por lo tanto, no están incluidas en esta.
- 2.3 Antes de comenzar cualquier trabajo de exploración de campo, el sitio debe ser estudiado para comprobar si existen conexiones de servicios públicos bajo tierra. En caso de encontrar evidencias de materiales potencialmente peligrosos, o materiales contaminados o condiciones peligrosas que puedan surgir en el curso de la investigación, el trabajo debe interrumpirse hasta cuando las circunstancias hayan sido evaluadas y se reciban nuevas instrucciones antes de reiniciar el trabajo.

3. USO Y SIGNIFICADO

- 3.1 Un estudio adecuado de suelos, rocas y agua freática, proporciona la información



pertinente para decidir sobre uno o más de los siguientes tópicos:

- 3.1.1 Localización tanto vertical como horizontal de la obra propuesta.
- 3.1.2 Localización y evaluación del material de préstamo y de fuentes locales de materiales de construcción, para su empleo como agregados para las vías o para las estructuras, para materiales de filtro o para la protección de taludes.
- 3.1.3 Necesidad de cualquier tratamiento o drenaje de la subrasante o de la fundación de terraplenes.
- 3.1.4 Necesidad de técnicas especiales para la excavación y el drenaje.
- 3.1.5 Desarrollo de investigaciones de capas que subyacen a las superficiales detalladas para estructuras específicas.
- 3.1.6 Investigaciones de estabilidad de taludes naturales, cortes y terraplenes.
- 3.1.7 Necesidad de identificación de áreas que requieren especial protección del medio ambiente.
- 3.1.8 Necesidad de controlar problemas de construcción.
- 3.2 La investigación de suelos y rocas subyacentes a la superficie deberá proporcionar muestras representativas y de calidad tal, que permitan determinar la clasificación del suelo o el tipo mineralógico de la roca, o ambos, y las propiedades de ingeniería pertinentes al diseño propuesto.

4. RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DEL PROYECTO

- 4.1 Antes de iniciar cualquier programa de campo, se debe recopilar, estudiar y evaluar, toda la documentación técnica disponible: mapas topográficos, fotografías aéreas, imágenes satelitales, mapas geológicos, fuentes de minerales generales o locales, mapas de suelos para ingeniería e informes que cubran el área del proyecto. Igualmente deben estudiarse, cuando los haya, informes de investigaciones de capas subyacentes a las superficiales correspondientes a proyectos cercanos o adyacentes a la zona de estudio.

Es necesario tener en cuenta que aún cuando los mapas e informes anteriores sean obsoletos y de valor limitado a la luz del conocimiento actual, una comparación de lo viejo con lo nuevo, revela a menudo información valiosa e inesperada.

- 4.2 Los mapas agrológicos e informes de suelos de fecha reciente, pueden ayudar al Ingeniero para establecer la amplitud de las características del suelo a profundidades entre 1.5 y 2.0 m (5 a 6 pies), para cada tipo de suelo mostrado en los mapas.

Cada tipo de suelo tiene un perfil que lo distingue debido al material de origen (roca madre), al relieve, a las condiciones climáticas y a la vegetación. Estas propiedades pueden ayudar a identificar los diferentes tipos de suelos, cada uno



de los cuales pueden requerir análisis y tratamiento específico. A menudo se encuentran propiedades similares de ingeniería, donde existen características similares para el perfil del suelo. Los cambios en las propiedades del suelo en áreas adyacentes indican a menudo cambios en el material de origen o en el relieve.

- 4.3 En áreas donde los datos descriptivos sean incompletos debido a la escasez de mapas geológicos o de suelos deberán estudiarse los suelos y rocas en zonas de cortes abiertos, en la vecindad de la obra y anotar los diferentes perfiles de suelos y rocas. Las correspondientes notas de campo deberán incluir los datos a que hace referencia la Sección 7.3.
- 4.4 Donde se desee un mapa preliminar que cubra el área del proyecto, éste puede prepararse con base en mapas elaborados con la ayuda de fotografías aéreas que muestren las condiciones del terreno. La distribución de los depósitos de suelos y rocas predominantes, que probablemente se encontrarán durante la investigación, podrán mostrarse empleando datos obtenidos de mapas geológicos y de preconocimiento del terreno. Expertos en la interpretación de fotografías aéreas pueden deducir muchos datos del subsuelo a partir del estudio de fotografías en blanco y negro, a color y de rayos infrarrojos, debido a que condiciones similares de suelo o roca, o ambas, generalmente tienen similares patrones de apariencia en fotografías aéreas de regiones con clima o vegetación similares.

Este mapa preliminar puede transformarse en otro con más detalles de ingeniería, localizando las perforaciones de ensayo, los apiques y las abscisas de muestreo y precisando mejor los límites determinados con la exploración detallada del subsuelo.

PLAN DE LA EXPLORACIÓN

El proyecto de diseño disponible y los requerimientos para la ejecución deben ser revisados antes del desarrollo final del plan de exploración. Se debe planear una exploración preliminar para indicar las áreas con condiciones que requieran una investigación más detallada. Una completa investigación de suelos, rocas y aguas freáticas debe abarcar las siguientes actividades:

- 5.1 Revisión de la información disponible, tanto regional como local, de la historia geológica y condiciones del suelo, rocas y aguas freáticas, que existan en el lugar propuesto y en su inmediata vecindad.
- 5.2 Interpretación de fotografías aéreas y otros datos obtenidos con sensores remotos.
- 5.3 Reconocimiento del terreno para identificación de condiciones geológicas, dibujo de exposiciones estratigráficas y afloramientos, y evaluación del comportamiento de estructuras existentes.
- 5.4 Investigación en el terreno de materiales superficiales y subsuperficiales por estudios geofísicos, perforaciones o pozos exploratorios.
- 5.5 Recolección de muestras alteradas representativas de suelos, rocas y materiales



de construcción para pruebas de clasificación en el laboratorio. Éstas deben ser complementadas con muestras inalteradas apropiadas para la determinación de aquellas propiedades de ingeniería pertinentes a la investigación.

- 5.6 Identificación de la posición de la tabla freática o tablas de agua, si existen depósitos aislados de agua subterránea o de las superficies piezométricas si hay agua artésiana subterránea. La variabilidad de estas posiciones durante períodos cortos y largos debe ser considerada. Colores abigarrados de estratos de suelo, pueden ser indicativos de largos períodos en el año de lugares con niveles altos de aguas freáticas.
- 5.7 Identificación y evaluación de sitios de materiales apropiados para cimentaciones, ya sean lechos de roca o suelos con adecuada capacidad de carga.
- 5.8 Identificación de sedimentos de suelo y roca en el terreno, con particular referencia al tipo y grado de descomposición (por ejemplo, saprolito, esquistos en descomposición), la profundidad a la cual se encuentran y los tipos y lugares de sus discontinuidades estructurales.
- 5.9 Evaluación del comportamiento de instalaciones existentes, en relación con el material de cimentación de la estructura y ambiente de la vecindad inmediata del sitio propuesto.

6. EXPLORACIÓN GEOFÍSICA

- 6.1 Normas pertinentes de la ASTM: Métodos de ensayo D4428 y método G57.
- 6.2 Técnicas de sensores remotos pueden ayudar al mapeo de las formaciones geológicas y a la evaluación de variaciones en las propiedades de suelos y rocas. Generalmente se requiere algún punto terrestre de referencia para verificar los datos obtenidos por los sensores remotos. Herramientas de espectrometría satelital y aérea de materiales cercanos a la superficie y la estructura geológica. Interpretación de fotografías aéreas e imágenes satelitales, pueden localizar e identificar significativas características geológicas que pueden ser indicativas de fallas y fracturas.
- 6.3 Se puede usar prospección geofísica para complementar la información de las perforaciones y los afloramientos, e interpolár entre orificios exploratorios. Métodos sísmicos, georradar, y resistividad eléctrica, pueden ser particularmente útiles cuando se presentan diferencias bien marcadas en las propiedades de materiales subsuperficiales contiguos.
- 6.4 Técnicas de refracción/reflexión sísmica de poca profundidad y de georradar pueden ser usadas para hacer el levantamiento de los horizontes de suelo, perfiles en profundidad, niveles de aguas freáticas y profundidad del lecho rocoso, en muchas situaciones, aunque la profundidad de penetración y resolución varían según las condiciones locales. Técnicas de inducción electromagnética, resistividad eléctrica, polarización inducida (o resistividad compleja), pueden ser usadas para levantar mapas de variaciones en el contenido del agua, estratos arcillosos, estratificación y profundidad de acuíferos y lechos de roca. Otras



técnicas geofísicas tales como métodos de temperatura de poca profundidad del suelo, se pueden usar bajo ciertas condiciones específicas. Métodos sísmicos y eléctricos de poca profundidad usados rutinariamente en levantamientos estratigráficos y estructura de rocas en conjunción con perfiles. Medidas de velocidad de ondas transversales en orificios cruzados pueden proveer parámetros de suelo y roca para análisis dinámicos.

- 6.4.1 El método de refracción sísmica puede ser especialmente útil para determinar la profundidad o la facilidad de cortar la roca en lugares en los cuales, sucesivamente, se encuentran estratos más densos.
- 6.4.2 El método de reflexión sísmica puede ser útil en la delineación de unidades geológicas a profundidades por debajo de 10 pies (3m). No está constreñido por tramos de baja velocidad sísmica y es especialmente útil en áreas de rápidos cambios estratigráficos.
- 6.4.3 El método de resistividad eléctrica (método G 57 de ASTM), puede ser similarmente útil para determinar la profundidad de la roca y anomalías en el perfil estratigráfico; en la evaluación de formaciones estratificadas en las cuales un estrato más denso descansa sobre otro menos denso y en la localización de posibles fuentes de grava arenosa o de materiales de préstamo. También se requieren parámetros de resistividad para el diseño de sistemas de conexión a tierra y protección catódica para estructuras enterradas.
- 6.4.4 El método de georradar puede ser útil para definir capas de suelo y roca y construcciones en un rango de profundidad de 1 a 30 pies (1/3 a 10 m).

Nota 1.- Investigaciones geofísicas superficiales, pueden ser una guía útil en la determinación de los sitios para perforación o excavaciones. De ser posible la interpretación de estudios geofísicos debería verificarse con perforaciones o excavaciones de prueba.

DETERMINACIÓN DEL PERFIL

- 7.1 Un perfil general de un área de suelo o roca, o ambos, está definido únicamente en el sitio del apique, hueco o sondeo, o en el corte abierto examinado. Un perfil detallado de suelos deberá desarrollarse únicamente donde la relación continua entre profundidades y abscisas de los diferentes tipos de suelo y roca, sea económicamente justificable para el proyecto en cuestión. Puede complementarse esta fase de la investigación mediante registros gráficos de suelo y de roca, observados en paredes de excavaciones o de áreas de cortes, o mediante registros gráficos de perforaciones de ensayo, o de ambos, e interpolando luego entre estos registros mediante el empleo de relaciones geológicas y de ingeniería con otros datos de suelos y rocas pertinentes al área. La separación en esta clase de investigaciones dependerá de la complejidad geológica del área, y de la importancia de la continuidad del suelo y de la roca con respecto al diseño. Las perforaciones, deberán ser de suficiente profundidad para revelar los datos de ingeniería requeridos que permitan el análisis de los renglones enunciados en La Sección 3 para cada proyecto.
- 7.2 La profundidad de los apiques o perforaciones para estratos de pavimentos en



carreteras, aeropuertos, o áreas de estacionamiento, deberá ser al menos de 1.5 m (5 pies) por debajo del nivel proyectado para la subrasante, pero circunstancias especiales pueden aumentar esa profundidad o disminuirla. Los sondeos para estructuras o terraplenes deberán llevarse por debajo del nivel de influencia de la carga propuesta, determinado mediante un análisis de transmisión de esfuerzos en capas de suelo profundas.

Donde el drenaje pueda ser afectado por materiales permeables, acuíferos o materiales impermeables que lo puedan obstaculizar, las perforaciones deberán prolongarse suficientemente dentro de estos materiales para determinar las propiedades geológicas y de ingeniería, relevantes con el diseño del proyecto.

En todas las zonas de préstamo, las perforaciones deberán ser suficientes en número y profundidad, para permitir un cálculo confiable de las cantidades requeridas de material.

- 7.3 Los registros de perforaciones para cada proyecto se efectuarán de manera sistemática y deberán incluir:
 - 7.3.1 Descripción de cada sitio o área investigada, con cada hueco, sondeo o apique, localizado claramente (horizontal y verticalmente) con referencia a algún sistema establecido de coordenadas o a algún sitio permanente.
 - 7.3.2 Columna estratigráfica de cada hueco, sondeo o apique, o de una superficie de corte expuesta, en la cual se muestre claramente la descripción de campo y localización de cada material encontrado, mediante símbolos o palabras.
 - 7.3.3 Las fotografías en colores de núcleos de roca, muestras de suelos, y estratos expuestos, pueden ser de gran utilidad para el Ingeniero. Cada fotografía deberá identificarse con fecha y un número o símbolo específico.
 - 7.3.4 La identificación de los suelos deberá basarse en las Normas INV, para la clasificación de los suelos y de los suelos-agregados para construcción de carreteras, en la norma sobre descripción mediante procedimientos manuales y visuales, o en la de identificación de rocas de la norma ASTM C 294.
 - 7.3.5 Las zonas acuíferas, drenaje subterráneo y profundidad del nivel freático hallado en cada perforación, apique o hueco.
 - 7.3.6 Los resultados de ensayos en sitio (in-situ), donde se requieran, como los de penetración o los de veleta a que se hace referencia en La Sección 10.1 u otros ensayos in-situ para determinar propiedades de suelos o rocas.
 - 7.3.7 Porcentaje de recuperación del núcleo extraído mediante la perforación con brocas de diamante (numeral 10.1) y, cuando sea necesaria, estimación de la Designación Cualitativa de la Roca (RQD).

8. DIBUJO DEL PERFIL

Los perfiles del subsuelo se deben dibujar únicamente con base en perforaciones



reales de ensayo, apiques o datos de los cortes. La interpolación entre dichos sitios deberá hacerse con extremo cuidado y con la ayuda de toda la información geológica disponible, anotando claramente, que tal interpolación o continuidad asumida de estratos, es meramente tentativa. En ningún caso deberán hacerse extrapolaciones.

9. MUESTREO

- 9.1 Se obtienen muestras representativas de suelo o de roca, o de ambos, de cada material encontrado que sea de importancia para el diseño y la construcción. El tamaño y el tipo de las muestras dependen de los ensayos que se vayan a efectuar o del porcentaje de partículas gruesas en la muestra y de las limitaciones del equipo de ensayo por emplear.

Nota 2.- El tamaño de las muestras alteradas, en bruto, puede variar a discreción de la Interventoría, pero se sugieren, para algunos propósitos, las siguientes cantidades, para la mayoría de los materiales:

- Clasificación visual: 50 a 500 g.
- Análisis granulométrico y constantes de suelos finos: 500g a 2.5 kg.
- Ensayo de compactación y granulometría de suelos gruesos: 20 a 40 kg.
- Agregados manufacturados o ensayo de propiedades de agregados: 50 a 200kg.

- 9.2 Se identifica cuidadosamente cada muestra con la respectiva perforación o apique y con la profundidad a la cual fue tomada. Se coloca una etiqueta impermeable dentro del recipiente o bolsa, se cierra ésta en forma segura, se protege del manejo rudo y se marca exteriormente con una identificación apropiada. Se deben obtener muestras para la determinación de la humedad natural en recipientes sellados para evitar pérdidas de la misma. Cuando el secado de muestras pueda afectar la clasificación o los resultados de los ensayos para determinar las propiedades de ingeniería, se debe proteger para minimizar la pérdida de humedad.

10. PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO

Los procedimientos recomendados para el muestreo en el sitio, la identificación y los ensayos son los siguientes:

- 10.1 *Apiques y trincheras* – Excavaciones a cielo abierto, hasta la profundidad deseada, tomando las precauciones necesarias para evitar el desprendimiento de material de las paredes que pueda afectar la seguridad del trabajador o contaminar la muestra que se espera obtener.
- 10.2 *Investigación y Muestreo del Suelo mediante Barreros, INVE – 110* – Este método se refiere al empleo de barrenos distintos al de vástago hueco, para la investigación de suelos y muestreo, donde se puedan utilizar muestras alteradas. El procedimiento es útil para la determinación del nivel freático. La profundidad con esta clase de barreno está limitada por las condiciones agua-suelo, las características del suelo y el equipo empleado.



- 10.3 *Ensayo de Penetración y Muestreo de Suelos con el Tubo Partido, INVE-111* – Describe un procedimiento para obtener muestras y medir la resistencia del suelo a la penetración de un muestreador normalizado.
- 10.4 *Método de penetración cónica estática (CPT), Norma ASTM D 3441.*
- 10.5 *Método para Muestreo de Suelos con Tubo de Pared Delgada INVE-105* – Describe un procedimiento para recobrar muestras de suelo relativamente inalteradas, adecuadas para ensayos de laboratorio.
- 10.6 *Norma para la Perforación con Broca de Diamante para investigaciones del Sitio, INVE-108* – Cubre un procedimiento para recuperar muestras intactas de roca y de ciertos suelos demasiado duros.
- 10.7 *Ensayo de corte con Veleta en Suelo Cohesivo, INVE-170* – Para medir in-situ la resistencia al corte de suelos cohesivos blandos, mediante la rotación de una veleta de cuatro hojas en un plano horizontal.
- 10.8 *Ensayo de penetrometro dinámico de cono, INVE-172* – Para medir in situ la resistencia en estratos relativamente superficiales.
- 10.9 *Investigación y Muestreo de Suelos con Barrero de Vástago Hueco INVE-110* – Este método describe procedimientos que utilizan un barrero especialmente diseñado para facilitar el muestreo en el sitio.

1. CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES

Las muestras para ensayos de suelos y de rocas se deberán enviar al laboratorio para los siguientes ensayos de identificación y clasificación.

- 11.1 Clasificación de Suelos y de Mezclas de Suelo Agregado para la Construcción de Carreteras.
- 11.2 Clasificación de Suelos para fines de ingeniería.
- 11.3 Nomenclatura Descriptiva. Esta es una breve y útil descripción de las rocas y minerales más comunes, tal como se encuentran en la naturaleza (norma ASTM C 294).

2. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

- 12.1 Se Interpretan los resultados de una investigación, únicamente en términos de lo encontrado realmente y realícense esfuerzos para recoger e incluir todos los datos de investigaciones anteriores, en la misma área. La extrapolación de datos en áreas locales no investigadas, puede hacerse de manera tentativa, únicamente cuando se conozca que existe geológicamente una disposición de capas por debajo de las superficiales, con propiedades uniformes de suelo y roca. Las propiedades mecánicas de los suelos y rocas de proyectos importantes, no deberán predecirse solamente con base en la simple identificación o clasificación



en el terreno, sino que deberán comprobarse mediante ensayos de laboratorio y de terreno, de acuerdo con las Secciones 9.1 y 10.

- 12.2 Las recomendaciones de parámetros de diseño deben ser formuladas únicamente por ingenieros o geólogos especializados en suelos y fundaciones o por ingenieros de carreteras familiarizados con los problemas comunes en dichas áreas. Los conceptos de Mecánica de Suelos y de Rocas, y de geomorfología, deben combinarse con un conocimiento de la ingeniería estructural o del pavimento, para lograr una aplicación cabal de los resultados de la exploración de suelos y rocas. Un estudio más detallado que el descrito puede ser necesario antes de que puedan efectuarse recomendaciones para el diseño.

13. INFORME

El informe de investigación de capas por debajo de las superficiales deberá incluir:

- 13.1 Localización del área investigada en términos pertinentes al proyecto. Esto puede incluir esquemas o fotografías aéreas en las cuales se localizan las perforaciones y zonas de muestreo, así como detalles topográficos para la determinación de los diferentes suelos y rocas, tales como, contornos, lechos de corrientes, depresiones, acantilados, etc. En cuando sea posible, inclúyase en el informe un mapa geológico del área investigada.
- 13.2 Copias de los registros de perforaciones y apiques de ensayo y resultados de los ensayos de laboratorio.
- 13.3 Descripción y relación de los datos a que se refieren las Secciones 4, 9 y 10, empleando los mismos subtítulos para los respectivos apartes.

14. PRECISIÓN Y TOLERANCIA

Esta norma provee información cualitativa únicamente; por lo tanto, no son aplicables a la misma los enunciados de precisión y tolerancia.

15. NORMAS DE REFERENCIA

ASTM D 420 – 98



INV E 102-07

DESCRIPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE SUELOS (PROCEDIMIENTO VISUAL Y MANUAL)

I.N.V. E – 102 – 07

1. OBJETO

- 1.1 Esta práctica describe un procedimiento para identificar suelos y se basa en el sistema de clasificación unificada. La identificación se hace mediante un examen visual y mediante ensayos manuales, lo cual debe indicarse claramente al elaborar el respectivo informe.
 - Cuando se requiera una identificación precisa de suelos para usos con fines de Ingeniería, se deberán usar los procedimientos descritos en los sistemas corrientes de clasificación.
 - En esta práctica, la parte de la identificación que asigna un símbolo y un nombre al grupo se limita a las partículas menores de 75 mm (3").
 - La porción del suelo identificable con esta norma está limitada a suelos que se presentan naturalmente, pero puede también usarse como sistema descriptivo de materiales como los esquistos, las arcillolitas, las conchas, la roca triturada, etc.
- 1.2 La información descriptiva de esta norma puede usarse con los demás sistemas de clasificación de suelos o para materiales diferentes a los suelos que se presentan de manera natural.
- 1.3 Esta norma puede incluir materiales, así como operaciones y equipos que ofrecen algún riesgo, pero no pretende dar directrices en relación con los problemas asociados con su empleo, y es responsabilidad de quien la use, consultar y establecer las prácticas apropiadas de seguridad y sanidad, y determinar la aplicabilidad de las mismas. En cuanto a precauciones específicas, éstas pueden leerse más adelante.

2. DEFINICIONES

- 2.1 Para las partículas retenidas en el tamiz de 75 mm (3"), se sugieren las siguientes definiciones:
 - 2.1.1 *Fragmentos* – Partículas de roca que no pasan una malla con abertura cuadrada de 300 mm (12").
 - 2.1.2 *Gujarros* – Partículas de roca que pasan una malla con abertura cuadrada de 300 mm (12") y quedan retenidas en un tamiz de 75 mm (3").
- 2.2 *Grava* – Partículas de roca que pasan un tamiz de 75 mm (3") y quedan retenidas sobre un tamiz de 4.75 mm (No.4) con las siguientes subdivisiones:



- 2.2.1 *Gruesa* – Pasa tamiz de 75 mm (3") y queda retenida sobre tamiz de 19 mm (3/4")
- 2.2.2 *Fina* – Pasan tamiz de 19 mm (3/4") y queda retenida sobre tamiz de 4.75 mm (No.4).
- 2.3 *Arena* – Partículas de roca que pasan un tamiz de 4.75 mm (No.4) y quedan retenidas sobre un tamiz de 75 μ m (No.200) con las subdivisiones siguientes:
- 2.3.1 *Gruesa* – Pasa tamiz de 4.75 mm (No.4) y queda retenida sobre tamiz de 2.00 mm (No.10).
- 2.3.2 *Medía* – Pasa tamiz 2.00 mm (No.10) y queda retenida sobre tamiz de 425 μ m (No.40).
- 2.3.3 *Fina* – Pasa tamiz de 425 μ m (No.40) y queda retenido sobre tamiz de 75 μ m (No.200).
- 2.4 *Arcilla* – Suelo que pasa tamiz de 75 μ m (No.200); el cual puede mostrar la plasticidad (consistencia como de masilla) dentro de un cierto intervalo de humedad, pero que muestra considerable resistencia cuando se seca al aire.
- Para su clasificación, una arcilla es un suelo de grano fino, o la porción fina de un suelo con un índice de plasticidad igual o mayor que 4, para el cual la coordenada que representa el índice plástico contra el límite líquido en la carta de plasticidad cae por encima de la línea "A".
- 2.5 *Limo* – Suelo que pasa tamiz de 75 μ m (No.200), ligeramente plástico o no plástico y que exhibe poca o ninguna resistencia cuando se seca al aire. Para clasificación, un limo es un suelo de grano fino, o la porción fina de un suelo con índice plástico menor que 4 para el cual la coordenada que representa el índice plástico contra el límite líquido cae por debajo de la línea "A", en la carta de plasticidad.
- 2.6 *Arcilla orgánica* – Una arcilla con suficiente contenido orgánico como para influir en las propiedades del suelo. Por clasificación, una arcilla orgánica es un suelo que sería clasificado como arcilla, excepto que el valor de su límite líquido después de secada en el horno es menor que el 75 % de dicho valor antes de secarlo.
- 2.7 *Limo orgánico* – Un limo con suficiente contenido orgánico como para influir en las propiedades del suelo. Por clasificación, un limo orgánico es un suelo que sería clasificado como limo, excepto que su valor de límite líquido después de secarse en el horno es menor que el 75 % de dicho valor antes de secarlo.
- 2.8 *Turba* – Un suelo primordialmente de textura vegetal en estados variables de descomposición, usualmente con olor orgánico, color entre carmelita oscuro y negro, consistencia esponjosa, y contextura que varía desde fibrosa hasta amorfa.



3. RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO

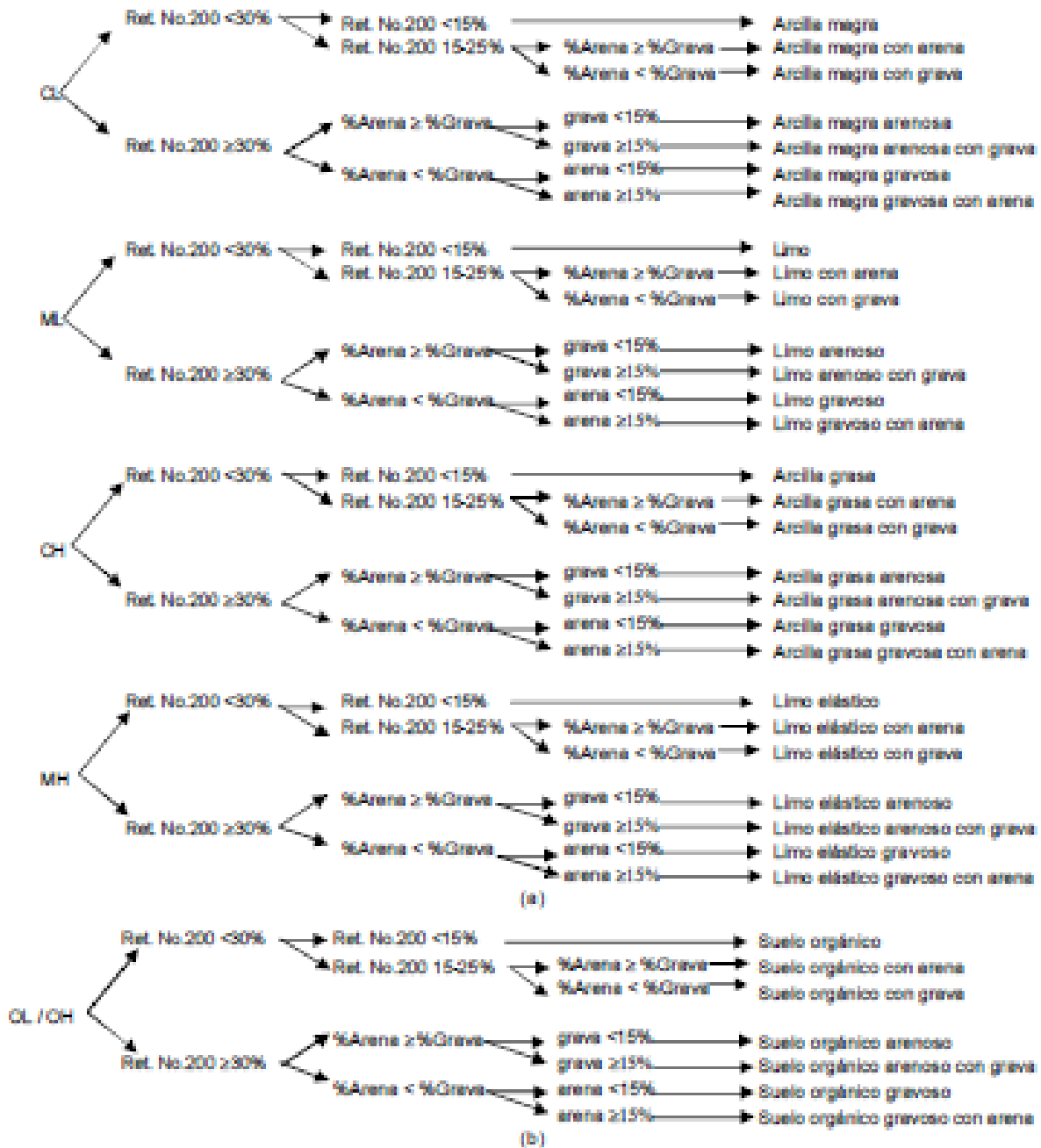
- 3.1 Usando el examen visual y mediante ensayos manuales simples, esta Norma da los criterios para describir e identificar los suelos.
- 3.2 Al suelo puede dársele una identificación asignándole un (os) símbolo (s) de grupo y un nombre. Los diagramas de flujo para suelos de grano fino (Figuras 1a y 1b) y para suelos de grano grueso (Figura 2) se pueden usar para asignar los símbolos de grupo y nombres apropiados. Si el suelo tiene propiedades que no lo colocan claramente dentro de un grupo específico, pueden usarse símbolos "fronterizos".

Es necesario hacer una distinción entre dobles símbolos y símbolos fronterizos.

- 3.2.1 *Doble símbolo* – Un doble símbolo corresponde a dos símbolos separados por un guión, por ejemplo: GP-GM, SW-SC, CL-ML, los cuales se usan para indicar que el suelo tiene propiedades para las cuales se requieren los dos símbolos. Estos se necesitan cuando el suelo tiene finos entre 5 y 12 % o cuando la coordenada del límite líquido y del índice plástico caen en el área CL-ML de la carta de plasticidad.
- 3.2.2 *Símbolo Fronterizo* – Un símbolo fronterizo corresponde a dos símbolos separados por una diagonal, por ejemplo: CL/CH, GM/SM, y deberá usarse para indicar que el suelo que ha sido identificado tiene propiedades que no lo colocan de manera definitiva dentro de ningún grupo específico.

4. USO Y SIGNIFICADO

- 4.1 La información descriptiva proporcionada por esta norma se puede utilizar para describir un suelo y para ayudar en la evaluación de sus propiedades significativas con fines de Ingeniería.
- 4.2 Esta información descriptiva se debe usar para complementar la clasificación del suelo verificada mediante pruebas convencionales de laboratorio.
- 4.3 Esta norma se puede usar para identificar suelos usando símbolos y nombres de grupo.
- 4.4 Esta norma puede usarse no sólo para la identificación de suelos en el campo sino también en el laboratorio, o en cualquier sitio donde las muestras del suelo deban ser inspeccionadas y descritas.
- 4.5 Este procedimiento tiene un valor importante porque permite agrupar muestras de suelos de características similares de tal manera que se necesite sólo un mínimo de ensayos de laboratorio para su clasificación correcta.



NOTA: Los porcentajes son basados en cantidades estimadas de finos, arena y grava, al 5% más cercano

Figura 1. Diagrama de flujo para (a) suelos de grano fino, (b) suelos orgánicos

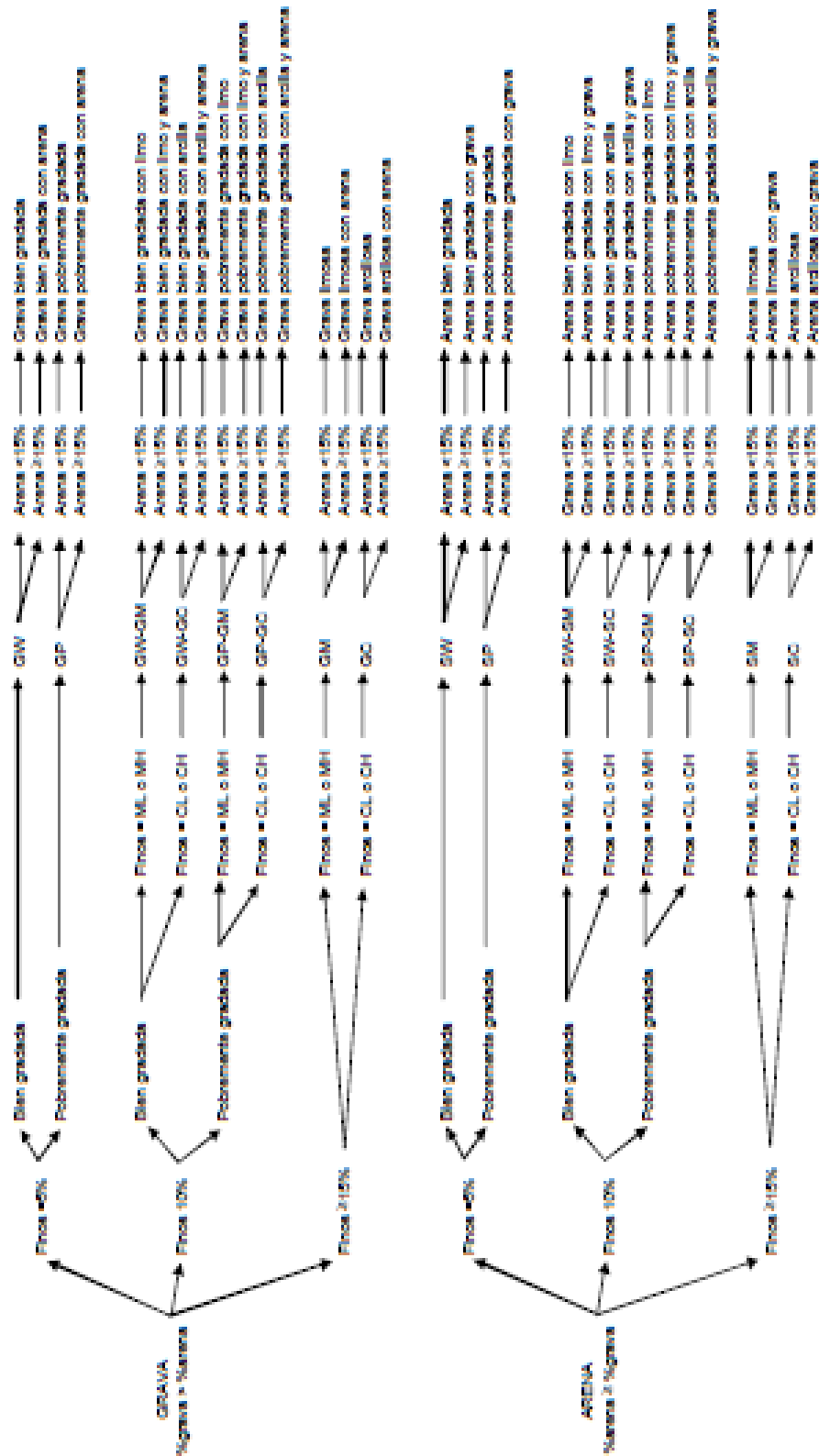


Figura 2. Diagrama de flujo para la identificación de suelo granular grueso (menos del 50% de finos)



La habilidad para identificar suelos correctamente se aprende fácilmente bajo la dirección de personal experimentado, pero también se puede adquirir comparando sistemáticamente resultados numéricos de ensayos de laboratorio sobre suelos típicos de cada clase, con sus características visuales y manuales.

- 4.6 Cuando se describen e identifican muestras de suelo de un apique, una perforación, o grupo de perforaciones o apiques, no es necesario seguir todos los procedimientos de esta Norma para cada muestra. Suelos de características aparentemente similares, pueden agruparse y una muestra completamente descrita e identificada, puede relacionarse entonces con otras similares de manera que sólo se requiera efectuar unos pocos de los ensayos y procedimientos de identificación descritos aquí.

5. EQUIPOS

- 5.1 Navaja de bolsillo o espátula pequeña.
- 5.2 Un pequeño tubo de ensayo con tapón (o jarra con tapa).
- 5.3 Lupas de mano pequeñas.

6. REACTIVOS

- 6.1 *Pureza del agua* – A menos que se indique otra cosa, cuando se hace referencia al agua, deberá darse por entendido que ésta provenga de un acueducto o de una fuente natural, incluida agua que no sea potable.
- 6.2 *Acido clorhídrico* – Una pequeña botella de ácido clorhídrico diluido, HCl, una parte de HCl (10 N) en tres partes de agua destilada (este reactivo es opcional). (Véase la Sección 7).

7. PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

- 7.1 Al preparar la solución diluida de HCl de una parte concentrada de ácido (10 N) en tres partes de agua destilada, se debe agregar el ácido lentamente al agua, tomando las precauciones de seguridad necesarias. La solución deberá manejarse con cuidado y almacenarse con seguridad. Si la solución se pone en contacto con la piel, ésta deberá lavarse perfectamente con agua.
- 7.2 *Precaución* – No se debe agregar agua al ácido.

8. MUESTREO

- 8.1 La muestra deberá ser considerada como representativa de la capa de la cual se obtuvo mediante un procedimiento normalizado y aceptado.



Preferiblemente, los procedimientos de ensayo deberán identificarse como efectuados de acuerdo con las prácticas normales del INV.

- 8.2 Las muestras se deberán identificar cuidadosamente con respecto a su origen.

Las anotaciones concernientes al origen deberán incluir un número para la perforación así como un número para la obra; referirse a un estrato geológico y a un horizonte pedológico, contener una descripción del lugar y relacionar su localización con respecto a una referencia permanente como por ejemplo un sistema de alcantarillado. Deberá asignársele, además, un número de estación con respecto a un eje, así como la profundidad y cota de la cual se obtuvo.

- 8.3 Para su descripción e identificación exacta, la cantidad mínima de la muestra que se debe examinar estará de acuerdo con la siguiente relación:

Tamaño máximo de las partículas (Abertura del tamiz)		Tamaño mínimo de la muestra, peso seco al aire
Normal	Alternativo	
4.75 mm	(No. 4)	100 g
9.76 mm	(3/8")	200 g
19.77 mm	(3/4")	1.0 kg
37.78 mm	(1 1/2")	8.0 kg
75.0 mm	(3")	60.0 kg

Si se encuentran partículas distribuidas al azar y que significativamente sean mayores que las partículas de la matriz del suelo, esta última deberá describirse e identificarse cuidadosamente de acuerdo con la lista precedente.

- 8.4 Cuando la muestra que está siendo examinada sea más pequeña que la cantidad mínima recomendada, el informe deberá incluir una anotación apropiada con respecto a esta situación.

9. INFORMACIÓN DESCRIPTIVA PARA LOS SUELOS

- 9.1 *Angulosidad* – Describir la angulosidad de la arena (únicamente tamaños gruesos), grava, guijarros, y fragmentos, como angulosos, sub-angulosos, sub-redondeados, y redondeados de acuerdo con el criterio de la Tabla 1 y en la Figura 3. Se puede establecer un intervalo de angulosidad, tal como: de sub-redondeados a redondeados.
- 9.2 *Forma* – Describir la forma de la grava, guijarros y fragmentos como plana, alargada, o como plana y alargada si cumple con los criterios de la Tabla 2. De otra manera, no se debe mencionar la forma. Se deberá indicar la fracción de las partículas que tienen determinada forma, por ejemplo un tercio de las partículas de grava son planas.
- 9.3 *Color* – Describir el color. El color es una propiedad importante para la identificación de los suelos orgánicos, y dentro de una región dada puede ser



también útil para identificar materiales de origen geológico similar. Si la muestra contiene capas o parches de colores variables, deberán anotarse y describir los colores que las representan. Se describirá el color para las muestras húmedas. Cuando el color es el de una muestra seca, deberá anotarse esto en el informe.

- 9.4 *Olor* – Describir el olor si es orgánico o poco usual. Suelos que contengan una cantidad significativa de material orgánico generalmente tienen un olor característico de vegetación en putrefacción, el cual se hace más patente en las muestras frescas. Cuando las muestras están secas, a menudo puede revivirse el olor calentando una muestra previamente humedecida. Cuando el olor no es usual (productos de petróleo, químicos y similares), debe describirse.
- 9.5 *Condición de humedad* – Describir la humedad como seca, húmeda o saturada, de acuerdo con los criterios de la Tabla 3.
- 9.6 *Reacción con HCl* – Describir la reacción con HCl como nula, débil o fuerte, de acuerdo con los criterios de la Tabla 4. Puesto que el carbonato de calcio es un agente cementante común, se debe informar de su presencia si la reacción con ácido clorhídrico diluido es importante.
- 9.7 *Consistencia* – Para suelos intactos de grano fino, describir la consistencia como muy blanda, firme, dura, o muy dura, de acuerdo con los criterios de la Tabla 5. Esta observación no es apropiada para suelos con cantidades significativas de grava.
- 9.8 *Cementación* – Describir la cementación de los suelos intactos de grano grueso como débil, moderada o fuerte, de acuerdo con los criterios de la Tabla 6.
- 9.9 *Estructura* – Describir la estructura de los suelos intactos de acuerdo con los criterios de la Tabla 7.
- 9.10 *Rango de los tamaños de las partículas* – Para componentes de grava y arena, describir el rango de los tamaños de las partículas dentro de cada componente como se define en la Sección 2. Por ejemplo, alrededor de 20 % de grava fina a gruesa, alrededor del 40 % de arena de fina a gruesa.
- 9.11 *Tamaño máximo de partícula* – Se describe el tamaño máximo de partícula hallado en la muestra, de acuerdo con la siguiente información:
- 9.11.1 *Tamaño de arena* – Si el tamaño máximo de la partícula es del tamaño de arena, describáse ésta como fina, mediana, o gruesa como se define en la Sección 2. Por ejemplo: el tamaño máximo de la partícula es el de arena media.
- 9.11.2 *Tamaño de grava* – Si el tamaño máximo de la partícula es de la grava, describáse el tamaño máximo como el del tamiz más pequeño que pasará la partícula. Por ejemplo tamaño máximo de la partícula, 37.5 mm (1½"), [pasa el tamiz de 37.5 mm (1½") y queda retenida en el tamiz de 19.0 mm (¾"), de abertura cuadrada].



- 9.11.3 *Tamaños de guijarros o fragmentos.* - Si el tamaño máximo de la partícula es el tamaño de fragmentos o el de guijarros, describase la dimensión máxima de la partícula mayor. Por ejemplo: dimensión máxima 450 mm (18").
- 9.12 *Dureza* - La dureza de la arena gruesa y de las partículas más grandes se deberá describir como de "dura", o establézcase lo que sucede cuando las partículas son golpeadas con un martillo; por ejemplo, las partículas de grava se fracturan con considerable número de golpes de martillo, algunas partículas se desmoronan con un golpe de martillo. "Duras" quiere decir partículas que no se agrietan, fracturan ni desmoronan bajo un golpe de martillo.
- 9.13 *Comentarios adicionales* - Se deben hacer comentarios tales como presencia de raíces o huecos debidos a éstas; dificultad al efectuar la perforación o el barrenado, al hacer la excavación de trincheras o apiques, así como la presencia de mica.
- 9.14 Se deberá agregar al suelo un nombre local comercial o una información geológica, para identificarlo como tal.
- 9.15 Así mismo, se podrá agregar una clasificación e identificación del suelo de acuerdo con otros sistemas que lo identifiquen como tal.

10. IDENTIFICACIÓN DE LA TURBA

Una muestra compuesta principalmente de tejidos vegetales en estados variables de descomposición con una textura, de fibrosa a amorfa, usualmente de color carmelita oscuro a negro, y olor orgánico, deberá designarse como suelo altamente orgánico e identificarse como turba, PT, y no se someterá a los procedimientos de identificación descritos a continuación.

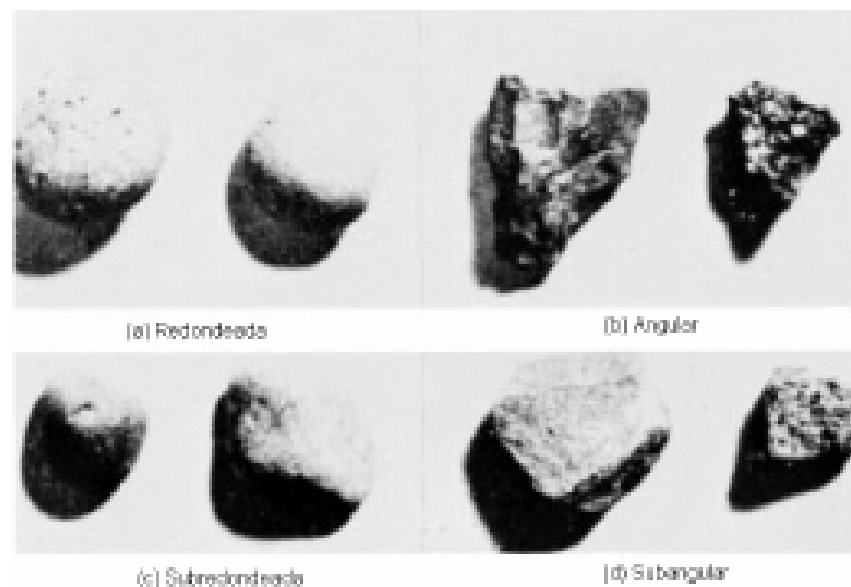


Figura 3. Angularidad típica de grano macizo



11. PREPARACIÓN PARA LA IDENTIFICACIÓN

11.1 La identificación de la parte de suelo que se hace con esta norma, se basa en la porción de la muestra que pasa por el tamiz de 75 mm (3"). Las partículas mayores deben ser removidas manualmente cuando la muestra esté suelta, o mentalmente en el caso de una muestra intacta, antes de clasificar el suelo.

11.2 Se estima y anota el porcentaje de guijarros y el de fragmentos. Al efectuar estos estimativos visuales, se harán sobre la base de porcentajes en volumen.

Puesto que los porcentajes en el análisis granulométrico son dados en relación con los pesos secos y los estimativos de los porcentajes para gravas, arenas y finos en esta norma lo son por peso seco, es recomendable que el informe establezca que los porcentajes de fragmentos y guijarros son por volumen.

11.3 De la muestra de suelo menor que 75 mm (3"), se estima y anota el porcentaje en peso seco de la grava, arena y finos.

11.3.1 Puesto que la composición granulométrica se hace visualmente con base en el volumen, se necesita considerable experiencia para estimar dichos porcentajes con base en el peso seco y se deberán hacer comparaciones frecuentes con análisis efectuados en el laboratorio.

11.3.2 Los porcentajes se estimarán con aproximación del 5 %. La suma de los porcentajes de grava, arena y finos deberá dar 100 %.

11.3.3 Si uno de los componentes se halla presente pero no en cantidad suficiente como para considerar el 5 % de la fracción que pasa el tamiz de 75 mm (3"), indíquese su presencia con el término "trazas"; por ejemplo: trazas de finos. Una traza no se debe considerar en el total del 100 % para los componentes.

12. IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR

12.1 El suelo es de *grano fino*, si contiene 50 % o más de finos. Se debe seguir el procedimiento para identificación de suelos de grano fino de la Sección 13.

12.2 El suelo es de *grano grueso*, si contiene menos del 50 % de granos finos. Se debe seguir el procedimiento para identificar suelos gruesos de la Sección 14.

13. PROCEDIMIENTO PARA IDENTIFICAR LOS SUELOS DE GRANO FINO

13.1 Escoger una muestra representativa del material que se va a examinar. Remuévanse las partículas mayores que el tamiz de 425 μm (No.40) (arena mediana y más gruesa), hasta disponer de una muestra equivalente a una manotada de material. Esta muestra se usa para realizar las pruebas de resistencia seca, dilatancia y tenacidad o dureza.

13.2 *Resistencia seca:*



- 13.2.1 Se escoge de la muestra material suficiente para moldear una esfera de alrededor de 25 mm (1") de diámetro, moldeándola hasta que tenga la consistencia de una masilla, agregando agua si fuere necesario.
- 13.2.2 Del material moldeado, se elaboran al menos 3 especímenes. Un espécimen para el ensayo consistirá en una esfera de material de 12.5 mm (3/4") de diámetro aproximadamente. Permitase que los especímenes de ensayo se sequen al aire, al sol o por medios artificiales, siempre que la temperatura no exceda de 60° C (140° F).
- 13.2.3 Si la muestra contiene terrones naturales secos de alrededor de 12.5 mm (3/4") de diámetro, pueden usarse éstos en lugar de las esferas moldeadas.
- 13.2.4 El proceso de moldeo y secado generalmente produce resistencias mayores que las halladas en terrones naturales secos.
- 13.2.5 Se ensaya la resistencia de las bolitas o los terrones apretándolos entre los dedos. Se anota su resistencia como nula, baja, mediana, alta, o muy alta, de acuerdo con los criterios de la Tabla 8. Si se usan terrones naturales secos, se deben desechar los resultados de los que contengan partículas de arena gruesa.
- 13.2.6 La presencia de materiales cementantes de alta resistencia que son solubles en agua, como el carbonato de calcio, puede causar resistencias secas excepcionalmente altas. La presencia de este carbonato se puede detectar, generalmente, por la intensidad de la reacción con el ácido clorhídrico diluido (ver Sección 9.6).

13.3 *Dilatancia*

- 13.3.1 Se escoge suficiente material para moldear una esfera de aproximadamente 12.5 mm (3/4"), de diámetro, se moldea y agrega agua, si fuere necesario, hasta que el suelo adquiera consistencia blanda pero no pegajosa.
- 13.3.2 Con una navaja o una pequeña espátula se aplana la esfera de suelo así formada en la palma de una de las manos; se agita horizontalmente golpeándola contra la otra mano varias veces. Nótese la reacción cuando aparezca el agua en la superficie del suelo, el cual mostrará una consistencia gelatinosa y de aspecto brillante. Se exprime la muestra cerrando la mano o apretándola entre los dedos y se anota la reacción como nula, lenta, o rápida de acuerdo con los criterios de la Tabla 9. La reacción es la velocidad con la cual aparece el agua mientras se sacude y desaparece cuando se aprieta.

13.4 *Tenacidad*

- 13.4.1 Después del examen de dilatancia la muestra se conformará en una pastilla alargada y se enrollará con la mano sobre una superficie lisa o entre las palmas de las manos hasta formar rollos de cerca de 3 mm (1/8") de diámetro. (Si la muestra está muy húmeda para hacer fácilmente los rollos, se extiende en una capa delgada para que pierda agua por evaporación). Se desharán luego los rollitos formados y se volverán a enrollar repetidamente hasta que se



desmoronen a un diámetro de 3 mm (1/8"). Cuando el rollo se desmorona a este diámetro, el suelo está cerca del límite plástico. Se anotará la presión requerida para formar los rollitos cerca del límite plástico así como su resistencia. Después de que el rollito se desmorone, deberán juntarse los terroncitos que quedan y amasarlos hasta que se desmoronen y se anotará entonces la tenacidad del material durante el amasado.

13.4.2 Describir la tenacidad de terrones y rollitos como baja, mediana o alta, de acuerdo con los criterios de la Tabla 10.

13.5 *Plasticidad*

Con base en las observaciones hechas durante el ensayo de tenacidad, la plasticidad del material se debe describir según los criterios dados en la Tabla 11.

13.6 Se deberá decidir si el suelo es inorgánico u orgánico de grano fino (ver Sección 13.8); si fuere inorgánico, se seguirán los pasos dados en la Sección 13.7.

13.7 *Identificación de los suelos inorgánicos de grano fino:*

13.7.1 Identificar el suelo como arcilla magra CL, cuando tiene resistencia seca de mediana a alta, ninguna o poca dilatancia, y tenacidad y plasticidad medianas (ver Tabla 12).

13.7.2 Identificarlo como arcilla grasa, CH, cuando el suelo tiene resistencia en seco entre elevada y muy alta, ninguna dilatancia, y tenacidad y plasticidad altas (ver Tabla 12).

13.7.3 Identificar el suelo como un limo, ML, cuando tiene baja omula resistencia seca, dilatancia de lenta a rápida, y tenacidad y plasticidad bajas ó si fuera no plástico (ver Tabla 12).

13.7.4 Identificar el suelo como un limo elástico, MH, cuando tiene resistencia en seco de baja a mediana, dilatancia de nula a lenta, y tenacidad y plasticidad de baja a media (ver Tabla 12)

Estas propiedades son similares a las de una arcilla magra; sin embargo, el limo se secará rápidamente en la mano y dará sensación de mucha suavidad cuando está seco.

Algunos suelos que se clasificarían como MH son difícilmente distinguibles de la arcilla magra y pueden requerirse, entonces, ensayos de laboratorio para su identificación adecuada.

13.8 *Identificación de suelos orgánicos de grano fino:*

13.8.1 Se identificará el suelo como orgánico OL/OH, cuando contiene suficientes partículas orgánicas como para que influyan sobre las propiedades del mismo. Los suelos orgánicos generalmente tienen color de carmelita oscuro a negro y



pueden tener olor orgánico. A menudo los suelos orgánicos cambian de color, por ejemplo de negro a carmelita cuando se exponen al aire. Algunos suelos orgánicos aclaran notablemente su color cuando se secan al aire. Los suelos orgánicos no tendrán tenacidad ni plasticidad alta y los rollitos para el ensayo de tenacidad serán esponjosos.

- 13.8.2 En algunos casos, con práctica y experiencia, puede ser posible identificar más ampliamente suelos orgánicos como limos o como arcillas orgánicas, OL, u OH, y pueden correlacionarse la dilatancia, la resistencia seca y la tenacidad con los ensayos de laboratorio, para identificarlos en algunos depósitos de materiales de origen geológico conocido.
- 13.8.3 Si se estima que el suelo tiene 15 a 25% de arena o grava, o ambas, la palabra "con arena" o "con grava" (la que sea más predominante) debe ser adicionada al nombre del grupo. Por ejemplo: "arcilla pobre con arena, CL" o "limo con grava, ML" (ver Figura 1a y 1b). Si el porcentaje de arena es igual al porcentaje de grava, use "con arena".
- 13.8.4 Si se estima que el suelo tiene 30% o más de arena o grava, o ambas, la palabra "arenoso" o "gravoso" debe ser adicionada al nombre del grupo. Adicionar la palabra "arenoso" si tiene más arena que grava; adicionar la palabra "gravoso" si tiene más grava que arena. Por ejemplo: "arcilla pobre arenosa, CL", "arcilla grasa gravosa, CH" o "limo arenoso, ML" (ver Figura 1a y 1b). Si el porcentaje de arena es igual al porcentaje de grava, use "arenoso".

14. PROCEDIMIENTO PARA IDENTIFICAR SUELOS DE GRANO GRUESO (Contenido menor de 50 % en finos)

- 14.1 El suelo es grava si se estima que el porcentaje de grava es mayor que el de arena.
- 14.2 El suelo es arena si se estima que el porcentaje de grava es igual o menor que el de arena.
- 14.3 El suelo es grava limpia o arena limpia cuando se estima que el porcentaje de finos es de 5 % o menos.
 - 14.3.1 Se identifica el suelo como grava bien gradada, GW, o como arena bien gradada, SW, si tiene partículas dentro de un intervalo amplio de tamaños y si posee igualmente cantidades sustanciales en los tamaños intermedios.
 - 14.3.2 Se identifica el suelo como grava pobremente gradada, GP o arena pobremente gradada, SP, si tiene predominantemente un solo tamaño (uniformemente gradado), o si posee un amplio margen de tamaños con faltantes en los grados intermedios (gradación con saltos y vacíos).
- 14.4 El suelo puede ser una grava con finos o una arena con finos, si se estima que el porcentaje de éstos es del 15 % o mayor.



- 14.4.1 Se identifica el suelo como una grava arcillosa, GC, ó una arena arcillosa, SC, si los finos son arcillosos cuando se determinan mediante los procedimientos de la Sección 13.
- 14.4.2 Se identifica el suelo como grava limosa, GM, o arena limosa, SM, si los finos son limosos, cuando se determinan mediante los procedimientos de la Sección 13.
- 14.5 Si se estima que el suelo contiene del orden de 10 % de finos, désele al suelo una identificación doble mediante dos símbolos para el grupo.

El primer símbolo del grupo deberá corresponder a grava o arena limpia (GW, GP, SW, SP) y el segundo a grava o arena con finos (GC, GM, SC, SM). El nombre deberá corresponder al del primer símbolo del grupo más las palabras "con arcilla" ó "con arena", para indicar el carácter plástico de los finos. Por ejemplo: grava bien gradada con arcilla, GW-GC o arena pobremente gradada con limo SP-SM.

- 14.6 Si la muestra fuera predominantemente arena o grava pero se estima que contiene 15 % o más de otros constituyentes de materiales de grano grueso, las palabras "con grava" ó "con arena" deberán ser agregadas al nombre del grupo. Por ejemplo: "grava pobremente gradada con arena GP" ó "arena pobremente gradada con grava, SP".
- 14.7 Si la muestra de campo contiene fragmentos o guijarros, las palabras "con guijarros" ó "con guijarros y fragmentos" deberán ser agregadas al nombre del grupo por ejemplo: "grava limosa GM, con fragmentos".

5. INFORME

- 15.1 El informe deberá incluir la información en cuanto al origen y a los ítems indicados en la Tabla 13.
 - 15.1.1 Ejemplo: grava arcillosa con arena y guijarros, GC: Grava de sub-redondeada a angulosa con 50 % de fina a gruesa; arena sub-redondeada con alrededor del 30 % de fina a gruesa; alrededor del 20 % de finos con plasticidad mediana, elevada resistencia en seco, dilatancia nula, tenacidad mediana; reacción débil al HCl; la muestra original del terreno contenía alrededor de 5 % (en volumen) de guijarros sub-redondeados, dimensión máxima, 150 mm.
 - 15.1.2 Condiciones en el sitio: firme, seca, homogénea, carmelita. Interpretación geológica: abanico aluvial.
 - 15.1.3 Si se desea, los porcentajes de grava, arena y finos pueden establecerse en términos que indiquen intervalos de porcentajes, en la siguiente forma:



Trazas	Partículas presentes pero en cantidad inferior a 5 %
Pocas	5 a 10%
Pequeñas	15 a 25%
Algunas	30 a 45%
Abundantes	50 a 100%

- 15.2 Si en la descripción ha sido identificado el suelo mediante un símbolo y un nombre para el grupo, se debe distinguir y establecer claramente en los gráficos, tablas resumen, informes, y demás, que los símbolos y nombres se basan en los procedimientos para la clasificación manual y visual.

16. PRECISIÓN Y TOLERANCIAS

Esta norma provee información cualitativa únicamente; por lo tanto, no son aplicables a la misma los enunciados de precisión y tolerancia.

17. NORMAS DE REFERENCIA

ASTM D 2488 – 00



Tabla 1. Angulosidad de las partículas gruesas

Descripción	Criterios
Angulosa	: Partículas con bordes agudos y caras relativamente planas con superficies sin pulimentar.
Sub-angulosa	: Partículas similares a las angulosas pero con bordes algo redondeados.
Sub-redondeado	: Partículas con casi todas las caras planas pero con esquinas y bordes redondeados.
Redondeado	: Partículas con lados curvados suavemente y sin bordes.

Tabla 2. Forma de las partículas

La longitud es la dimensión mayor, el ancho es la dimensión intermedia; espesor es la dimensión menor.

Planas	: Cuando ancho/espesor >3
Alargadas	: Cuando longitud/ancho >3
Planas y alargadas	: Cuando se cumplen las dos condiciones de Planas y Alargadas.

Tabla 3. Condiciones de humedad

Descripción	Criterios
Seca	: Ausencia de humedad, polvorosa, seca al tacto.
Húmeda	: Húmeda, pero sin agua visible.
Saturada	: Generalmente cuando el suelo está bajo el nivel freático - Agua visible.

Tabla 4. Reacción al HCL

Descripción	Criterios
Nula	= Sin reacción visible.
Débil	= Reacción ligera, se forman burbujas lentamente.
Fuerte	= Reacción violenta, se forman burbujas de inmediato.



Tabla 5. Criterios para describir la consistencia

Descripción	Criterios
Muy blanda	= El dedo pulgar penetra en el suelo más de 25 mm.
Blanda	= El dedo pulgar penetra en el suelo aproximadamente 25 mm.
Firme	= El dedo pulgar hace mella de 6 mm.
Dura	= El dedo pulgar no hace mella en el suelo; pero si lo penetra su uña.
Muy dura	= La uña del pulgar no hace mella en el suelo.

Tabla 6. Criterios para describir la cementación

Descripción	Criterios
Débil	= Se desmorona o rompe al tocar o con poca presión de los dedos.
Moderada	= Se desmorona o rompe con considerable presión de los dedos.
Fuerte	= No se desmorona ni se rompe con la presión de los dedos.

Tabla 7. Criterios para describir la estructura

Descripción	Criterios
Estratificada	= Capas alternadas variables de material o color, con espesor de por lo menos 6 mm, los cuales deben anotarse.
Laminada	= Capas alternadas variables de material o color, con espesores menores de 6 mm, los cuales deben anotarse.
Fisurada	= Rompimiento según planos definidos de fractura con poca resistencia a ésta.
Lisa	= Planos de fractura lisos o lustrosos; algunas veces estriados.
En bloques	= Suelo cohesivo que puede romperse en pequeños terrones angulosos resistentes a un rompimiento adicional.
Lenticular	= Inclusión de pequeñas bolsas de diferentes suelos; tales como pequeños cristales de arena esparcidos en una masa de arcilla; anótese el espesor.
Homogénea	= Apariencia y color uniforme.



Tabla 8. Criterios para describir la resistencia en seco

Descripción		Criterios
Nula	=	La muestra seca se desmorona a la simple manipulación.
Baja	=	La muestra seca se desmorona hasta pulverizarse con ligera presión de los dedos.
Mediana	=	La muestra seca se rompe en fragmentos o se desmorona con presión considerable de los dedos.
Alta	=	No podrá romperse la muestra seca con la presión de los dedos, pero se romperá en fragmentos al aprisionarla con el pulgar sobre una superficie dura.
Muy alta	=	No podrá romperse la muestra seca al aprisionarla con el pulgar sobre una superficie dura.

Tabla 9. Criterios para describir la dilatación

Descripción		Criterios
Nula	=	No hay cambio visible en la muestra.
Lenta	=	El agua aparece lentamente en la superficie del espécimen durante su sacudimiento y no desaparece o desaparece lentamente al apretarlo.
Rápida	=	El agua aparece rápidamente sobre la superficie de la muestra mientras se la sacude y desaparece rápidamente al apretarla.

Tabla 10. Criterios para describir la tenacidad

Descripción		Criterios
Baja	=	Sólo se necesita ligera presión para formar rollitos cerca del límite plástico. Los rollitos y los terrones son débiles y blandos.
Mediana	=	Se necesita presión mediana para formar "rollitos" cerca del límite plástico. Los rollitos y los terrones tienen mediana tenacidad.
Alta	=	Se requiere considerable presión para formar "rollitos" cerca del límite plástico. Los rollitos y los terrones tienen muy alta tenacidad.



Tabla 11. Criterios para describir la plasticidad

Descripción		Criterios
No plástico	=	No pueden formarse rollos de 3 mm con ningún contenido de humedad.
Baja	=	Difícilmente pueden formarse rollitos y terrones cuando está más seco que el límite plástico.
Media	=	Es fácil de formar el rollito y pronto alcanza el límite plástico. No puede volverse a enrollar la misma muestra después de que alcanza el límite plástico. Los terrones se desmoronan cuando se secan por debajo del límite plástico.
Alta	=	Toma considerable tiempo formar rollos y remoldearlos para alcanzar el límite plástico, pero puede volverse a enrollar varias veces la misma muestra después de alcanzar el límite plástico. Pueden formarse terrones sin que se desmoronen cuando están más secos que el límite plástico.

Tabla 12. Identificación de suelos inorgánicos de grano fino mediante ensayos manuales

Símbolo del Suelo	Resistencia Seca	Dilatancia	Tenacidad
ML	Nula a baja	Lenta a Rápida	Baja o no pueden formarse rollitos
CL	Media a Alta	Nula a Lenta	Media
MH	Baja a Media	Nula a Lenta	Baja a Media
CH	Alta a muy alta	Nula	Alta



Tabla 13. Lista de comprobación para la descripción de los suelos

1.	Nombre del grupo.
2.	Símbolo del grupo.
3.	Porcentaje de fragmentos o guijarros, o ambos.
4.	Porcentaje de grava, arena o finos, o los tres (peso seco).
5.	Rango del tamaño de partículas Grava-fina gruesa. Arena-fina, media, gruesa.
6.	Angulosidad de la partícula: angulosa, sub-angulosa, sub-redondeada, redondeada.
7.	Forma de la partícula (si corresponde): plana, alargada, plana y alargada.
8.	Tamaño o dimensión mayor de la partícula.
9.	Dureza de la arena gruesa y de las partículas más gruesas.
10.	Plasticidad de los finos: no plásticos, baja, media, alta.
11.	Resistencia seca: nula, baja, media, alta y muy alta.
12.	Dilatancia: nula, lenta, rápida.
13.	Tenacidad: baja, media, alta.
14.	Color (en estado húmedo).
15.	Olor (mencionarlo solamente si fuera orgánico o inusual).
16.	Humedad: seca, húmeda, saturada.
17.	Reacción con HCl: nula, débil, fuerte. Para muestras inalteradas:
18.	Consistencia (únicamente para suelos finos): muy blanda, blanda, firme, dura, muy dura.
19.	Estructura: estratificada, laminada, lisa, en bloques, lenticular, homogénea.
20.	Cementación: débil, moderada, fuerte.
21.	Nombre del sitio.
22.	Descripción e interpretación geológica.
23.	Comentarios adicionales: presencia de raíces o de huesos de raíces; presencia de mica, yeso, etc.; recubrimientos superficiales de las partículas de los agregados gruesos, formación de cavernas o de costras en los hoyos de barrenos o en las paredes de apiques o trincheras; dificultad al barrenar o al excavar, etc.



INV E 103-07

CONSERVACIÓN Y TRANSPORTE DE MUESTRAS DE SUELOS

I.N.V. E – 103 – 07

1. OBJETO

- 1.1 Esta norma establece métodos para la conservación de las muestras inmediatamente después de obtenidas en el terreno, así como para su transporte y manejo.
- 1.2 Puede implicar, igualmente, el manejo y transporte de muestras de suelos contaminadas con materiales que ofrecen riesgo y de muestras que pueden estar sometidas a cuarentena.
- 1.3 Este método no pretende dar directrices sobre aspectos de seguridad, si existen, asociados con su uso. Es responsabilidad de quien lo emplee, el establecer las medidas de seguridad y salubridad apropiadas y de determinar la aplicación de las limitaciones regulatorias antes de su empleo.

2. RESUMEN DE LOS MÉTODOS

- 2.1 Los diferentes métodos se distribuyen en cuatro grupos, así:
 - 2.1.1 *Grupo A* – Muestras para las cuales se requiere únicamente identificación visual.
 - 2.1.2 *Grupo B* – Muestras para las cuales se necesitan únicamente ensayos de contenidos de humedad y clasificación; proctor y densidad relativa; o el perfil de la perforación; y muestras en bruto que serán remoldeadas o compactadas en especímenes para someterlas a ensayos de presión y porcentaje de expansión, consolidación, permeabilidad, resistencia al corte, CBR, estabilómetro, etc.
 - 2.1.3 *Grupo C* – Muestras intactas, formadas naturalmente o preparadas en el campo para determinaciones de peso unitario; o para presión y porcentaje de expansión, consolidación, ensayos de permeabilidad y de resistencia al corte, con y sin medidas de esfuerzo-deformación y de cambios de volumen, hasta incluir ensayos dinámicos y cíclicos.
 - 2.1.4 *Grupo D* – Muestras frágiles o altamente sensibles, para las cuales se requieren los ensayos del Grupo C.
- 2.2 El método de conservación y transporte de muestras de suelos, que se vaya a emplear, deberá fijarse en las especificaciones del proyecto o definirse por parte de la entidad responsable.



3. USO Y SIGNIFICADO

- 3.1 El empleo de los diferentes métodos descritos en esta norma, depende del tipo de muestras obtenidas, del tipo de ensayo y de las propiedades de ingeniería requeridas, de la fragilidad y sensibilidad del suelo, y de las condiciones climáticas. En todos los casos, el propósito primordial es el de preservar las condiciones propias de cada muestra.
- 3.2 Los métodos aquí descritos fueron inicialmente desarrollados para muestras de suelo que se han de ensayar para obtener las propiedades de ingeniería; sin embargo, ellos también pueden aplicarse a muestras de suelo o de otros materiales, para otros fines.

4. EQUIPO Y MATERIALES

El tipo de materiales y de recipientes requeridos, depende de las condiciones y requerimientos enunciados para los grupos A a D de la Sección 2 y también del clima, del medio de transporte y de la distancia. (Ver los casos de las Figuras 1 a 5).

- 4.1 Parafina para sellado, puede ser: parafina, cera microcristalina, cera de abejas, cerasina, carnauba, o una combinación de las mismas.
- 4.2 Discos de metal, de alrededor de 2 mm (1/16") de espesor y con un diámetro ligeramente menor que el diámetro interno del tubo, muestreador o anillo, y para utilizarlos conjuntamente con parafina, tapas y cinta, o ambos.
- 4.3 Discos de madera, encerados previamente, de 25 mm (1") de espesor y con un diámetro ligeramente menor que el diámetro interior del muestreador o del tubo.
- 4.4 Cinta, ya sea plástica a prueba de agua, adhesiva de fricción, o de pegar tubos.
- 4.5 Estopa de algodón, para emplear con parafina en capas alternadas.
- 4.6 Tapas, ya sean plásticas, de caucho o de metal, para colocar en los extremos de los tubos de pared delgada, muestreadores con anillos, junto con cinta o parafina.
- 4.7 Empaquetaduras para sellar los extremos de la muestra, dentro de los tubos de pared delgada con un anillo que se expande mecánicamente contra sus paredes.

Nota 1.-Se prefieren tapas de plástico dilatables. Las tapas dilatables metálicas sellan igualmente bien; sin embargo, en almacenamientos a largo plazo, pueden causar problemas de corrosión.
- 4.8 Frascos, de boca ancha, con tapa y anillo de caucho o tapa con un papel sellante, y de un tamaño adecuado para recibir confortablemente la muestra, comúnmente de 250ml, 500ml, y 1000ml.



- 4.9 Bolsas, ya sean plásticas, de fique, fibra, lona, etc.
 - 4.10 Empaque. Material para proteger contra vibraciones y choques.
 - 4.11 Aislamiento, ya sea polietileno expandido, burbujas plásticas o del tipo de espuma, que resista cambios de temperatura perjudiciales para el suelo.
 - 4.12 Cajas para el transporte de muestras, de forma cúbica, y elaboradas con tablas de 13 a 19 mm ($\frac{1}{2}$ " a $\frac{3}{4}$ " de espesor.
 - 4.13 Recipientes cilíndricos o de dimensiones un poco mayores que las de los tubos de pared delgada.
 - 4.14 Guacales o cajas para transporte, de construcción apropiada para protección contra choques y vibraciones.
- Nota 2* Deben observarse las limitaciones de longitud, embalaje y peso para el transporte comercial.
- 4.15 Material para la identificación. Incluye los elementos necesarios, tales como rótulos y marcadores para identificar adecuadamente la (s) muestra (s).

5. PRECAUCIONES

- 5.1 La preservación y el transporte de muestras de suelos puede implicar el contacto con materiales, equipos, u operación, que conllevan algún riesgo. Es de responsabilidad de quien utilice esta norma, consultar y establecer medidas de seguridad y sanidad apropiadas y determinar la posibilidad de aplicar limitaciones reglamentarias antes de su empleo.
- 5.2 Instrucciones especiales, descripciones, y marcas en las cajas, deben incluirse en cualquier muestra que pueda contener materiales radioactivos, tóxicos o contaminantes.

6. PROCEDIMIENTO

- 6.1 Para todas las muestras.- Identifiquense apropiadamente las muestras con membretes, rótulos y marcas, antes de transportarlas, en la siguiente forma:
 - a) Nombre o número de la obra, o ambos.
 - b) Fecha del muestreo.
 - c) Número y localización de la muestra y de la perforación.
 - d) Profundidad o cota, o ambas.
 - e) Orientación de la muestra.



- f) Instrucciones para transporte especial o manejo en el laboratorio, o ambas, incluyendo la forma como debe quedar colocada la muestra y
- g) Datos del ensayo de penetración (norma INV E- 111), si son aplicables.
- h) Las muestras subdivididas deben ser identificadas mientras mantengan asociación con la muestra original.
- i) Registro de identificación de la muestra, si se requiere.

6.2 Grupo A

Se transportan muestras en cualquier clase de recipiente mediante cualquier medio de transporte disponible. Si se transportan comercialmente, el recipiente sólo necesita cumplir con las exigencias mínimas de la agencia transportadora y con los restantes requisitos para asegurarse contra la pérdida de la muestra.

6.3 Grupo B

6.3.1 Estas muestras deberán conservarse y transportarse en recipientes o empaques sellados a prueba de humedad, todos los cuales deberán ser de espesor y resistencia suficientes para evitar su rotura. Los recipientes o empaques pueden ser bolsas plásticas, frascos de vidrio o de plástico (suponiendo que sean a prueba de agua), tubos de pared delgada, y anillos. Las muestras cúbicas y cilíndricas pueden envolverse en membranas plásticas adecuadas, en papel de aluminio, o ambas (Véase Nota 3) y cubrirse con varias capas de parafina, o sellarse con varias capas de estopa y parafina.

6.3.2 Estas muestras pueden enviarse mediante cualquier medio disponible de transporte. Pueden remitirse como fueron preparadas o colocarse en recipientes más grandes, como costales, cajas de cartón o de madera, o canecas.

Nota 3- Algunos suelos pueden perforar el papel de aluminio, debido a corrosión. En tales casos, evitese entonces el contacto directo.

6.3.3 *Bolsas plásticas* – Las bolsas plásticas deberán colocarse tan ajustadamente como sea posible alrededor de la muestra, expulsando todo el aire posible. El plástico deberá ser de 0.003" o más grueso, para evitar escapes.

6.3.4 *Fracos de vidrio o de plástico* – Si las tapas de los frascos no están selladas con anillos de caucho o con papel parafinado, deberán sellarse con parafina o con cinta aislante.

6.3.5 *Tubos de pared delgada:*

- a) *Empaques ensanchables* – El método más utilizado para sellar los extremos de las muestras dentro de los tubos es con empaques plásticos que pueden dilatarse.



- b) *Discos parafinados* – Para un sellamiento a corto plazo, la parafina es aceptable; a largo plazo (más de 3 días), se deben emplear ceras microcristalinas o combinadas con 15% de cera de abejas o resinas para una mejor adherencia a la pared del tubo y para reducir la contracción. Varias capas delgadas de parafina son mejores que una capa gruesa. El espesor final deberá ser de 10 mm (0.4”).
- c) *Tapas de los extremos* – Las tapas en los extremos de metal, caucho o de plástico, deberán sellarse con cinta. Para almacenamiento a largo plazo (más de 3 días), deberán también parafinarse, aplicando dos o más capas.
- d) *Estopa de algodón y parafina* – Capas alternadas (un mínimo de dos de cada una) de estopa y parafina, pueden emplearse para sellar cada extremo del tubo y para estabilizar la muestra.

Nota 4.- Cuando sea necesario, deberán colocarse separadores o material adecuado de empaque, o ambos, antes de sellar los extremos del tubo, para proporcionar el confinamiento debido.

6.3.6 *Alineadores o camisas delgadas de anillos:* Véanse los literales c) y d) anteriores.

6.3.7 *Muestras expuestas :*

- a) Las muestras cilíndricas, cúbicas u otras muestras envueltas en plástico, como polietileno y polipropileno u hojas delgadas de papel de estaño o aluminio, etc., deberán protegerse posteriormente con un mínimo de tres capas de parafina.
- b) Las muestras cilíndricas y cubos envueltos en estopa y parafina, deberán sellarse con un mínimo de tres capas de cada una, colocadas alternadamente.
- c) Las muestras en cajas de cartón deben empacarse en tal forma, que la parafina pueda vaciarse completamente alrededor de la muestra. Generalmente, deberán envolverse las muestras en plástico o en papel de estaño o de aluminio, antes de parafinarse.

6.4 *Grupo C*

6.4.1 Estas muestras deben preservarse y sellarse en empaques como se indica en la Sección 6.3. Adicionalmente, deberán protegerse contra choques, vibraciones y extremo calor o frío.

6.4.2 Las muestras transportadas por el personal encargado del muestreo o del laboratorio en los asientos de un vehículo automotor, necesitan ser colocadas solamente en cajas de cartón o en empaques similares, dentro de los cuales las muestras selladas encajen ajustadamente, evitando golpes, volcamientos, caídas, etc.

6.4.3 Para los demás métodos de transporte de las muestras, incluyendo buses, servicios de encomienda, camiones, barco, avión, etc., será necesario colocar



las muestras selladas en cajas de madera, de metal, o de otro tipo adecuado, que proporcionen amortiguación o aislamiento. Se debe evitar el envío de muestras a través de agencias cuyo manejo de recipientes resulte poco confiable.

- 6.4.4 El material de amortiguación (aserrín, caucho, polietileno, espuma de uretano, o material de resiliencia similar) deberá cubrir completamente cada muestra. La amortiguación entre las muestras y las paredes de las cajas deberán tener un espesor mínimo de 25 mm (1"). Un espesor mínimo de 50 mm (2") deberá proporcionarse sobre el piso de la caja.
- 6.4.5 Cuando sea necesario, las muestras deberán remitirse en la misma posición como fueron tomadas. Por otra parte, se pueden requerir condiciones especiales, tales como congelación, drenaje controlado o confinamiento suficiente, o una combinación de éstas, para mantener la integridad de las muestras.
- 6.5 *Grupo D*
- 6.5.1 Deberán cumplir los requerimientos del Grupo C, más los siguientes:
- 6.5.2 Las muestras deberán manejarse manteniendo la misma orientación con que fueron muestreadas, inclusive durante el transporte, mediante marcas adecuadas sobre la caja de embarque.
- 6.5.3 Para todos los medios de transporte privado o comercial, el cargue, transporte y descargue de las cajas, deberán supervisarse en cuanto sea posible por una persona calificada. (ingeniero de suelos, inspector, laboratorista o persona designada por el director de proyecto).
- 6.6 Cajas para empaque. - Véanse las Figuras 1 a 5 para cajas típicas; la Figura 3 se refiere a canecas metálicas. Las siguientes características deben incluirse en el diseño de la caja de empaque para los grupos C y D.
- 6.6.1 Debe ser reutilizable.
- 6.6.2 Debe estar construida en tal forma que la muestra se pueda conservar, en todo momento, en la misma posición que cuando se hizo el muestreo.
- 6.6.3 Deberá incluirse suficiente material de empaque para amortiguar y/o aislar los tubos de los efectos adversos de vibración y choque.
- 6.6.4 Deberá incluirse suficiente material aislante para evitar excesivos cambios de temperatura.
- 6.6.5 Cajas de madera:
- 6.6.6 Es preferible la madera al metal. Puede emplearse lámina exterior que tenga un espesor de 13 a 19 mm ($\frac{1}{2}$ " a $\frac{3}{4}$ "). La tapa deberá ir abisagrada y cerrada con aldaba, y asegurada con tornillos.



- 6.6.7 Los requerimientos de amortiguación se dan en la Sección 6.4.
- 6.6.8 Para protección contra variaciones excesivas de temperatura, toda la caja deberá forrarse con un aislamiento de espesor mínimo de 50 mm (2").
- 6.6.9 *Cajas metálicas para embarque* – Las cajas metálicas para embarque deberán tener incorporado material de amortiguación y aislante. Alternativamente, el efecto de amortiguación podrá lograrse con un sistema de suspensión de resorte o mediante cualquier otro medio que proporcione protección similar.
- 6.6.10 *Cajas de icopor para embarque* – Caja de icopor con ranuras cortadas a la dimensión del tubo de muestra. Se recomienda una caja externa de protección de madera laminada.
- 6.6.11 *Otros Recipientes* – Se pueden emplear también cajas construidas con material de fibra de plástico o cartón reforzado.

7. INFORME

Los datos obtenidos en el campo deberán registrarse e incluirán lo siguiente :

- 7.1 Nombre o número de la obra, o ambos.
- 7.2 Fecha (s) del muestreo.
- 7.3 Número y localización del sondeo y de la muestra.
- 7.4 Profundidad (es) o elevación (es), o ambos.
- 7.5 Orientación de la muestra.
- 7.6 Posición del nivel freático, si lo hubiera.
- 7.7 Método de muestreo y datos del ensayo de penetración, si fueren aplicables.
- 7.8 Dimensiones de la muestra.
- 7.9 Descripción del suelo (basado en la identificación visual de los suelos).
- 7.10 Nombres del inspector/cuadrilla, Ingeniero de suelos, Jefe del Proyecto, etc.
- 7.11 Comentarios respecto de posibles contaminaciones de la muestra.
- 7.12 Copia del registro de identificación de muestras, si se requiere.
- 7.13 Condiciones Climáticas.
- 7.14 Observaciones Generales.



8. PRECISIÓN Y TOLERANCIAS

Esta norma únicamente proporciona información general y cualitativa, por lo cual no es aplicable una proposición general de precisión y tolerancias.

9. NORMAS DE REFERENCIA

ASTM D 4220 – 95