

EXPLORACIONES EN SUELOS PARA ESTUDIOS GEOTÉCNICOS (ERRORES EN LA CAMPAÑA)

EN CONCORDANCIA CON LA NORMA E.050
DE SUELOS Y CIMENTACIONES



20 25

Janet Yessica Andía Arias

Víctor Peña Dueñas

**Exploraciones en suelos para estudios geotécnicos (errores en la campaña)
En concordancia con la Norma E.050 de suelos y cimentaciones**

Janet Yessica Andía Arias/Víctor Peña Dueñas

1° Edición digital, Huancayo, agosto del 2025.

Libro digital disponible en: <https://fondoeditorial.upla.edu.pe/index.php/Fedupla>

Editado por: Universidad Peruana Los Andes. Fondo Editorial
Av. Giráldez 231, Huancayo – Huancayo – Junín, Perú.
fondoeditorial@ms.upla.edu.pe

Derechos de autor:

© Los autores

© Universidad Peruana Los Andes

ISBN: 978-9972-2573-7-7

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2025-10396

DOI: <https://doi.org/10.51701/978-9972-2573-7-7>

Diseño de portada y diagramación: Alan Robert Nieto Montalvan

Editora en jefe: Mtra. Lizet Doriela Mantari Mincami 

Editor adjunto/Revisor: MBA. Henri Emmanuel Lopez Gomez 

Esta publicación ha sido evaluada por el Equipo Editorial del Fondo Editorial de la Universidad Peruana Los Andes, en conformidad con la Guía de Procedimientos Editoriales, aprobada mediante Resolución de Consejo Universitario N° 1509-2024-CU-UPLA, de fecha 05.12.2024.



Esta obra está bajo una licencia CC BY-NC-SA 4.0 DEED Atribución/Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

Las opiniones, ideas y afirmaciones contenidas en esta publicación son de exclusiva responsabilidad de los autores. El Fondo Editorial de la Universidad Peruana Los Andes garantiza la calidad editorial y el rigor académico de las obras que difunde, pero no se responsabiliza por las posturas ideológicas, científicas, interpretativas ni por las consecuencias derivadas del uso del contenido por parte de terceros.



A Dios por todas sus bendiciones y por rodearme de personas fantásticas, a mi amada virgen de Guadalupe, por protegerme siempre y darme nuevas oportunidades, a mi familia por ser siempre el apoyo perfecto, por su inmensa comprensión y sobre todo por su inmenso amor día a día.

Janet

Queremos expresar nuestro profundo agradecimiento a la alta dirección del laboratorio Inversiones Generales Centauro Ingenieros SAC por su inmensa paciencia y constante apoyo durante nuestra trayectoria de especialización y experiencia. Su invaluable respaldo ha sido fundamental en cada etapa de nuestra formación, desde los cursos hasta nuestros estudios de maestría, doctorado y posdoctorado. Hoy, al mirar hacia atrás, nos sentimos agradecidos por todo lo que hemos aprendido en esta empresa, y es un honor poder devolver un poco de ese conocimiento. Nuestro compromiso es seguir contribuyendo día a día para el continuo éxito de lo que consideramos es nuestro segundo hogar.

Asimismo, nuestro agradecimiento a nuestra alma mater la Universidad Peruana Los Andes, a nuestros docentes, a aquellos que han partido a un descanso final y a los que están presentes por su dedicación y por su profesionalismo en cada clase. A aquellos que siempre nos han animado con sus palabras de empatía para nuestra superación diaria.

Los autores

Exploraciones en suelos para estudios geotécnicos (errores en la campaña)

En concordancia con la Norma E.050 de suelos y
cimentaciones

*Soil Explorations for Geotechnical Studies (Errors in the Field
Campaign)*

*In accordance with Technical Standard E.050 on Soils and
Foundations*

Autores:

Janet Yessica Andía Arias ¹
Universidad Peruana Los Andes
 [0000-0002-6084-0672](https://orcid.org/0000-0002-6084-0672)
d.jyandia@ms.upla.edu.pe

Víctor Peña Dueñas ²
Universidad Continental
 [0000-0003-3714-3091](https://orcid.org/0000-0003-3714-3091)
vpenia@continental.edu.pe

¹ Ingeniero Civil – Universidad Nacional Hermilio Valdizán; Doctora en Ciencias Ambientales – Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

² Ingeniero Civil – Universidad Peruana Los Andes; Máster en Ingeniería Civil – Universidad de Piura.

CONTENIDO

| | |
|---|-----------|
| Prólogo | 11 |
| Introducción | 12 |
| Capítulo I. Inicio del programa de exploración de campo para edificaciones | 13 |
| Resumen..... | 13 |
| 1.1. Primeros pasos | 13 |
| 1.2. ¿Se utilizará todo el terreno o solo una parte para el proyecto? | 19 |
| 1.3. ¿La edificación contará con sótano(s) y cuántos pisos tendrá? | 21 |
| 1.4. ¿Se ha revisado información sobre el tipo de suelo en la zona del proyecto?..... | 23 |
| 1.5. ¿El terreno es natural o corresponde a un relleno (controlado o no controlado)? ¿Se conoce la presencia de nivel freático?..... | 25 |
| 1.6. ¿Existen antecedentes de problemas especiales de cimentación en la zona? | 28 |
| 1.7. ¿Se han revisado adecuadamente los términos de referencia y se ha verificado el cumplimiento de la normativa vigente?..... | 29 |
| 1.8. ¿Se ha incorporado información de fuentes técnicas especializadas? | 30 |
| 1.9. ¿Se ha verificado la existencia de cursos de agua cercanos al área del proyecto? 32 | |
| 1.10.¿Se conoce el tipo de edificación que se construirá?..... | 32 |
| 1.11.Consideraciones auxiliares | 34 |
| 1.12.Ejemplos aplicados | 36 |
| Ejemplo 01 | 36 |
| Ejemplo 02..... | 40 |
| Ejemplo 03..... | 41 |
| Ejemplo 04..... | 44 |
| Ejemplo 05..... | 45 |
| Ejemplo 06..... | 50 |
| Conclusiones | 53 |

| | |
|---|-----------|
| Glosario de términos:..... | 54 |
| Bibliografía | 55 |
| Capítulo II. Tipo de muestreo en el programa de exploración..... | 56 |
| Resumen..... | 56 |
| 2.1. Consideraciones generales..... | 56 |
| 2.2. Casos..... | 58 |
| Caso 01 | 59 |
| Caso 02 | 63 |
| Caso 03 | 66 |
| Caso 04 | 68 |
| Caso 05 | 72 |
| Caso 06 | 74 |
| Caso 07 | 77 |
| Conclusiones..... | 79 |
| Glosario de términos | 80 |
| Bibliografía | 81 |
| Recomendaciones..... | 82 |
| Anexos..... | 84 |
| Biografía de los autores..... | 87 |

CONTENIDO DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. <i>Lista de verificación para el programa de exploración geotécnica de campo</i> | 14 |
| Tabla 2. <i>Aplicación y limitaciones de los ensayos</i> | 24 |
| Tabla 3. <i>Tipo de edificación u obra para determinar el número de puntos de exploración</i> | 33 |
| Tabla 4. <i>Número de puntos de exploraciones</i> | 34 |
| Tabla 5. <i>Consideraciones para muestreo</i> | 57 |

CONTENIDO DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. <i>Vista de terreno para realizar el programa de exploraciones, con características de pendiente</i> | 17 |
| Figura 2. <i>Corte longitudinal con el planteamiento de las edificaciones en terreno para exploraciones geotécnicas</i> | 18 |
| Figura 3. <i>Planteamiento inicial para el programa de exploraciones de acuerdo con las cotas indicadas</i> | 18 |
| Figura 4. <i>Área de terreno en la figura trapezoidal del terreno a analizar</i> | 20 |
| Figura 5. <i>Sectorización de áreas a construir para programa de exploraciones de campo</i> | 20 |
| Figura 6. <i>Modelo para edificación sin sótano de 10 niveles y de 4 niveles</i> | 22 |
| Figura 7. <i>Modelo para edificación con sótano de 10 niveles y de 4 niveles</i> | 22 |
| Figura 8. <i>Viviendas con palafitos.</i> | 27 |
| Figura 9. <i>Nivel del agua superando la cota del terreno a causa de inundación por lluvias</i> | 28 |
| Figura 10. <i>Mapa geológico cuadrante 25 m</i> | 31 |
| Figura 11. <i>Leyenda del mapa geológico cuadrante 25 m</i> | 31 |
| Figura 12. <i>Propuesta de perforaciones in situ</i> | 39 |
| Figura 13. <i>Calicatas sectorizadas en terreno total</i> | 42 |
| Figura 14. <i>Área y cotas del terreno a construir</i> | 45 |
| Figura 15. <i>Ubicación del terreno y curso de agua.</i> | 46 |
| Figura 16. <i>Nivel de plataformado, corte, relleno, cotas del terreno y profundidad de exploración propuesta</i> | 48 |
| Figura 17. <i>Propuesta de ensayos insitu en perforaciones diamantinas y ensayos geofísicos</i> | 51 |
| Figura 18. <i>Evolución del terreno natural año 1973 y con relleno no controlado año 1975 – 2020</i> | 60 |
| Figura 19. <i>Falla de módulo de institución año 2020</i> | 60 |
| Figura 20. <i>Perfiles estratigráficos de las calicatas C-1, C-2, C-3</i> | 64 |
| Figura 21. <i>Nivel freático alto en calicata</i> | 66 |
| Figura 22. <i>Nivel freático alto y topografía irregular del terreno</i> | 69 |
| Figura 23. <i>Desniveles en terreno de trabajo</i> | 70 |
| Figura 24. <i>Materiales de relleno ajenos al suelo</i> | 74 |

Figura 25. *Calicata con profundidad insuficiente (<1.50 m) y presencia de material de relleno no controlado* 75

Figura 26. *Calicata ejecutada en relleno no controlado con residuos sólidos y sin profundidad normativa* 75

Prólogo

Es un privilegio para mí tener la oportunidad de escribir este prólogo para el libro de mi estimada amiga y colega Dra. Janet Andía Arias, cuya dedicación y pasión por la ingeniería geotécnica son evidentes en cada página de esta obra.

Desde que conocí a la Dra. Janet, me impresionó su capacidad de gestión, siempre enfocada en la mejora continua. En este libro, Exploraciones en suelos para estudios geotécnicos (Errores en la Campaña), la Dra. Janet comparte su experiencia y sabiduría en estudios de mecánica de suelos con fines de cimentación, brindando a los lectores una guía invaluable para comprender y dominar la importancia de la campaña de exploración.

Lo que distingue a este libro es la combinación única de rigor académico y accesibilidad que la Dra. Janet ha logrado. A lo largo de estas páginas, los lectores encontrarán un análisis exhaustivo de las exploraciones en suelos para estudios geotécnicos, acompañado de ejemplos prácticos, estudios de casos y consejos útiles que los ayudarán a aplicar los conocimientos adquiridos en su vida profesional.

Además, el estilo de escritura cautivador de la Dra. Janet hace que la lectura de este libro sea una experiencia agradable y enriquecedora. Su habilidad para explicar conceptos complejos de manera sencilla, clara y comprensible es verdaderamente admirable, y estoy seguro de que este libro será una fuente de aprendizaje y consulta para todos aquellos que lo lean.

En resumen, Exploraciones en suelos para estudios geotécnicos (Errores en la Campaña) es una obra que refleja el talento y el compromiso de la Dra. Janet con la ingeniería geotécnica. Es un honor para mí recomendar este libro a todos aquellos interesados en la mecánica de suelos, y estoy seguro de que se convertirá en un recurso invaluable en su biblioteca.

Felicidades a la Dra. Janet por este logro notable, y mi más sincero agradecimiento por compartir su conocimiento y experiencia a través de este libro.

Atentamente,

Ing. Daniel J. Basurto.

Introducción

Las normas son unas herramientas importantes para poder guiarse sobre cualquier tema en general o particular, sin embargo, a veces la inadecuada interpretación de las normas hace que se tengan problemas al momento de realizar actividades propias de la especialidad, asimismo no todas las normas son completas y específicas, es decir a veces son interesantes, sin embargo, no contempla muchas partes que deberían estar por ejemplo en un expediente técnico o estudio definitivo.

Por ello a veces se han planteado programas de investigaciones geotécnicas guiándose de las normas, pero en realidad no se sincroniza con los términos de referencia y sobre todo con la realidad, lo cual lleva a darnos cuenta en gabinete después de los trabajos de campo que existen errores u omisiones y debemos regresar a campo a fin de completar la información necesaria para el estudio.

Con este libro no se pretende tomar todos los casos, pero si algunos se ha tenido que abordar a lo largo del tiempo, trabajando en el laboratorio de mecánica de suelos, donde se han realizado estudios de mecánica de suelos y estudios geotécnicos y esperamos que pueda dilucidar algunas dudas que les pueden surgir en gabinete o campo.

Por otro lado, veremos que muchas veces los términos de referencia de los proyectos no están alineados a la realidad, no tienen la menor consideración de ¿qué es lo que se requiere normativamente y en que plazos se dan en campo o gabinete y por qué? Lo cual es un error grave que afectaría finalmente a la edificación.

Capítulo I.

Inicio del programa de exploración de campo para edificaciones

Resumen

Este capítulo presenta las consideraciones fundamentales para llevar a cabo un programa exitoso de exploración geotécnica en campo. Se plantean 17 preguntas clave que los ingenieros deben considerar para planificar adecuadamente las actividades de exploración, reducir riesgos e inconvenientes en el terreno, y garantizar el cumplimiento estricto de la Norma Técnica E.050 de Suelos y Cimentaciones

1.1. Primeros pasos

Es fundamental verificar que exista total concordancia y coherencia entre los términos de referencia (TDR) y la Norma Técnica E.050 de Suelos y Cimentaciones, asegurando además utilizar siempre la última versión vigente de dicha norma.

Como consultor o especialista en geotecnia, resulta esencial tomar en cuenta ciertos aspectos técnicos específicos. No considerar estos detalles podría llevar a realizar estudios deficientes, generando gastos innecesarios y pérdida de recursos.

Por esta razón, a continuación, se presenta una lista de verificación con la información clave que se debe tener clara antes de iniciar el programa de exploración geotécnica de campo.

Tabla 1.

Lista de verificación para el programa de exploración geotécnica de campo

| Ítem | Información | Cumple |
|------|---|-----------|
| 01 | ¿Conoce si el terreno donde se realizará la construcción es en pendiente? ¿Tendrá plataformado? | Si /No sé |
| 02 | Si fuese en pendiente ¿Cuál es esa pendiente? | Si |
| 03 | ¿Tienes la topografía del terreno? | No |
| 04 | ¿Tienes al menos idea del planteamiento arquitectónico del proyecto que realizarás? | Si |
| 05 | ¿Se conoce si en el terreno que realizarás el proyecto, se utilizará todo el terreno o parte de él? | Si |
| 06 | ¿Tendrá sótano o sótanos la edificación que pretendes plantear? y ¿de qué profundidad será? | Si |
| 07 | ¿Se tiene información de cuantos pisos tendrá la edificación? De 4 pisos, 10 pisos. | Si |
| 08 | Has revisado información de ¿qué tipo de suelo se podría encontrar en la zona del proyecto? | Si |
| 09 | ¿Se conoce si ese terreno es terreno natural o es parte de un relleno no controlado o controlado? | Si |
| 10 | ¿Se tiene información acerca del nivel de napa freática que pudiera tener o no? | Si |
| 11 | ¿Se ha revisado información para conocer, si en el lugar del proyecto podrían existir problemas especiales de cimentación? | Si |
| 12 | En caso de ser un estudio definitivo para una entidad ¿revisaste a cabalidad los términos de referencia? | Si |
| 13 | Si fuese un estudio definitivo ¿Se verificó, que los ensayos te están requiriendo, cumplen con las normas actuales? | Si |
| 14 | En caso de ser otro tipo de estudio, ¿Se verificó con cumplir todo lo especificado y que esté de acuerdo con la norma? | Si |
| 15 | Se incluyó información del INGEMMET, del Banco Interamericano de desarrollo u otros para conocer mejor la zona del proyecto | Si |
| 16 | Se verificó información, si hay cursos de agua cercanos al área de tu proyecto | Si |
| 17 | Conocen ¿qué tipo de edificación será el proyecto? | Si |

Estas son algunas preguntas clave que deben responderse antes de iniciar un programa de exploración geotécnica en campo. Si todas estas respuestas son afirmativas, has avanzado significativamente para comenzar. En cambio, si algunas respuestas son negativas, es esencial detenerse y realizar una investigación más profunda sobre la zona del proyecto para evitar errores y gastos innecesarios.

En esta etapa, es fundamental familiarizarse con los términos técnicos utilizados en la Tabla 1:

a) Nivel Freático

El nivel freático es la profundidad a partir de la cual los poros del suelo están completamente saturados de agua, delimitando la frontera entre la zona no saturada (superior) y la zona saturada o acuífera (inferior). Según Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2012), este nivel puede variar estacionalmente debido a factores como la recarga por lluvias, la evaporación y actividades humanas como el bombeo de pozos. Un nivel freático elevado en excavaciones incrementa el riesgo de inestabilidad hidráulica, por lo que se requiere el uso de técnicas de abatimiento mediante bombeo o drenes.

b) Capacidad portante

Se refiere a la presión máxima que un suelo puede soportar sin sufrir fallas por corte o asentamientos excesivos. Esta capacidad depende directamente de las propiedades del suelo, la profundidad y el tipo de cimentación, además del nivel freático presente (Das, 2017, p. 350). Alva Hurtado (s.f.) resalta que la presencia de agua reduce notablemente la resistencia al corte del suelo, especialmente en arenas, ya que disminuye su ángulo de fricción interna (ϕ) y aumenta el peso unitario efectivo (γ').

c) Calicatas

Son excavaciones rectangulares de hasta 3 m de profundidad, permiten la inspección visual de estratigrafías y la obtención de muestras inalteradas. Braja Das (2001) enfatiza su utilidad en la determinación de parámetros como la cohesión (c) y el ángulo de fricción interna (ϕ), esenciales para modelos de falla por corte. Según la norma ASTM D 420 (equivalente a la NTP 339.162), su espaciamiento debe adaptarse a la heterogeneidad del sitio: en suelos homogéneos, cada 50-100 m, mientras que, en suelos estratificados, cada 20-30 m. Un aspecto crítico, resaltado por Juárez Badillo (2012), es la necesidad de registrar condiciones hidrogeológicas durante la excavación, como la aparición de agua o la presencia de estratos permeables, datos cruciales para modelar flujos subterráneos en presas o túneles. Adicionalmente, Alva Hurtado (s.f.) recomienda complementar las calicatas con ensayos in situ (ej. SPT) para correlacionar propiedades índices con resistencia.

d) Trincheras

A diferencia de las calicatas, las trincheras son zanjas alargadas (1-2 m de ancho) empleadas en carreteras, ductos o sistemas de drenaje. Juárez Badillo (2012) detalla su

uso en la construcción de subdrenes para carreteras, donde permiten interceptar flujos freáticos y prevenir el ablandamiento de bases granulares. En su diseño, se considera:

1. **Inclinación de paredes:** En suelos cohesivos (arcillas), verticales; en suelos granulares (arenas), 1H:1V para evitar derrumbes.
2. **Sistema de contención:** Uso de entibados metálicos en áreas urbanas para minimizar colapsos.

Un caso documentado por Alva Hurtado (s.f.) involucró trincheras de 4 m de profundidad en Lima, donde la proximidad del nivel freático requirió bombas de achique continuas para mantener estabilidad durante la instalación de tuberías.

e) Estudios Geofísicos

Estos estudios emplean métodos indirectos (resistividad eléctrica, sísmica, georradar - GPR) para caracterizar el subsuelo sin alterar su estructura natural. Según Juárez Badillo (2012), estos métodos complementan eficazmente la identificación de cavidades cársticas o fallas geológicas, esenciales para evaluar riesgos en proyectos como presas. Por ejemplo, la resistividad eléctrica permite identificar variaciones en la conductividad del suelo, relacionadas con la humedad o la presencia de arcillas expansivas (Aracil, 2015, p. 258).

f) Plataformado

El plataformado consiste en nivelar y compactar el terreno, creando una superficie uniforme y estable capaz de soportar las cargas estructurales, evitando así asentamientos diferenciales (Lambe y Whitman, 1969, p. 210).

El nivel del plataformado corresponde al resultado final tras ejecutar cortes o rellenos, determinado por el planteamiento arquitectónico según los niveles establecidos para cada módulo o edificación, tomando en cuenta las vías y el entorno real del proyecto.

A continuación, se indica ¿Por qué es importante considerar las preguntas del cuadro?

- ¿Conoce si el terreno donde se realizará la construcción es en pendiente?
- ¿Tendrá plataformado?
- Si fuese en pendiente ¿Cuál es esa pendiente?
- ¿Tienes la topografía del terreno?

- ¿Tienes al menos idea del planteamiento arquitectónico del proyecto que realizarás?

Estas preguntas son fundamentales, ya que las respuestas influirán significativamente en la configuración del programa de exploraciones geotécnicas. Si no se tienen claras estas respuestas, la propuesta podría ser rechazada por la entidad responsable o por el cliente final.

Finalmente, según lo establecido en el artículo 15, numeral c-1 de la Norma E.050 (2018), la profundidad mínima de exploración nunca debe ser inferior a 3.00 metros para edificaciones sin sótano. Es importante entonces cuestionarse qué sucedería en terrenos con pendientes significativas, en los que sería necesario realizar cortes considerables para crear un plataformado adecuado conforme al planteamiento arquitectónico, o en situaciones contrarias donde se requiera relleno en terrenos ubicados en depresiones naturales como quebradas. En ambos escenarios, la profundidad propuesta de exploración inicial podría ser insuficiente o inapropiada, lo cual debe considerarse cuidadosamente antes de ejecutar cualquier exploración geotécnica.

En el caso de realizar cortes probablemente cuando se plantee la profundidad de exploración no será lo adecuado se explica con la siguiente figura:

Figura 1.

Vista de terreno para realizar el programa de exploraciones, con características de pendiente



Figura 2.

Corte longitudinal con el planteamiento de las edificaciones en terreno para exploraciones geotécnicas

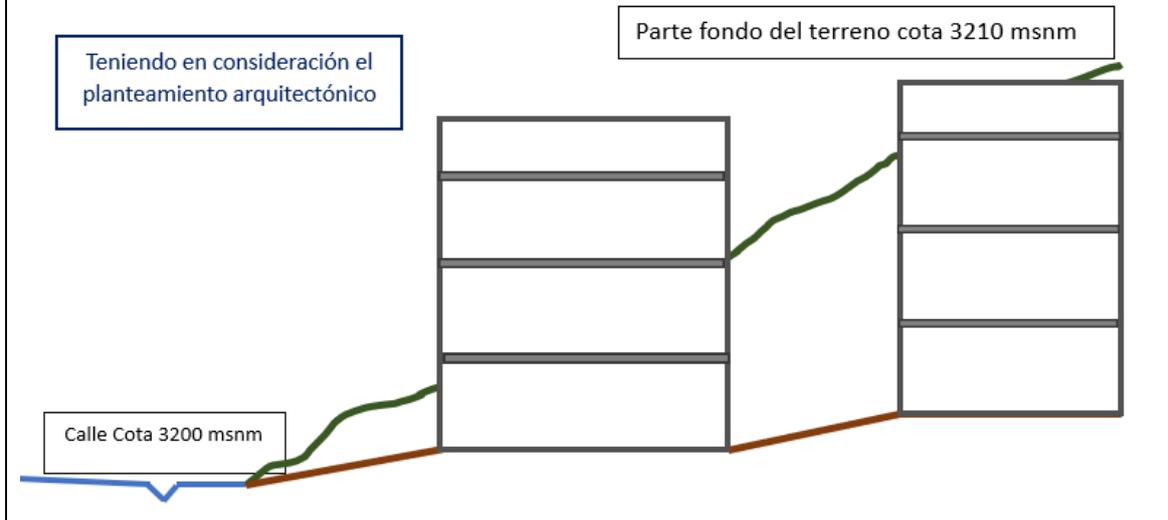
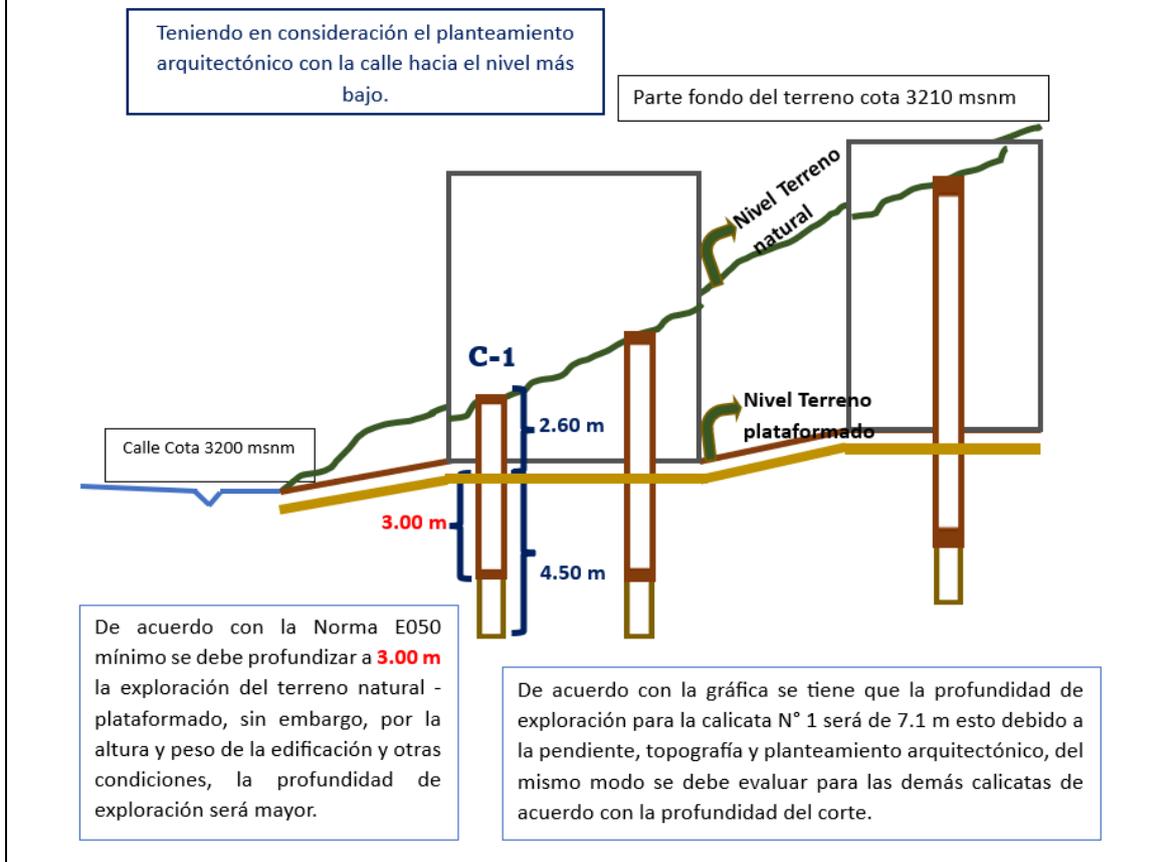


Figura 3.

Planteamiento inicial para el programa de exploraciones de acuerdo con las cotas indicadas



Este planteamiento será válido únicamente si el nivel del plataformado corresponde al planteamiento arquitectónico propuesto. Sin embargo, las profundidades de exploración pueden variar dependiendo de otras alternativas de diseño y, especialmente, del nivel de la vía pública (la calle) en relación con el terreno.

Un aspecto adicional que debe considerarse es: ¿qué sucede si la calle se encuentra en la cota más alta del terreno? En ese caso, probablemente se requerirá realizar un relleno controlado para igualar niveles, lo que introduce una variable crítica en el diseño. Esto plantea una nueva pregunta técnica: ¿cuál sería entonces la profundidad real de excavación necesaria?

Este tipo de situaciones se abordarán más adelante en el desarrollo del presente texto, ya que son fundamentales para determinar correctamente tanto la profundidad de exploración como la estrategia constructiva adecuada para garantizar la estabilidad del proyecto.

1.2. ¿Se utilizará todo el terreno o solo una parte para el proyecto?

Es fundamental conocer si el proyecto ocupará la totalidad del terreno disponible o si se desarrollará únicamente en una parte del mismo. Esta información incide directamente en el diseño del programa de exploraciones geotécnicas, ya que su alcance puede variar de forma considerable.

Si el proyecto abarca todo el predio, será necesario realizar una exploración más extensa y distribuida, lo que podría implicar un mayor número de calicatas, sondeos o ensayos, incrementando así el costo y la duración del estudio. En cambio, si la intervención se limita a una zona específica, la planificación puede ser más focalizada y eficiente.

Por ello, disponer de esta definición desde la etapa inicial permite optimizar recursos, evitar exploraciones innecesarias y asegurar la representatividad de los datos obtenidos para el diseño de cimentaciones y otras decisiones técnicas clave.

A continuación, veremos un ejemplo de lo que se indica:

Figura 4.

Área de terreno en la figura trapezoidal del terreno a analizar



Figura 5.

Sectorización de áreas a construir para programa de exploraciones de campo



Se desarrolla la siguiente casuística:

Caso 1: Se desconoce la ubicación y área de la edificación

Cuando no se dispone de un planteamiento arquitectónico preliminar que indique la ubicación específica ni el área de la futura edificación, el estudio debe basarse en el

área total del terreno. En ese contexto, se procede a estimar el número de exploraciones geotécnicas de acuerdo con el tipo de edificación.

Supongamos que se trata de una edificación tipo III (según clasificación de la norma E.050), la cual requiere realizar una exploración cada 900 m² de área techada del primer nivel.

Datos:

- Área total del terreno: 9,580 m²
- Requisito normativo: 1 exploración por cada 900 m²

Cálculo:

$$\frac{9580 \text{ m}^2}{900 \text{ m}^2} = 10.64 \Rightarrow \text{Redondeo: } 11 \text{ exploraciones}$$

Caso 2: Conocemos la ubicación y área de la edificación

Cuando sí se cuenta con el diseño preliminar del proyecto y se conoce la ubicación exacta y el área que ocupará la edificación, se puede planificar el programa de exploraciones de manera más precisa y eficiente.

Datos:

- Área proyectada de edificación: 3,150 m²
- Tipo de edificación: tipo III (1 exploración cada 900 m²)

Cálculo:

$$\frac{3150 \text{ m}^2}{900 \text{ m}^2} = 3.5 \Rightarrow \text{Redondeo: } 4 \text{ exploraciones}$$

Como se puede observar, disponer del área y ubicación exactas del proyecto permite reducir significativamente el número de exploraciones requeridas, lo que conlleva un ahorro importante en tiempo, recursos y costos del programa geotécnico. Esta diferencia demuestra la importancia de contar con información preliminar clara antes de definir el alcance del estudio de mecánica de suelos.

1.3. ¿La edificación contará con sótano(s) y cuántos pisos tendrá?

Figura 6.

Modelo para edificación sin sótano de 10 niveles y de 4 niveles

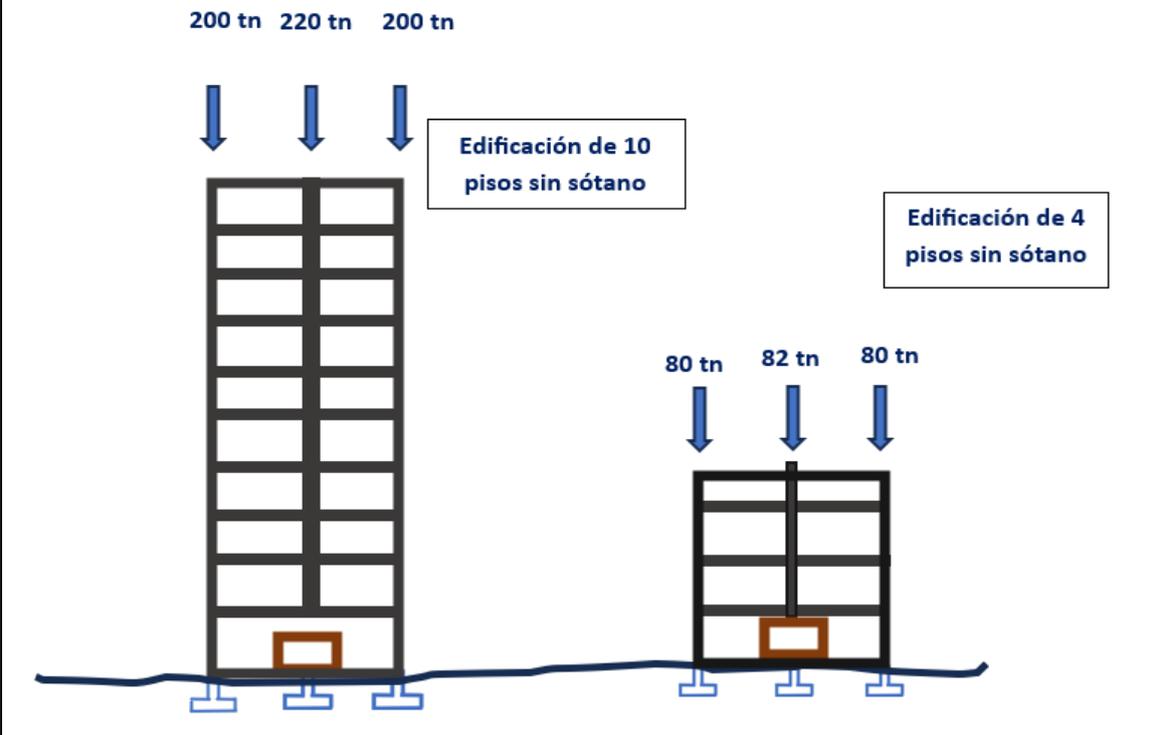
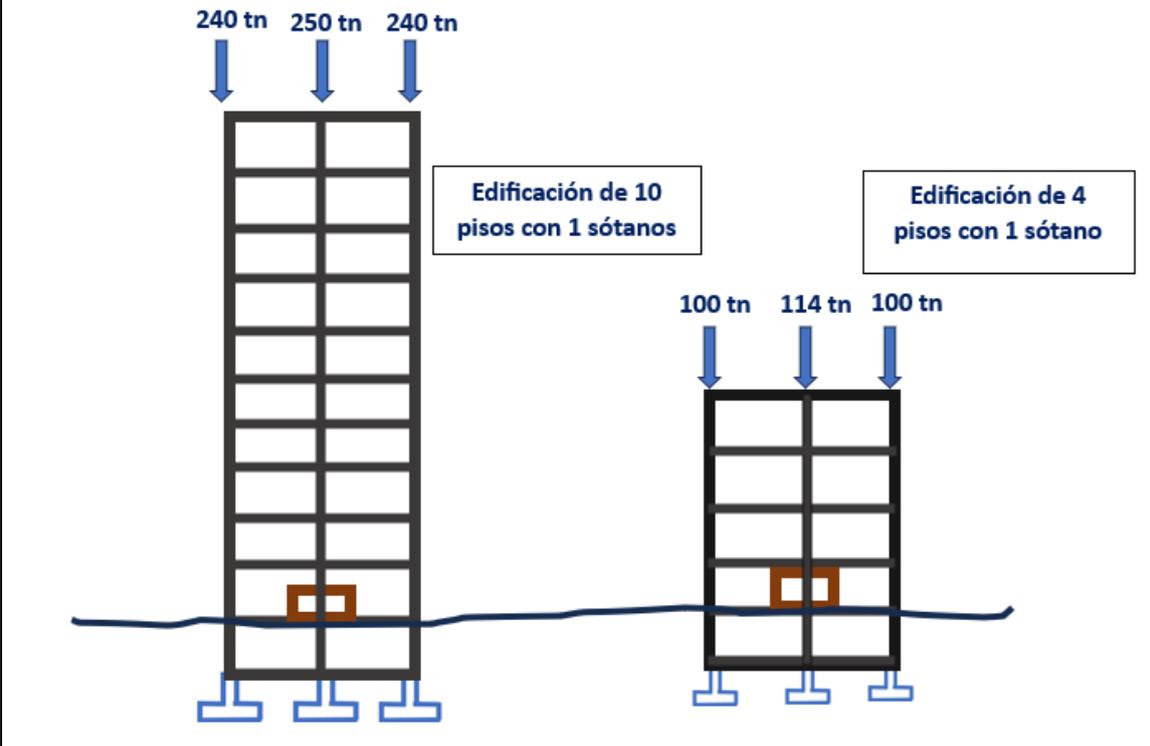


Figura 7.

Modelo para edificación con sótano de 10 niveles y de 4 niveles



Como se puede apreciar, factores como el número de pisos o la presencia de sótano(s) influyen directamente en la configuración del programa de exploraciones geotécnicas de campo. Estos elementos determinan, entre otros aspectos, la profundidad necesaria de exploración. No considerar adecuadamente el número de sótanos, por ejemplo, puede conducir a que el estudio de mecánica de suelos sea rechazado por incumplir con la profundidad mínima requerida de investigación.

En la práctica, ocurre con frecuencia que, al solicitar esta información a los profesionales responsables o a los propietarios del proyecto, estos optan por no brindar los datos completos o precisos, lo que posteriormente genera serios inconvenientes al momento de presentar el proyecto ante las entidades competentes. Asimismo, debe señalarse que algunos profesionales encargados de evaluar expedientes para entidades públicas no dominan adecuadamente los criterios técnicos requeridos para estudios de suelos, lo que da lugar a la aprobación de informes con deficiencias técnicas importantes.

Esta información no solo es esencial para el diseño del programa de exploraciones, sino también para el análisis de capacidad portante del suelo. Por ejemplo, permite verificar si la capacidad admisible del terreno q_{adm} es mayor que la carga actuante $q_{actuante}$, lo cual es crucial para evaluar si los asentamientos proyectados están dentro de los límites tolerables. De no ser así, podría ser necesario aumentar el ancho de la cimentación o aplicar otra solución técnica que garantice la estabilidad de la estructura.

1.4. ¿Se ha revisado información sobre el tipo de suelo en la zona del proyecto?

Es de suma importancia conocer de antemano el tipo de suelo que probablemente se encontrará en la zona de trabajo. Esta información permite una planificación más precisa del programa de exploraciones geotécnicas de campo.

Por lo general, en la región selvática del país predominan suelos arcillosos, limosos o arenosos; incluso en algunos casos se ha reportado la presencia de roca arenisca. En la zona costera, especialmente en áreas cercanas al mar, los suelos suelen ser principalmente arenosos. En el valle del Mantaro, específicamente en Huancayo, la variabilidad es notable: cerca de la ribera del río se encuentran suelos gravosos, mientras que a mayor distancia es común hallar suelos arenosos con grava o suelos arcillosos, entre otros.

Ante esta diversidad, es recomendable realizar una investigación preliminar consultando fuentes técnicas confiables en internet, revisando estudios previos o conversando con colegas que hayan trabajado en zonas cercanas. Esta información contextual es esencial para tener una idea aproximada del tipo de suelos presentes en el área del proyecto.

¿Por qué es importante conocer el tipo de suelo esperado?

Porque esta información definirá en gran medida el diseño del programa de exploraciones. No es lo mismo trabajar en un terreno gravoso que en un suelo predominantemente arcilloso. Por ejemplo, ciertos ensayos in situ como el SPT (Standard Penetration Test) pueden no ser adecuados o arrojar resultados poco representativos dependiendo del tipo de suelo. Esto se explica en la Tabla 3 de la Norma Técnica E.050 de Suelos y Cimentaciones, que establece los ensayos recomendados según la naturaleza del terreno.

Tabla 2.
Aplicación y limitaciones de los ensayos

| Ensayos In situ | Norma Aplicable | Permitida | | | No permitida | |
|-----------------|------------------|------------------------|--|-------------------------|------------------------|-------------------|
| | | Técnica de exploración | Tipo de Suelo (1) | Parámetro a obtener (2) | Técnica de Exploración | Tipo de Suelo (1) |
| SPT | NTP 339.133 | Perforación | Todos excepto gravas | N | Calicata | Gravas |
| CPT | NTP 338.48 | Auscultación | Todos excepto gravas | qc, fc | Calicata | Gravas |
| DPSH | UNE 103 801:1994 | Auscultación | Todos excepto gravas | N20 | Calicata | Gravas |
| CTP | ANEXO III | Auscultación | Todos excepto gravas | Cn | Calicata | Gravas |
| DPL | NTP 339.159 | Auscultación | SP, SW, SM (con limos no plásticos) | n | Calicata | Lo restante |
| Veleta de campo | NTP 339.155 | Perforación/ calicata | CL, ML, CH, MH Para todos los casos con IP > 0 y saturados | Cu, St | -- | Lo restante |
| Prueba de carga | NTP 339.153 | -- | Rocas blandas y todo tipo de suelos excepto gravas | Asentamiento vs presión | -- | Gravas |

Fuente. Norma E050 de Suelos y Cimentaciones – 2018

Como se puede apreciar en la Tabla 3 de la Norma Técnica E.050 de Suelos y Cimentaciones, el ensayo in situ SPT (Standard Penetration Test) puede aplicarse a la

mayoría de tipos de suelo, excepto en gravas, de acuerdo con la clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos). Por otro lado, el ensayo de veleta de campo está restringido exclusivamente a suelos finos saturados, sin la presencia de arenas ni gravas.

Por ello, conocer el tipo de suelo predominante en el área de exploración es crucial antes de movilizar equipos. Esto permite evitar costos innecesarios, así como asegurar que los ensayos a realizar sean técnicamente válidos y acordes a la normativa. De lo contrario, podría ocurrir que, durante la etapa de evaluación del estudio por parte de las entidades competentes, el informe sea rechazado por haber aplicado un ensayo inapropiado para el tipo de suelo.

Además, se han registrado casos en los que, a tan solo 1.00 m de profundidad, se ha encontrado roca. Este tipo de situación complica considerablemente las labores de campo, ya que la excavación en material rocoso implica el uso de maquinaria especializada, como rotomartillos o martillos neumáticos, lo cual eleva significativamente los costos operativos y prolonga los plazos de ejecución.

Por todas estas razones, es esencial investigar previamente la zona a explorar, tanto a través de antecedentes técnicos como mediante consultas a profesionales que hayan trabajado en áreas aledañas. Esta etapa preliminar, muchas veces subestimada, es clave para garantizar la viabilidad técnica y económica del programa de exploración geotécnica.

1.5. ¿El terreno es natural o corresponde a un relleno (controlado o no controlado)? ¿Se conoce la presencia de nivel freático?

Habiendo participado en numerosos estudios de mecánica de suelos relacionados con obras ya ejecutadas por contratistas y posteriormente intervenidas por el órgano competente, hemos podido constatar que, en muchos casos, dichos estudios presentaban información deficiente. Esta situación se debe, con frecuencia, a errores en la ejecución de ensayos, como los de corte directo o triaxial, realizados con densidades inadecuadas. Asimismo, es común encontrar inconsistencias entre los términos de referencia (TDR) y las normas técnicas vigentes.

Un caso ilustrativo ocurrió cuando un proyectista contrató la elaboración de un estudio de mecánica de suelos (EMS) sobre un terreno que había sido rellenado informalmente por la población más de 25 años atrás, con el fin de construir una losa deportiva. Esta condición no fue comunicada al equipo responsable del estudio. A ello se sumó una deficiente toma de muestras y la ejecución incorrecta de los ensayos de laboratorio. Incluso se sospechó que algunos resultados pudieron haber sido manipulados—una práctica lamentablemente común en ciertos laboratorios informales que carecen del equipamiento necesario.

Como consecuencia, se reportaron valores incorrectos del ángulo de fricción y de la cohesión, lo que provocó que la edificación presentara asentamientos pocos meses después de su entrega. Este hecho resultó especialmente llamativo, ya que superficialmente el terreno parecía gravoso. Posteriormente, fuimos convocados para elaborar un nuevo EMS. Durante la excavación de calicatas, notamos que el terreno era sorprendentemente blando. Al consultar a los pobladores, obtuvimos información relevante sobre la historia del lugar y se confirmó que se trataba de un relleno no controlado. A raíz de estos hallazgos, la entidad correspondiente presentó una denuncia formal contra el proyectista responsable.

Cimentar sobre un relleno no controlado constituye un error técnico grave, y por lo general, debe evitarse bajo cualquier circunstancia. Por el contrario, cimentar sobre un relleno controlado requiere de un enfoque técnico riguroso, que contemple procedimientos específicos de compactación, control de calidad y validación.

Por otro lado, la presencia del nivel freático es un factor crucial tanto para el adecuado muestreo como para el cálculo preciso de la capacidad portante del suelo. En un estudio particular en el que participamos, nuestra labor se centraba únicamente en los cálculos geotécnicos, ya que las tareas de campo estaban a cargo de otro equipo. Durante el análisis, observamos un aspecto significativo: las viviendas de la zona estaban construidas sobre palafitos. Esta condición evidenciaba la importancia de considerar el contexto local y las características particulares del terreno, aspectos esenciales para garantizar la confiabilidad de cualquier estudio de mecánica de suelos.

Figura 8.

Viviendas con palafitos.



Como se puede observar en este caso, las viviendas no están apoyadas directamente sobre el suelo, debido a que durante la temporada de lluvias la zona se inunda y el agua puede alcanzar hasta 1.00 m de altura.

Durante la realización del estudio de mecánica de suelos (EMS), el terreno se encontraba aparentemente seco. Al efectuar las calicatas, no se detectó inicialmente la presencia de nivel freático, por lo que el reporte indicaba erróneamente su ausencia. Sin embargo, gracias a nuestra experiencia previa—con más de 300 estudios realizados hasta entonces—decidimos no concluir el EMS sin realizar consultas adicionales. Al comunicarnos con el responsable del muestreo, este reafirmó que no existía nivel freático en el momento. No obstante, tras consultar con autoridades locales, se confirmó que aunque el terreno permanecía seco en la época del estudio, durante periodos de avenidas la zona se inundaba completamente, llegando a requerirse el uso de pequeñas embarcaciones para desplazarse.

Por esta razón, es esencial no confiar exclusivamente en la observación inmediata de las calicatas cuando no detectan nivel freático. Se deben realizar siempre consultas adicionales y revisar información histórica del lugar, ya que omitir estos pasos puede conducir a errores técnicos críticos y al potencial colapso de la edificación proyectada.

Finalmente, se debe considerar que la variabilidad estacional en la profundidad del nivel freático puede afectar significativamente los cálculos de la capacidad portante

del suelo. Es pertinente preguntarse, además: ¿en qué sección específica de las normas técnicas o en qué bibliografía especializada se encuentran recomendaciones explícitas para diseñar cimentaciones en terrenos sujetos a inundaciones estacionales? Esta reflexión enfatiza la importancia de profundizar en referencias técnicas especializadas para abordar casos particulares con la rigurosidad necesaria.

Figura 9.

Nivel del agua superando la cota del terreno a causa de inundación por lluvias



1.6. ¿Existen antecedentes de problemas especiales de cimentación en la zona?

Se pueden encontrar diversos problemas de cimentación en zonas costeras, especialmente cerca del mar, donde comúnmente existe riesgo de licuación de suelos. En zonas de selva, dependiendo del tipo de suelo, podríamos enfrentar problemas de hinchamiento o colapsabilidad. Por esta razón, es fundamental el principio de "conocer bien tu proyecto". Es esencial buscar información técnica confiable sobre las zonas cercanas al área de estudio, lo cual permitirá anticiparse adecuadamente durante la exploración geotécnica.

En caso de que exista la probabilidad de que los suelos sean licuables, se deben realizar ensayos in situ como el SPT, alcanzando una profundidad mínima de 15 metros, además de considerar otros aspectos técnicos complementarios. Asimismo, podría complementarse con métodos como MASW y refracción sísmica para evaluar el potencial de licuación; sin embargo, la elección del método dependerá específicamente del tipo e importancia del proyecto.

En otras zonas pueden presentarse suelos con presencia de arcillas expansivas, que constituyen otro problema complejo. Por esta razón, es indispensable conocer en profundidad las características del sitio específico donde se ubicará el proyecto.

Es recomendable, además, revisar cuidadosamente la información disponible y buscar asesoría técnica con expertos reconocidos. No obstante, es importante tener presente que incluso los mejores especialistas pueden no haber enfrentado todos los casos posibles. Un ejemplo ilustrativo ocurrió en un congreso en el que el Dr. Braja Das respondió a una consulta específica diciendo: «No he tenido aún ese caso; guíate en función de tu experiencia». En aquella ocasión enfrentábamos nuestro primer caso de licuación de suelos con particularidades en campo. Esto nos llevó a comprender la importancia de asesorarse adecuadamente y complementar dicha asesoría con la revisión detallada de literatura técnica especializada.

La universidad proporciona conocimientos, pero la experiencia se obtiene únicamente con cada estudio realizado. Hasta hoy, siempre existe algo nuevo que aprender; por ello dialogamos y coordinamos, ya que dos o más personas piensan mejor y ofrecen soluciones más eficaces. Cabe resaltar también que contamos con grandes amigos que poseen amplia experiencia, quienes generosamente comparten sus conocimientos y aportan significativamente a nuestro crecimiento profesional.

1.7. ¿Se han revisado adecuadamente los términos de referencia y se ha verificado el cumplimiento de la normativa vigente?

Es fundamental revisar cuidadosamente los términos de referencia (TDR) incluso antes de elaborar una propuesta económica, dado que frecuentemente estos solicitan ensayos que no están alineados con lo establecido por la Norma Técnica E.050 de Suelos y Cimentaciones, o presentan plazos incoherentes con los procedimientos técnicos necesarios.

Por ejemplo, es común que en algunos TDR se requieran ensayos de corte directo en terrenos naturales, pese a que la norma E.050 especifica claramente que dichos ensayos no son aplicables en estos casos. Otro problema habitual es solicitar ensayos obsoletos o normativas que ya no están vigentes. Ante estas situaciones, se recomienda

encarecidamente realizar observaciones y consultas oportunas al TDR antes de iniciar el estudio, para evitar problemas durante la ejecución del estudio de mecánica de suelos.

Asimismo, existen situaciones donde se exige completar un estudio de mecánica de suelos en periodos extremadamente cortos, como 15 días, incluyendo ensayos de consolidación que por sí solos requieren alrededor de 12 días para su ejecución. Esta situación genera dificultades serias en el cumplimiento de los plazos y compromete la calidad técnica del trabajo. Este tipo de inconsistencias ocurren lamentablemente con frecuencia, debido a que no siempre quienes elaboran los TDR son especialistas en geotecnia, generando riesgos profesionales innecesarios.

Otra deficiencia común es la ausencia en el TDR de datos cruciales como las cargas previstas en las zapatas, el planteamiento arquitectónico, el número de pisos o si la edificación incluye sótano. Como se ha mencionado previamente, esta información es indispensable para formular correctamente el programa de exploración geotécnica, que es un insumo clave para un estudio de mecánica de suelos o informe técnico.

Por último, muchas veces se omite considerar en la planificación inicial el análisis y muestreo de los materiales provenientes de cantera utilizados para rellenos, afirmados, bases y concreto. Esta omisión obliga frecuentemente al equipo técnico a realizar un nuevo desplazamiento a la zona de trabajo, con el fin de completar dicho muestreo, generando retrasos y costos adicionales evitables con una adecuada planificación inicial.

1.8. ¿Se ha incorporado información de fuentes técnicas especializadas?

En caso no se conozca la zona de trabajo, se recomienda ver los mapas geológicos del INGEMMET donde se puede apreciar la geología del lugar con ello podrías ampliar tu panorama acerca del proyecto.

Figura 10.
Mapa geológico cuadrante 25 m

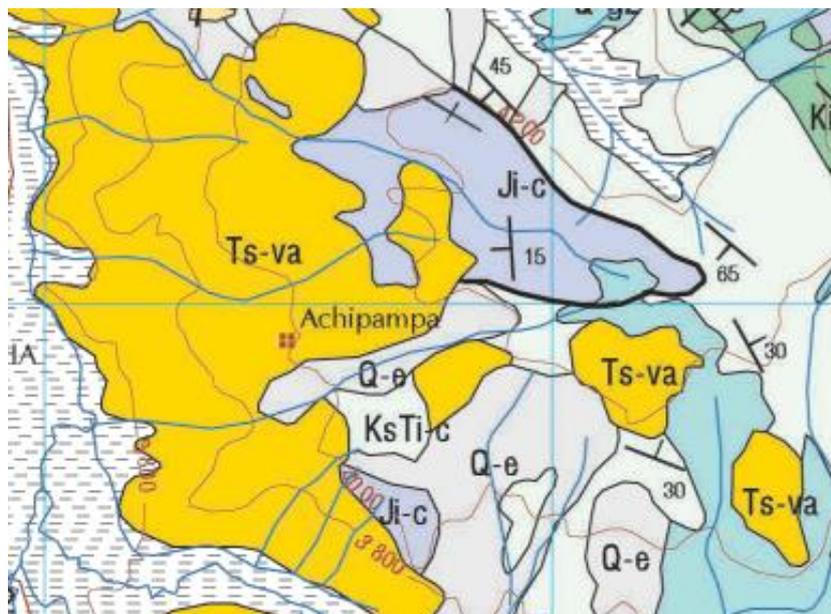


Figura 11.
Leyenda del mapa geológico cuadrante 25 m

| LEYENDA | | | | |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------------------|---|---|
| EDAD | SECTOR OCCIDENTAL | SECTOR ORIENTAL | ROCAS INTRUSIVAS | |
| TERCIARIO | SUPERIOR | Travertinos y tufos Ingahuasi | Qr-fg Ts-i | Ts-r Microgranitos y riolitas Granitos y microgranitos (gr) riolitas (r) Ti-gr |
| | | Volcánico Heru | Ts-vh | |
| | Fm. Astobamba | Ts-va | | |
| CRETACEO | INFERIOR | Fm. Casapalca | KsTi-c | Ks-db Siles y plugs de diabasas |
| | SUPERIOR | Fm. Jumasha | Ks-j | |
| | | ALBANO MEDIO | Fms. Chulec-Pariatambo | |
| | NEOGOMIANO | Gpo. Goyllarisquizga | Ki-g | |
| JURASICO | DOGGER | Fm. Chunumayo | Jm-ch | Jr-p Gpo. Pucará |
| | LIASICO | Fm. Cercapuquio | Jm-c | |
| | | Fm. Condorsinga | J-c | |
| PERMIANO | SUPERIOR | Fm. Armachay | J-a | Ps-m Gpo. Mito 1-afectado por un meta morfismo post Mito |
| | | Fm. Chamará | Trs-c | |
| PERMIANO | INFERIOR | | | Ps-rd Riolitas y dacitas hipabisales |
| | CARBONIFERO | | C-Pi Carbonífero y Permiano inferior Indiferenciado | |
| DEVONIANO Y PALEOZOICO INFERIOR (?) | | | Pali-e Gpo. Excoisior | |

1.9. ¿Se ha verificado la existencia de cursos de agua cercanos al área del proyecto?

Esta información resulta especialmente relevante, ya que la presencia de cursos de agua cercanos al área de trabajo puede ser indicativa de un nivel freático alto, lo que requiere una planificación adecuada antes de iniciar las labores de exploración.

Ante esta posibilidad, es recomendable disponer de una motobomba para facilitar la extracción de agua durante la excavación, así como considerar un mayor tiempo de espera para la estabilización del nivel freático. En función del tipo de terreno, puede ser necesario esperar entre una y tres horas tras la excavación para que el nivel del agua se estabilice y pueda registrarse de manera precisa.

Asimismo, no debe pasarse por alto la importancia de muestrear el agua subterránea en envases adecuados para su posterior análisis químico, con el fin de determinar su grado de agresividad al concreto. Este análisis es esencial para el diseño de cimentaciones durables y resistentes, particularmente en zonas con posibles agentes agresivos como sulfatos, cloruros u otras sales disueltas.

Una correcta previsión de estas condiciones garantiza que el estudio de mecánica de suelos sea representativo y técnicamente válido, evitando problemas futuros en la etapa de construcción.

1.10. ¿Se conoce el tipo de edificación que se construirá?

Este aspecto debe ser analizado en función de la Tabla 1 de la Norma Técnica E.050 de Suelos y Cimentaciones, la cual establece los criterios para determinar el tipo de edificación en función del nivel de exigencia estructural y su uso previsto. Para aplicar correctamente esta clasificación, es indispensable contar con información proporcionada por el especialista en estructuras, así como con ciertas características preliminares del proyecto, tales como:

- El número de niveles de la edificación.
- La presencia o no de sótanos.

- El sistema estructural previsto (muros portantes, pórticos, losas, etc.).
- La función del edificio (uso residencial, educativo, hospitalario, industrial, etc.).
- La ubicación geográfica y su contexto sísmico.

Tener claridad sobre estos elementos permitirá definir con precisión el tipo de edificación (I, II, III o IV) y, en consecuencia, establecer los requisitos mínimos del programa de exploración geotécnica, incluyendo la cantidad y profundidad de los sondeos, tipo de ensayos requeridos y nivel de detalle del estudio de suelos.

Este proceso de clasificación es esencial para asegurar que el estudio geotécnico responda adecuadamente a las exigencias del diseño estructural y cumpla con los estándares técnicos exigidos por la normativa vigente.

Tabla 3.

Tipo de edificación u obra para determinar el número de puntos de exploración

| Descripción | Distancia mayor entre apoyos * (m) | Número de pisos (incluidos los sótanos) | | | |
|--|------------------------------------|---|---------------|--------|-----|
| | | ≤ 3 | 4 a 8 | 9 a 12 | >12 |
| Aporticada de acero | < 12 | III | III | III | II |
| Pórticos y/o muros de concreto | < 10 | III | III | II | I |
| Muros portantes de albañilería | < 12 | II | I | -- | -- |
| Bases de máquinas y similares | Cualquiera | I | -- | -- | -- |
| Estructuras especiales | Cualquiera | I | I | I | I |
| Otras estructuras | Cualquiera | II | I | I | I |
| Cuando la distancia sobrepasa la indicada, se clasificará en el tipo de edificación inmediato superior | | | | | |
| Tanques elevados y similares | | ≤ 9 m de altura | >9m de altura | | |
| | | II | I | -- | -- |
| Plantas de tratamiento de agua | | III | | | |
| Instalaciones sanitarias de agua y alcantarillado en obras urbanas | | IV | | | |

Fuente. Norma E050 de Suelos y Cimentaciones – 2018

Esta información es fundamental, ya que con base en ella se podrá determinar posteriormente el número mínimo de exploraciones geotécnicas a realizar, conforme a lo establecido en la Tabla 3.

Dicha tabla relaciona el tipo de edificación (definido previamente con ayuda del especialista en estructuras) con la extensión del área a edificar, estableciendo el número mínimo de puntos de exploración requeridos. De este modo, el correcto diagnóstico inicial del proyecto, en cuanto a tipo de edificación, número de niveles, uso, y presencia de sótano, permitirá desarrollar un programa de exploración eficiente, normativamente adecuado y económicamente optimizado.

Ignorar esta secuencia lógica puede generar deficiencias técnicas en el estudio de mecánica de suelos, provocando observaciones por parte de las entidades revisoras o, en el peor de los casos, el rechazo del informe geotécnico.

Tabla 4.
Número de puntos de exploraciones

| Tipo de edificación u obra | Número de puntos de exploración (n) |
|---|--|
| I | Uno por cada 225 m ² de área techada del primer piso |
| II | Uno por cada 450 m ² de área techada del primer piso |
| III | Uno por cada 900 m ² de área techada del primer piso* |
| IV | Uno por cada 100 m de instalaciones sanitarias de agua y alcantarillado en obras urbanas |
| Habilitación urbana para Viviendas Unifamiliares de hasta 3 pisos | 3 por cada hectárea de terreno por habilitar |

Fuente. Norma E050 de Suelos y Cimentaciones – 2018

Con la información previamente obtenida sobre el tipo de edificación y la relación entre el número de exploraciones por metro cuadrado, según lo indicado en las tablas señaladas, es posible diseñar un Programa de Exploraciones Geotécnicas de Campo adecuado a las características del proyecto.

Es importante recordar que, independientemente del área del proyecto, el número mínimo de exploraciones nunca debe ser inferior a tres (03), conforme lo establece expresamente la normativa. Este criterio busca garantizar una caracterización representativa del subsuelo y reducir la incertidumbre geotécnica asociada al diseño de cimentaciones.

1.11.Consideraciones auxiliares

Teniendo en cuenta toda la información previamente consignada para el diseño del Programa de Exploraciones Geotécnicas de Campo, es importante destacar que no todos los proyectos presentan las mismas condiciones. Aunque algunos casos pueden parecer similares, cada proyecto posee particularidades propias que dependen del planteamiento arquitectónico, de la información proporcionada por el cliente, de las características del terreno y de la ubicación geográfica. Estas variables influyen directamente en la metodología de exploración y en la selección de los ensayos más adecuados.

En este apartado, se deben considerar ciertos aspectos clave, especialmente a partir de la entrada en vigencia de la modificación de la Norma Técnica E.050 de Suelos

y Cimentaciones del 2 de diciembre de 2018, la cual introdujo cambios significativos. A continuación, se resumen algunas de las consideraciones más relevantes:

- a) **Restricción del uso del ensayo de corte directo en suelos naturales:** La norma modificada prohíbe el uso del ensayo de corte directo en suelos naturales, permitiendo su aplicación únicamente en rellenos controlados. Es necesario recordar que este ensayo actúa principalmente sobre la matriz arenosa, lo que significa que los resultados obtenidos reflejan el comportamiento de una arena sin grava, afectando su representatividad en suelos más heterogéneos.
En casos donde se requiere una caracterización más realista de suelos gravosos, se recomienda realizar un ensayo triaxial (tipo UU o CU), que ofrece resultados más confiables para el cálculo de la capacidad portante. Este ensayo debe aplicarse a muestras pasantes por el tamiz de $\frac{3}{4}$ " , utilizando un molde de 4" para garantizar resultados más consistentes.
- b) **Ensayos en rellenos controlados (requisitos previos):** Antes de ejecutar un ensayo de corte directo o triaxial en suelos provenientes de rellenos controlados, es obligatorio identificar una o varias canteras potenciales que suministren los materiales.
Además, se debe realizar previamente un ensayo Proctor modificado, con el fin de establecer la máxima densidad seca del material. A partir de este resultado, los especímenes deben ser recompactados en laboratorio al 95% de dicha densidad, siguiendo las buenas prácticas de reconstitución de muestras para ensayos mecánicos.
- c) **Restricciones sobre el ensayo de densidad de campo con cono de arena:** La norma E.050 también establece que no se puede utilizar el ensayo de densidad de campo con cono de arena para determinar la densidad del terreno natural. Esto representa un cambio importante frente a prácticas anteriores y requiere que se utilicen métodos alternativos aprobados por la normativa vigente, como el nuclear gauge (densímetro nuclear) u otros métodos equivalentes.
- d) **Otras observaciones:** Además de los puntos anteriores, la norma introduce una serie de consideraciones adicionales que deben ser evaluadas con detenimiento por el consultor geotécnico. Esto incluye aspectos relacionados con la profundidad mínima de exploración, criterios para edificación en zonas sísmicas,

y restricciones sobre el uso de ciertos métodos de muestreo o ensayos no representativos.

1.12. Ejemplos aplicados

A continuación, se presentarán diversos ejemplos prácticos orientados a determinar tanto la profundidad mínima de exploración como el número de exploraciones necesarias para la elaboración de un Estudio de Mecánica de Suelos (EMS), conforme a los criterios establecidos en la Norma Técnica E.050 de Suelos y Cimentaciones.

Estos casos permitirán ilustrar la correcta aplicación de las tablas normativas, considerando variables como:

- a) Aplicación y limitaciones de los ensayos (según Tabla 2)
- b) El tipo de edificación (según Tabla 3),
- c) El área total a edificar (según Tabla 4),
- d) La presencia o no de sótanos,
- e) La topografía del terreno,
- f) Y otras condiciones particulares del proyecto.

Ejemplo 01

Un cliente proporciona las siguientes características preliminares de su proyecto:

- Tipo de edificación: vivienda multifamiliar de 9 pisos con sótano.
- Sistema estructural: tipo II (pórticos y muros de concreto armado), con distancia entre apoyos ≤ 9 m.
- Topografía: terreno aparentemente plano.
- Área total del predio: 10,000 m².
- Ubicación general: distrito de Pangoa, Calle Los Cafetaleros.
- Altura del sótano: 3.75 m.
- Información pendiente: ubicación exacta de la edificación dentro del terreno, área a edificar, carga máxima de zapatas y planteamiento arquitectónico.

Observaciones iniciales

Antes de desarrollar el programa de exploraciones, es necesario solicitar información complementaria clave:

- ¿La edificación ocupará todo el terreno o solo una parte?
- ¿Cuál es el área específica a intervenir?
- Confirmar topografía mediante imágenes o levantamiento topográfico (la percepción de “terreno plano” puede ser subjetiva).
- Determinar la carga máxima de cimentación (para validación posterior de la capacidad portante).
- Confirmar ubicación precisa (distrito, calle, coordenadas) para verificar características geológicas y antecedentes.

Paso 1: Cálculo del número de exploraciones

Según la Tabla 4, para edificaciones tipo II, el número mínimo de exploraciones es una por cada 450 m² de área techada del primer piso.

Supuesto: La edificación ocupará toda el área del terreno (10,000 m²).

$$N^{\circ} \text{ de exploraciones} = \frac{10000 \text{ m}^2}{450 \text{ m}^2} = 22.22 \Rightarrow \text{Redondeo: } 23 \text{ exploraciones}$$

Nota: Según la norma, el número mínimo de exploraciones por proyecto nunca debe ser menor a tres (3).

Paso 2: Determinación de la profundidad de exploración

De acuerdo con la fórmula de la E.050:

$$p = h + D_f + z$$

Donde:

h : distancia desde el terreno natural al piso terminado del sótano = 3.50 m.

D_f : profundidad desde el piso del sótano hasta la base de la cimentación = 1.50 m.

$z = 1,5B$; siendo B el ancho de la cimentación prevista de mayor área. Para este caso el ancho estimado de la cimentación prevista de mayor área será de 3.2 m.

Calculando:

$$p = 3.50 \text{ m} + 1.50 \text{ m} + (1.5B * 3.2 \text{ m}) = 9.80 \text{ m}$$

Profundidad de exploración recomendada: 9.80 m (se sugiere considerar 1 m adicional por precaución: 10.80 m).

Paso 3: Selección de ensayos in situ

Con base en la ubicación del proyecto (Pangoa, zona de selva central) y referencias locales, se presume la presencia de suelos arcillosos y nivel freático superficial. Por lo tanto, los ensayos más adecuados in situ serían:

- SPT (Standard Penetration Test): aplicable a suelos finos, limosos o arcillosos, saturados o parcialmente saturados.
- Veleta de campo: útil en suelos cohesivos blandos saturados (sin grava ni arena gruesa).

Se recomienda revisar la Tabla 2, donde se especifica la aplicabilidad del SPT según el tipo de suelo (no recomendable en gravas).

Paso 4: Ensayos de laboratorio

Para caracterizar los perfiles estratigráficos y determinar parámetros resistentes y clasificatorios, se sugiere:

- Triaxial CU (Consolidado No Drenado), por su aplicabilidad en suelos cohesivos y su mayor representatividad frente al corte directo.
- Ensayos complementarios: granulometría, contenido de humedad, límites de Atterberg, clasificación SUCS y AASHTO, densidad seca, etc.

Paso 5: Consideración de métodos geofísicos

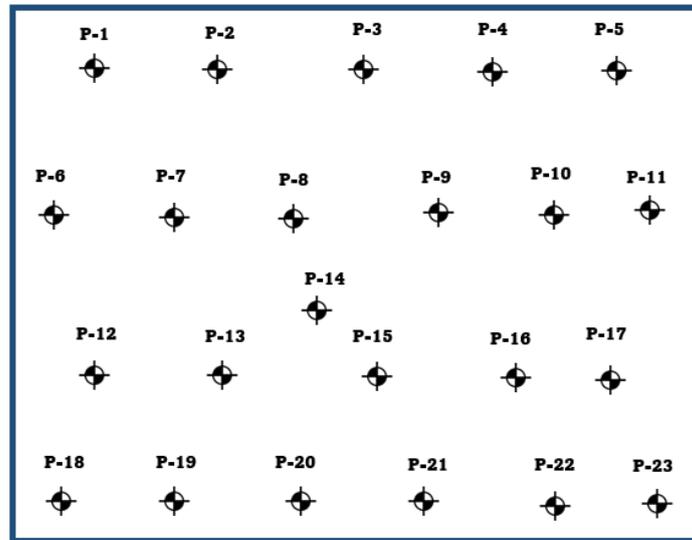
Según la norma NTP 339.162 (Guía normalizada para caracterización de campo), se pueden complementar las perforaciones con:

- Sondeos geofísicos (MASW, refracción sísmica, resistividad eléctrica).
- Profundidades alcanzables: hasta 30 m.
- Utilidad: interpolar estratos entre sondeos, detectar niveles duros o blandos y optimizar la ubicación de calicatas.

Nota 4 (NTP 339.162): Las investigaciones geofísicas superficiales pueden guiar la ubicación de perforaciones y deben verificarse con sondeos mecánicos.

Figura 12.

Propuesta de perforaciones in situ



Conclusiones del caso

- Se requiere realizar 23 exploraciones hasta una profundidad mínima de 10.80 m.
- Ensayos recomendados: SPT y veleta de campo in situ; triaxial CU y ensayos de identificación en laboratorio.
- Se recomienda considerar complementar con estudios geofísicos para mayor confiabilidad.
- La ubicación precisa de la edificación y el análisis de cargas estructurales permitirán afinar el programa de exploración.

Ejemplo 02

Para completar adecuadamente el Programa de Exploraciones Geotécnicas de Campo, es indispensable prever qué ensayos in situ se podrán ejecutar y qué ensayos de laboratorio serán necesarios, con el objetivo de obtener muestras representativas que permitan un estudio confiable de mecánica de suelos. A continuación, se detallan las consideraciones clave:

- Se tiene definido que el número total de exploraciones será de 23 puntos, con una profundidad mínima de 9.80 m (recomendándose ampliar a 10.80 m por seguridad normativa).
- Es necesario definir cuántas de estas exploraciones se realizarán mediante perforaciones mecánicas y cuántas mediante calicatas, evaluando las condiciones de seguridad en campo. En el caso de optar por calicatas, se debe prever la estabilidad de las paredes para evitar desmoronamientos o accidentes laborales.
- Actualmente, no se cuenta con información suficiente sobre las características geotécnicas del terreno, por lo que no es posible establecer con certeza el tipo de material que se encontrará durante la exploración.
- En consecuencia, es indispensable obtener información complementaria (croquis del terreno, fotografías, referencias locales o estudios preliminares) para finalizar el diseño del programa de exploración de manera precisa y segura.

Antes de ejecutar las exploraciones, se debe realizar una visita técnica al sitio o recopilar información secundaria confiable, con el fin de:

- Estimar el tipo de suelo predominante,
- Confirmar la presencia o ausencia de nivel freático,
- Determinar la viabilidad del uso de calicatas o perforaciones profundas,
- Y afinar el plan de muestreo y selección de ensayos conforme al tipo de suelo esperado, tal como lo requiere la Norma Técnica E.050.

Ejemplo 03

Planteamiento del caso:

Se utilizarán los mismos datos generales del Ejemplo N.º 01, con la diferencia de que la edificación no tendrá sótano y el área techada del primer piso será de 5,945 m². El tipo estructural se mantiene como Tipo II (pórticos y muros de concreto), en un terreno plano, ubicado en la zona de Pangoa.

Solución:

1. Determinación del número de exploraciones: Según la Tabla 4 de la Norma Técnica E.050, para edificaciones Tipo II se requiere una exploración por cada 450 m² de área techada del primer piso.

$$N^{\circ} \text{ de exploraciones} = \frac{5945 \text{ m}^2}{450 \text{ m}^2} = 13.21 \Rightarrow \text{Redondeo: } 14 \text{ exploraciones}$$

Resultado: Se deberán realizar 14 exploraciones geotécnicas.

2. Determinación de la profundidad mínima de exploración: Para edificaciones sin sótano, la profundidad mínima se calcula con la siguiente fórmula, establecida en el artículo 15.c.1 de la Norma E.050:

$$p = D_f + z$$

Donde:

D_f : Profundidad desde la superficie natural hasta el fondo de la cimentación (estimado en 1.50 m)

$z = 1.5 B$, siendo B el ancho estimado de la cimentación más cargada (en este caso se asume 3.20 m)

Calculando:

$$p = 1.50 \text{ m} + (1.5B * 3.2 \text{ m}) = 6.30 \text{ m}$$

Resultado: La profundidad mínima de exploración será de 6.30 m.

Conclusión

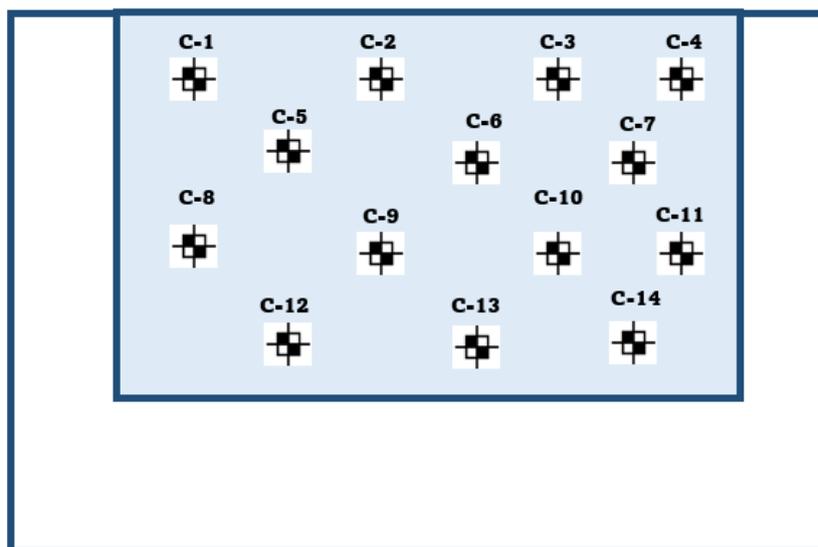
Para el caso de una edificación sin sótano y de tipo estructural II, con un área techada de primer piso de 5,945 m²:

- Se deberá ejecutar un total de 14 exploraciones geotécnicas,
- Con una profundidad mínima de 6.30 m en cada una de ellas.

En función del tipo de suelo esperado y las condiciones del terreno en Pangoa, se recomendará definir posteriormente el tipo de exploración (calicatas o perforaciones) y los ensayos in situ o de laboratorio más adecuados.

Figura 13.

Calicatas sectorizadas en terreno total.



En el Ejemplo 02 se ha considerado la ejecución de calicatas como método de exploración, dado que la profundidad requerida (6.30 m) se encuentra en el límite superior de lo recomendable para este tipo de excavación. Sin embargo, esta decisión debe ser evaluada con mayor rigor técnico, especialmente si se sospecha la presencia de nivel freático superficial, como ocurre comúnmente en zonas de la selva central, como Pangoa.

En presencia de agua subterránea, el uso de calicatas puede representar un riesgo de colapso de paredes y limitar la calidad del muestreo. En tales condiciones, es recomendable considerar perforaciones mecánicas como alternativa más segura y eficiente. La decisión final deberá basarse en un análisis comparativo de costos, tiempos de ejecución y condiciones de seguridad, considerando además la logística de acceso al sitio y la disponibilidad de equipos.

Como se ha podido apreciar en los Ejemplos 01 y 02, la presencia o ausencia de sótano y la dimensión del área a edificar inciden significativamente en el diseño del

Programa de Exploraciones Geotécnicas de Campo. Estos factores influyen directamente en:

- El número de exploraciones requeridas (mayor área implica más puntos);
- La profundidad mínima de investigación (influenciada por el tipo de cimentación y nivel de desplante);
- El tipo de técnica exploratoria a emplear (calicatas o perforaciones);
- Y la viabilidad económica y técnica del programa de exploración.

Por ello, es fundamental contar con la mayor cantidad de información preliminar posible y aplicar criterios técnicos normativos conforme a la Norma Técnica E.050 Suelos y Cimentaciones y la NTP 339.162, a fin de optimizar recursos y garantizar un estudio de mecánica de suelos confiable y seguro.

Ejemplo 04

Con los datos del Ejemplo 03 no es posible culminar con el Programa de Exploraciones Geotécnicas de Campo, debido a que no se cuenta con información clave, como la ubicación exacta del proyecto. Este dato es fundamental para:

- Determinar el tipo de suelo predominante en la zona,
- Evaluar la presencia de nivel freático,
- Estimar la accesibilidad para maquinaria o personal de campo,
- Y definir adecuadamente los métodos de exploración (calicatas, perforaciones o métodos geofísicos complementarios).

Sin esta información, cualquier estimación del número de exploraciones o de su profundidad sería incompleta o imprecisa, comprometiendo la confiabilidad del estudio geotécnico final.

Recomendación técnica:

Se recomienda que el cliente o proyectista proporcione, como mínimo, los siguientes datos para continuar con el diseño del programa:

- Ubicación exacta del terreno (dirección, coordenadas o referencia geográfica verificable),
- Área del proyecto y su posible distribución sobre el terreno,
- Información preliminar del tipo de edificación,
- Indicación sobre si existirá sótano o no,
- Fotografías o croquis del terreno (para evaluar topografía y condiciones de acceso).

La falta de datos esenciales impide establecer un programa de exploración técnicamente válido. Como en los ejemplos anteriores, se reitera que la etapa preliminar de recopilación de información es determinante para diseñar un estudio de mecánica de suelos que cumpla con los criterios de la Norma Técnica E.050 y demás normas complementarias.

Ejemplo 05

Se tiene un terreno de 8650 m² donde se construirá un hospital con las condiciones siguientes:

- Área total del terreno: 8,650 m²
- Área techada del primer nivel: 6,550 m²
- Zona del proyecto: Selva Central – Distrito de Río Negro
- Proximidad a un curso de agua: < 100 m
- N.º de pisos: 3 niveles + 1 sótano (total: 4 niveles estructurales)
- Sistema estructural: Pórticos de concreto armado
- Distancia máxima entre apoyos: 5.00 m
- Terreno presenta desnivel de 4.00 m aprox. entre extremos (de cota 2829 a 2825 m.s.n.m.)

Determinar la profundidad de exploración y el número de exploraciones, para el estudio de mecánica de suelos.

Figura 14.

Área y cotas del terreno a construir

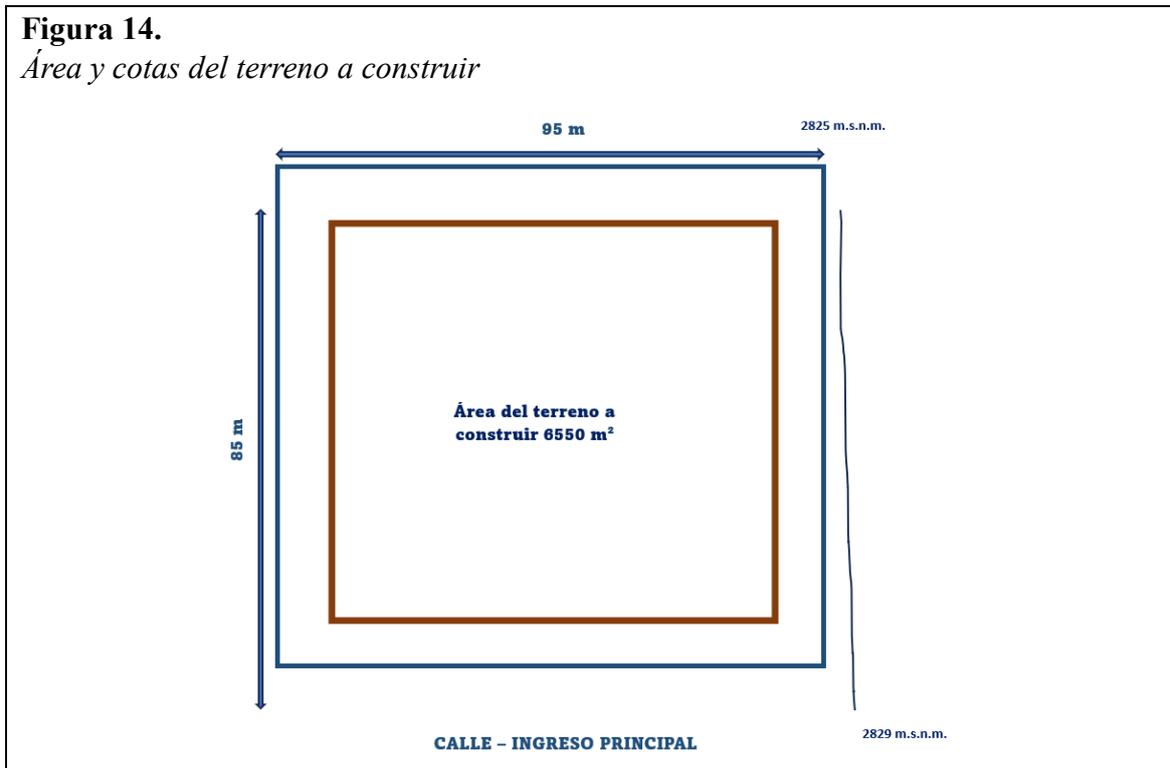


Figura 15.

Ubicación del terreno y curso de agua.



1. Determinación del tipo de edificación según E.050

De acuerdo con la clasificación de la Norma Técnica E.050, se trata de una edificación Tipo III, por contar con:

- Pórticos estructurales,
- Más de 3 niveles,
- Y distancia entre apoyos > 4 m.

2. Cálculo del número de exploraciones

Según Tabla 4 de la E.050, para edificaciones Tipo III se requiere 1 exploración cada 900 m^2 de área techada del primer nivel:

$$N^{\circ} \text{ de exploraciones} = \frac{6550 \text{ m}^2}{900 \text{ m}^2} = 7.27 \Rightarrow \text{Redondeo: } 8 \text{ exploraciones}$$

Resultado: Se deberán realizar 8 exploraciones geotécnicas.

3. Cálculo de la profundidad mínima de exploración

Se aplica la fórmula establecida en el artículo 15.c.1 de la Norma E.050 para edificaciones con sótano:

$$p = h + D_f + z$$

Donde:

h : Altura desde el terreno natural hasta el nivel del piso terminado del sótano = 4.00 m (considerando el desnivel observado en planos).

D_f : Profundidad desde el piso del sótano hasta el fondo de cimentación = 1.50 m (valor típico estimado).

$z = 1,5B$; siendo B el ancho de la cimentación prevista de mayor área. Para este caso el ancho estimado de la cimentación prevista de mayor área será de 2.6 m.

Calculando:

$$p = 4.00 \text{ m} + 1.50 \text{ m} + (1.5B * 2.6 \text{ m}) = 9.40 \text{ m}$$

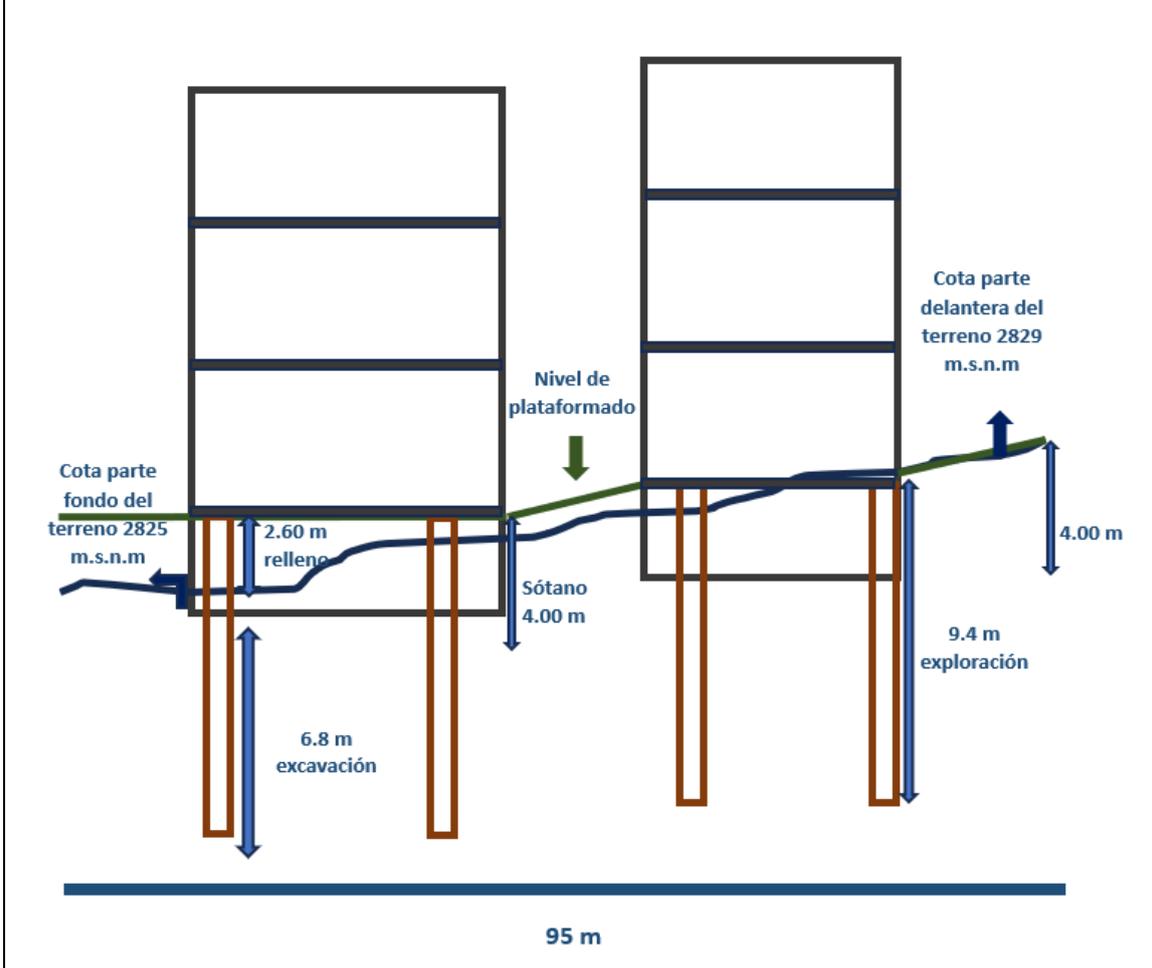
Resultado: La profundidad mínima de exploración será de 9.40 m, medida desde el nivel de plataforma arquitectónica proyectada.

4. Consideraciones complementarias

- El desnivel del terreno natural implica que las profundidades de exploración pueden variar según el corte o relleno proyectado para nivelar el sitio (plataformado).
- Se debe coordinar con el área de diseño arquitectónico y estructuras para ajustar los niveles de desplante y evitar subestimación en los perfiles geotécnicos.
- La presencia de un curso de agua a menos de 100 m sugiere la alta probabilidad de encontrar nivel freático superficial, por lo que se recomienda considerar:
 - Ensayo SPT en perforaciones,
 - Ensayo de veleta de campo si se detectan suelos blandos y saturados,
 - Disposición de motobombas para abatimiento si se realizan calicatas,
 - Muestreo de agua para análisis de agresividad al concreto.

Figura 16.

Nivel de plataformado, corte, relleno, cotas del terreno y profundidad de exploración propuesta



Como se puede apreciar, de acuerdo con la topografía del terreno y el nivel de plataformado proyectado, las excavaciones tendrán diferentes profundidades. Además, existirán zonas con rellenos, los cuales requieren consideraciones específicas en el estudio de mecánica de suelos (que se abordarán más adelante).

La profundidad de exploración, conforme a la Norma Técnica E.050, se debe medir a partir del nivel del plataformado y no desde la superficie natural del terreno.

En la figura referencial, se observa que:

- En el lado izquierdo del terreno, la profundidad de excavación será de 6.80 m,
- Mientras que, en el lado derecho, la excavación alcanzará los 9.40 m,

Estas diferencias se deben al desnivel existente y al diseño de nivelación (plataformado). Esto resalta la importancia de contar con el diseño arquitectónico y

topográfico definitivo, ya que cambios en el nivel de corte o relleno pueden alterar significativamente las profundidades de exploración requeridas.

Asimismo, dado que se ha reportado la existencia de un curso de agua a menos de 100 metros, es altamente probable la presencia de un nivel freático alto, lo que complica las excavaciones manuales o con maquinaria pesada, especialmente en suelos blandos y saturados.

Por otro lado, al haberse indicado que el proyecto se ubica en la zona de Río Negro – Selva Central, se puede inferir que los suelos predominantes serán arcillosos con presencia de arenas, y es poco probable encontrar gravas. Bajo estas condiciones, lo más recomendable sería optar por:

- Ensayos in situ como el SPT (Standard Penetration Test), utilizando perforación diamantina, lo que permite una mejor recuperación de muestras y mayor precisión en la estratigrafía,
- Complementar con ensayos de laboratorio (granulometría, límites de Atterberg, clasificación SUCS y AASHTO, corte triaxial, etc.),
- Y considerar, de ser posible, exploraciones geofísicas (como sísmica de refracción o MASW), las cuales han demostrado resultados satisfactorios en condiciones de difícil acceso o suelos saturados.

Ejemplo 06

Con base en los datos proporcionados para este caso, sabemos que la edificación se ejecutará en el distrito de Río Negro, con un total de 8 exploraciones y una profundidad mínima de 9.40 m. A partir de experiencias previas en proyectos cercanos, se anticipa la presencia de nivel freático alto y suelos predominantemente arcillosos.

Considerando la topografía del terreno y los diferentes niveles de plataformado, se puede observar que:

- En la parte frontal del predio (adyacente a la vía pública), no será necesario ejecutar rellenos controlados.
- En cambio, en la zona posterior y otras áreas, sí se requerirán rellenos controlados, lo que implica tratamientos especiales en el diseño de cimentaciones.

Propuesta de Ensayos In Situ

Con los datos disponibles, y conforme a lo establecido en la Tabla 3 de la Norma E.050, se plantea el siguiente esquema de exploración geotécnica:

- Ensayos geofísicos:
 - 1 línea de refracción sísmica,
 - 1 línea de ensayos MASW, estas líneas servirán como método complementario para identificar discontinuidades o contrastes litológicos entre las exploraciones puntuales.
- 8 ensayos SPT (con perforación diamantina):
Se recomienda utilizar este método debido a:
 - La profundidad requerida (9.40 m),
 - La probable presencia de nivel freático,
 - La necesidad de obtener muestras representativas por estrato para análisis de laboratorio.

Ensayos de Laboratorio Recomendados

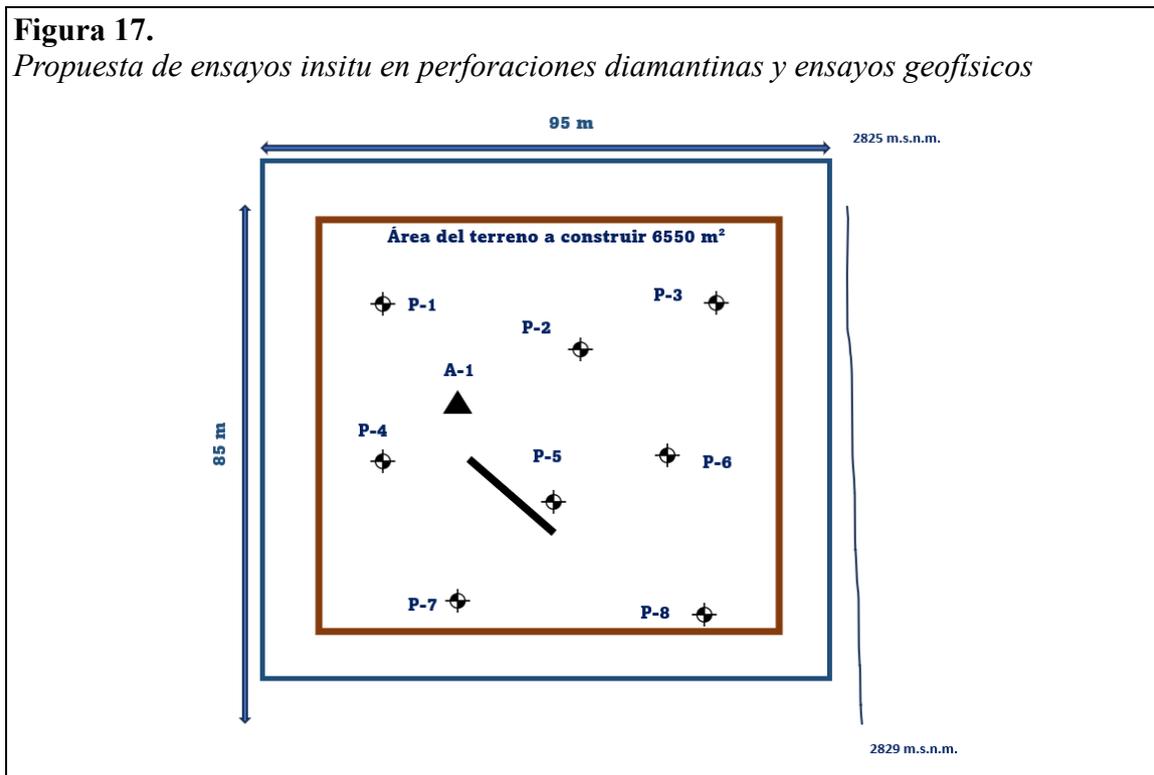
Para la caracterización adecuada del subsuelo, se propone realizar los siguientes ensayos:

- **Granulometría** (tamiz y densímetro),

- **Límites de Atterberg** (líquido y plástico),
- **Clasificación SUCS y AASHTO**,
- **Triaxial tipo CU**, por la saturación esperada y la necesidad de simular condiciones drenadas/no drenadas,
- **Ensayo de hinchamiento**, debido al tipo arcilloso del suelo,
- **Consolidación unidimensional**, para estimar asentamientos primarios y secundarios.

Figura 17.

Propuesta de ensayos insitu en perforaciones diamantinas y ensayos geofísicos



| | |
|--|---|
| | Es la simbología para perforaciones |
| | Es la simbología para auscultaciones – empleada para el MASW |
| | Esta simbología no se encuentra en la norma, pero la estamos utilizando para la línea de refracción sísmica |

La Norma E.050, en su Artículo 14 (Técnicas de Exploración de Campo), remite a la Norma NTP 339.162, que en su numeral 7.3 establece que:

“Los métodos de sondeo geofísico pueden ser usados como complemento a los datos de las perforaciones y afloramientos para interpolar entre sondeos.”

A su vez, se destaca que, por definición (RAE), complemento es aquello que “se añade para hacer algo íntegro o perfecto”, lo que en términos técnicos implica que la geofísica no reemplaza sino refuerza la información obtenida por métodos directos.

Recomendaciones Técnicas

Según nuestra experiencia, los ensayos geofísicos son especialmente valiosos en:

- Edificaciones de más de cinco niveles,
- Proyectos críticos como hospitales, centros educativos o penitenciarios,
- Zonas con condiciones topográficas irregulares o alto nivel freático.

En casos urbanos donde el área del terreno es reducida (150–200 m²), como en proyectos de 8 a 12 pisos, realizar tres exploraciones puede ser físicamente inviable. En tales circunstancias, se ha trabajado con:

- 2 perforaciones o calicatas,
- Y 1 punto de ensayo geofísico (MASW + refracción sísmica), lográndose así resultados satisfactorios y aceptados por las entidades evaluadoras.

Cabe recalcar que, tal como lo indica la NTP 339.162, los ensayos geofísicos deben estar acompañados de exploraciones directas (perforaciones o calicatas), ya que:

- Son métodos indirectos y pueden arrojar resultados erróneos si no se interpretan correctamente.
- No permiten determinar la composición porcentual de los suelos (por ejemplo, arena con arcilla), lo cual es fundamental para validar los resultados de laboratorio y los modelos geotécnicos propuestos.

Conclusiones

1. No existen dos realidades iguales al momento de ejecutar un Programa de Exploraciones ni un Estudio de Mecánica de Suelos (EMS). Por ello, la responsabilidad profesional es fundamental, ya que están en juego tanto la libertad como el prestigio profesional. Cada proyecto presenta particularidades únicas que deben ser analizadas con rigurosidad técnica.
2. Un buen Programa de Exploraciones y un correcto Estudio de Mecánica de Suelos constituyen la base estructural de todo el proyecto. De nada servirá contar con una excelente edificación —con concreto de alta resistencia, acero estructural de calidad y acabados de primera— si la cimentación falla por no haber sido diseñada en función de un estudio geotécnico adecuado.
3. El Programa de Exploraciones y el EMS no son un complemento, sino el punto de partida del diseño estructural. Por tanto, deben ser concebidos como una inversión esencial y estratégica, y no como un gasto prescindible. Minimizar su importancia pone en riesgo la viabilidad y seguridad del proyecto.
4. Una correcta planificación desde gabinete del Programa de Exploraciones es vital. Para ello, se requiere recopilar información de calidad, actualizada y verificada, antes de ingresar al campo. Solo así se podrá evitar encontrarse con una realidad distinta a la prevista y se tomarán decisiones acertadas desde el inicio.

Glosario de términos:

Programa de Exploración de Campo: Es un plan coordinado de tareas que establece los límites del área de estudio, la cantidad y profundidad de los puntos de investigación, su disposición espacial, así como la cantidad y tipo de muestras a recolectar. Además, define los ensayos a realizar tanto in situ como en laboratorio, con el objetivo de caracterizar geotécnicamente el terreno (Norma E.050 Suelos y Cimentaciones, s.f.).

Investigaciones Geotécnicas: Conjunto de actividades organizadas que buscan determinar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos y rocas en un sitio específico. Su propósito es sustentar la viabilidad técnica de las infraestructuras proyectadas, así como identificar factores de riesgo que puedan comprometer la seguridad o estabilidad del proyecto en fases posteriores (Cámara de Comercio Canadá–Perú, 2020). Estas investigaciones exigen la intervención de equipos multidisciplinarios.

Estudio de Mecánica de Suelos (EMS): Es el conjunto de exploraciones de campo, ensayos de laboratorio y análisis de gabinete cuyo objetivo es conocer las propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas de los suelos de un terreno determinado. La información obtenida permite diseñar de manera segura y eficiente las cimentaciones, pavimentos, muros de contención, obras de tierra y otras estructuras necesarias para el desarrollo del proyecto (Norma E.050 Suelos y Cimentaciones, s.f.).

Bibliografía

- Alva Hurtado, J. E. (s. f.). *Cimentaciones superficiales*. Recuperado de http://www.jorgealvahurtado.com/files/labgeo26_a.pdf
- Aracil Ávila, E. (2015). *El geólogo geofísico* (p. 258). Universidad de Burgos. Recuperado de <http://www.icog.es/files/geofisico.pdf>
- ASTM International. (2018). *Standard Guide for Soil Exploration by Test Trenches (NTP 339.162)*. Recuperado de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-privada-antenor-orrego/construccion-ii/calicatas-apuntes/26902042>
- Das, B. M. (2001). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. Thomson Learning. Recuperado de <https://www.academia.edu/37854899/>
- Juárez Badillo, E., & Rico Rodríguez, A. (2012). *Mecánica de suelos: Tomo 3. Flujo de agua en suelos*. Limusa. Recuperado de <http://biblioteca.unfv.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=33110>
- Las investigaciones geotécnicas, un trabajo de equipos multidisciplinarios | Cámara de Comercio Canadá-Perú. (2020, agosto 18). Recuperado de <https://www.canadaperu.org/noticia/las-investigaciones-geotecnicas-un-trabajo-de-equipos-multidisciplinarios>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (s. f.). *Norma técnica E.050 Suelos y cimentaciones*. Recuperado el 16 de mayo de 2024, de <https://drive.google.com/file/d/1XdLUkwUqDXsuIQgSbFsJ-J9BTt4u3Hp5/view>

Capítulo II.

Tipo de muestreo en el programa de exploración

Resumen

En este capítulo se desarrollan las consideraciones para un correcto muestreo en campo por estrato, a partir de cada una de las calicatas. Por ello, es fundamental que el proceso de muestreo se realice con sumo cuidado. En el caso de suelos finos, en los que sea posible obtener muestras inalteradas, es importante identificar la cara del estrato sobre la cual se cimentará la edificación, a fin de que el ensayo se realice en dicha superficie.

Asimismo, debe garantizarse que la muestra no pierda humedad ni sea alterada durante el traslado, pues ello comprometería la validez de los resultados. También se detallan los ensayos in situ que pueden aplicarse, de acuerdo con lo establecido en la Norma Técnica E.050 de Suelos y Cimentaciones.

Se presentan casos en los que un muestreo incorrecto generó problemas tanto durante la ejecución de la obra como en la etapa posterior, ocasionando consecuencias adversas para los profesionales responsables. Finalmente, se realiza un análisis detallado de cada caso.

2.1. Consideraciones generales

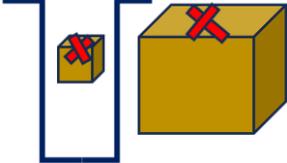
En cada calicata se debe realizar el muestreo por estrato, con el objetivo de identificar el tipo de suelo encontrado y sus características. Para ensayos de clasificación, una muestra de aproximadamente 10 kg es suficiente en suelos granulares, mientras que en suelos finos bastará con 3 kg. Es importante recordar que el volumen de muestra requerido dependerá del tamaño de las partículas presentes. Asimismo, si por algún motivo no se cuenta con un especialista durante el muestreo, recolectar las cantidades mencionadas garantizará que el laboratorio disponga de suficiente material para los análisis correspondientes.

Particular atención debe prestarse al muestreo del estrato que servirá como base de apoyo para la cimentación. En este caso, si no se tiene conocimiento detallado sobre los tipos de suelo, se recomienda recolectar al menos 40 kg de material en suelos granulares,

mientras que en suelos finos serán suficientes 20 kg. Esta recomendación aplica cuando el estrato no corresponde a un relleno controlado.

Tabla 5.

Consideraciones para muestreo

| Ítem | Suelos granulares | Suelos finos |
|------|--|---|
| 01 | <p>En este tipo de suelos, es difícil obtener muestras inalteradas; por lo tanto, el muestreo deberá realizarse mediante muestras alteradas en bolsa de plástico (MAB). Es importante considerar que estas bolsas deben ser colocadas posteriormente en costales de polipropileno, con el fin de evitar su deterioro durante el transporte y asegurar que la muestra llegue en condiciones adecuadas al laboratorio.</p> <p>Adicionalmente, si el envío se realiza desde una zona distante, se recomienda envolver los costales con abundante papel film. Esta medida contribuye a proteger las muestras durante la manipulación y transporte, evitando roturas y posibles contaminaciones.</p>  | <p>En suelos finos sí es posible realizar el muestreo inalterado (MIB), dado que el tipo de material —como arcillas o limos— lo permite. Sin embargo, en el caso de los limos, la obtención de muestras inalteradas puede presentar dificultades debido a su limitada cohesión, lo que impide mantener la forma y estabilidad del espécimen.</p> <p>Es fundamental considerar el propósito del muestreo: si se busca determinar únicamente el tipo de suelo o el contenido de humedad, puede utilizarse una muestra alterada. No obstante, si el muestreo corresponde al estrato de apoyo de la cimentación, se recomienda tomar la muestra inalterada con el mayor cuidado posible. En la gráfica, se explica con mayor detalle este procedimiento.</p>  <p>Asimismo, es indispensable que se identifique con precisión el lado del espécimen que estará orientado hacia la carga estructural. Para ello, se debe marcar con tinta indeleble sobre el papel film una "X" que indique dicha orientación. Esta indicación permitirá que el laboratorio ejecute los ensayos pertinentes de manera técnicamente adecuada, respetando la orientación original de la muestra.</p> |

Por otro lado, los ensayos *in situ* para la determinación de la densidad del suelo son de gran importancia. Sin embargo, la Norma Técnica E.050 establece que no está permitido emplear los siguientes métodos para determinar la densidad en terrenos naturales:

- **NTP 339.143** – Método de ensayo estándar para la densidad y peso unitario del suelo *in situ* mediante el método del cono de arena.
- **NTP 339.253** – Método de ensayo normalizado para la medición de la densidad de suelos y rocas *in situ* por el método de reemplazo con agua en un pozo de exploración.

- **NTP 339.256** – Métodos de ensayo estándar para la determinación de la densidad y peso unitario de suelos *in situ* por el método del balón de jebe.

Estos métodos solo deben emplearse en el control de compactación de rellenos controlados o de ingeniería, y no son válidos para la caracterización de suelos naturales.

Si se revisa la Tabla 3 de la norma E.050, se observa que, para determinar la densidad de suelos en condiciones naturales, solo está permitido el uso del siguiente ensayo:

- **Métodos de ensayo estándar para densidad *in situ* del suelo y suelo-agregado por medio de métodos nucleares (profundidad superficial).**

Además, es posible estimar la densidad mediante correlaciones con los resultados del ensayo SPT.

En el caso de suelos finos, si se realiza el ensayo SPT con perforación diamantina, es posible obtener muestras continuas que pueden ser utilizadas para determinar la densidad del suelo a través del ensayo de peso volumétrico en suelos cohesivos, lo cual es fundamental para la ejecución del ensayo triaxial.

Por esta razón, se recomienda —con base en la experiencia profesional— optar por el ensayo SPT con perforación diamantina, ya que permite no solo obtener perfiles estratigráficos más precisos, sino también recolectar muestras representativas que sirven para ejecutar una gama de ensayos de laboratorio (granulometría, límites de consistencia, triaxial, consolidación, entre otros) fundamentales para el diseño adecuado de cimentaciones.

2.2. Casos

Precisamos a continuación algunos casos registrados en distintos proyectos de edificaciones, tanto en la etapa de estudio definitivo como durante la ejecución de obra, los cuales ilustran la importancia de que el proyectista, los especialistas, el residente y el supervisor de obra conozcan y comprendan adecuadamente el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS), y sobre todo, que este estudio haya sido realizado en el lugar definitivo donde se ejecutará la edificación.

Por principios de confidencialidad y ética profesional, no se mencionarán los nombres reales de entidades, responsables ni ubicaciones exactas; se utilizarán únicamente nombres simulados para fines ilustrativos y pedagógicos.

Caso 01

Antecedentes

Tras la culminación de una institución educativa en la zona andina, autoridades locales y miembros de la comunidad denunciaron ante el órgano de control y el Ministerio Público que, a menos de un año de su entrega, la infraestructura presentaba asentamientos significativos y fisuras estructurales. Ante esta situación, la entidad contratante emitió una invitación a diversas consultoras para realizar una evaluación técnica que permitiera determinar el origen de los daños. Nuestra propuesta fue seleccionada.

Desarrollo del trabajo

Conforme a los Términos de Referencia (TDR), se planificaron las actividades de campo, movilizándose a la zona tanto los especialistas contratados como personal de la entidad responsable. En campo, se nos facilitó el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) realizado para el proyecto. A simple vista, el expediente técnico parecía coherente: se incluían los ensayos de laboratorio y de campo reglamentarios. Sin embargo, los daños observados no coincidían con el comportamiento esperado para un suelo clasificado como grava limosa con arena. En teoría, este tipo de suelo no debería presentar asentamientos diferenciales superiores a 7.5 cm, como los reportados.

Durante la ejecución de las calicatas y perforaciones, el equipo técnico notó que la excavación era inusualmente fácil, lo que resultaba contradictorio para un suelo granular. Al consultar con el personal, señalaron que el terreno estaba "muy blando". Esta respuesta alertó inmediatamente al geotecnista a cargo, quien solicitó conversar con las autoridades comunales. La información proporcionada por los comuneros cambió por completo el diagnóstico técnico inicial:

En 1973, esta zona era una ladera. Para construir un campo deportivo, rellenamos la pendiente y en 1975 inauguramos nuestra losa deportiva. Allí realizamos actividades por más de 40 años. En 2016 donamos ese mismo terreno para construir la escuela. Los proyectistas nos visitaron en 2018 y se les indicó el lugar exacto.

Figura 18.

Evolución del terreno natural año 1973 y con relleno no controlado año 1975 – 2020

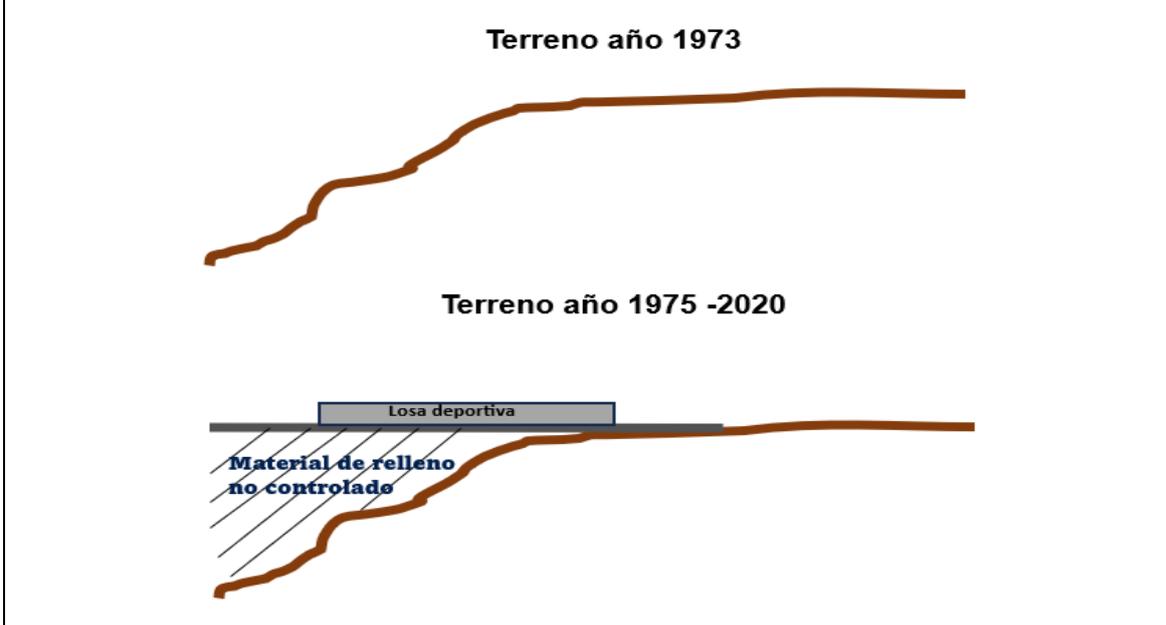
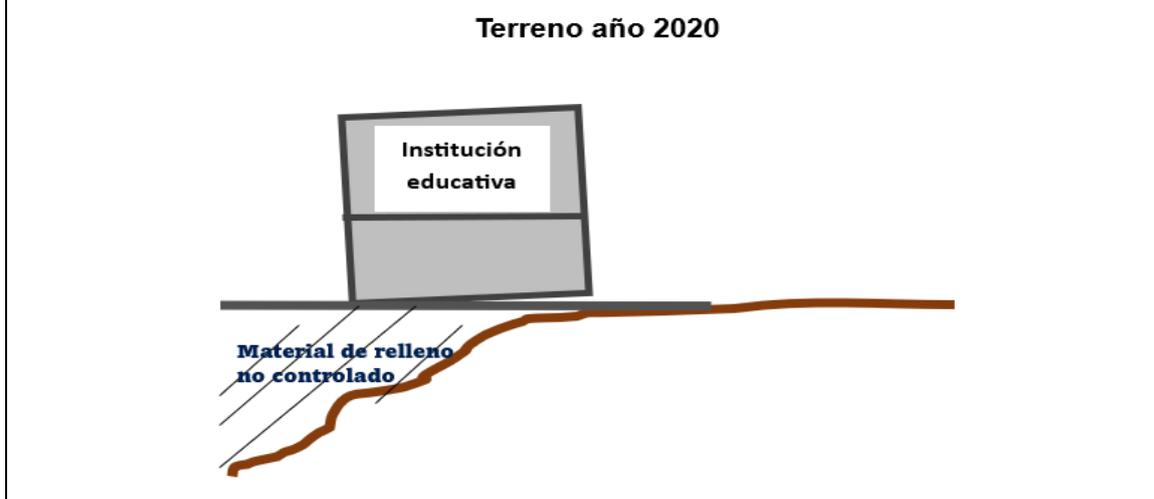


Figura 19.

Falla de módulo de institución año 2020



Análisis técnico

A partir de esa información, se concluyó lo siguiente:

- El terreno donde se construyó la institución educativa correspondía a un relleno no controlado con más de 40 años de antigüedad.
- A pesar de que el material era gravoso, nunca fue compactado adecuadamente como relleno de ingeniería.

- El EMS fue realizado como si el terreno fuera natural, sin advertir la condición de relleno.
- Los valores de densidad natural fueron asumidos arbitrariamente, sin verificación en campo. Según los comuneros, los encargados del muestreo solo recolectaron muestras y se retiraron sin profundizar en el diagnóstico.
- No se propusieron alternativas técnicas adecuadas, como la ejecución de un nuevo relleno controlado, cimentación profunda, o el uso de micropilotes.
- Los resultados del EMS resultaron ser incongruentes con las condiciones reales del terreno.

Consecuencias legales

A raíz de la investigación:

- El responsable del proyecto fue condenado a 7 años de prisión, dado que los TDR exigían su firma en todos los productos, incluyendo el EMS.
- El ingeniero firmante del EMS también fue condenado a 7 años de prisión, por avalar un estudio realizado sin supervisión adecuada y con información técnica deficiente.
- El laboratorio y el personal de campo no recibieron sanciones, ya que la Norma Técnica E.050 establece que el responsable del estudio es quien firma el informe, no quienes realizan los ensayos.

Reflexión técnica y ética

Este caso evidencia cómo una decisión aparentemente menor —como confiar ciegamente en resultados de laboratorio sin verificar en campo— puede tener consecuencias devastadoras en la carrera y la libertad de un profesional. El ahorro de unos pocos miles de soles terminó costando la libertad de dos personas.

Si se hubiera advertido el uso de un relleno no controlado, el especialista podría haber recomendado:

- Un diseño de cimentación alternativo (como zapatas interconectadas con vigas de amarre).
- Determinar correctamente la capacidad portante del estrato inferior.
- Rechazar el uso del terreno en esa zona por riesgo geotécnico elevado.

Aun si se optaba por continuar, un correcto diagnóstico habría permitido adoptar soluciones técnicas más conservadoras y seguras.

Conclusión

El caso demuestra la importancia crítica de la verificación en campo y de un diseño geotécnico contextualizado. Además, subraya la responsabilidad legal del ingeniero firmante. Por lo tanto, si eres responsable de un EMS, debes estar presente en el campo y asegurarte de que cada muestra y dato esté debidamente verificado. La libertad y el prestigio profesional no pueden ser comprometidos por ahorrar tiempo o dinero.

Caso 02

Se realizó la confirmación de una cotización que incluía la determinación de la capacidad portante del suelo, la cual contemplaba los siguientes ensayos: granulometría, límites de consistencia, densidad natural o peso volumétrico (o en su defecto, densidad máxima y mínima), triaxial, y elaboración de perfiles estratigráficos a partir de tres calicatas.

Estando en obra, los clientes ya habían ejecutado las calicatas con una profundidad de 3.00 m. Se procedió entonces a muestrear y trasladar el material al laboratorio. En este proceso, toda información adicional es valiosa. El personal en campo escuchó que existían discrepancias entre la supervisión y la residencia respecto a reforzar la cimentación de la edificación, debido al tipo de suelo hallado.

Cuando el especialista revisó las muestras, advirtió que desde los 2.10 m hasta los 3.00 m se presentaban gravas con bolonería y alto contenido de humedad. En los primeros estratos se identificaron materiales finos, consistentes en arcillas y limos. Ante ello, se contactó al cliente para definir el estrato representativo para muestreo. Esta fue su respuesta:

- Según el expediente técnico y el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS), la profundidad de cimentación establecida era de 1.70 m, y se había considerado el uso de falsas zapatas. Mencionó, además, que la capacidad portante indicada era de 0.45 kg/cm^2 , valor que llamó la atención por ser bajo.
- Otro detalle preocupante fue que el terreno sobre el cual se había realizado el EMS se ubicaba a 130 metros de distancia del terreno real donde se ejecutaba la obra. Esta diferencia nos sorprendió aún más.

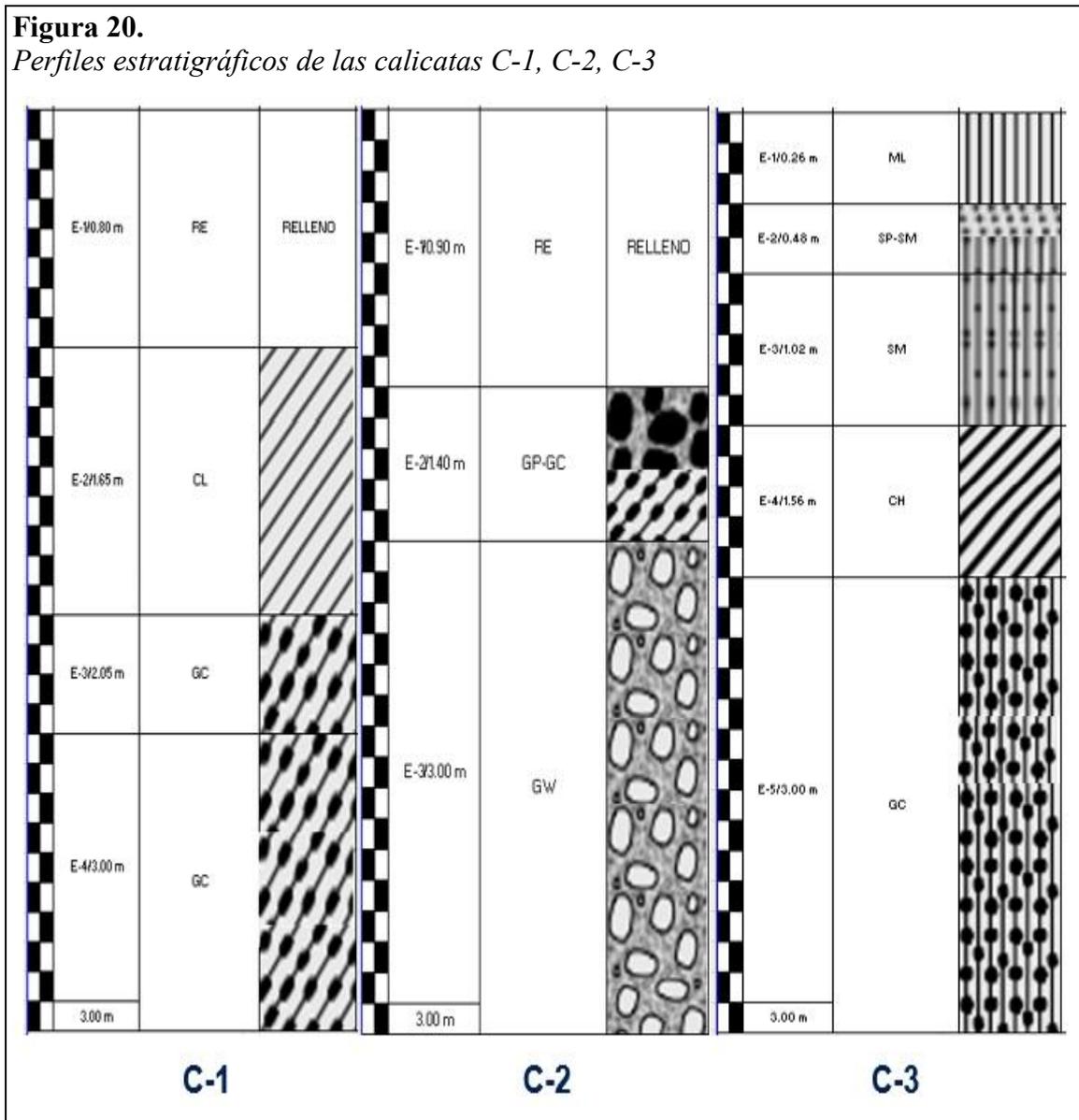
Análisis

Se realizaron los ensayos de laboratorio correspondientes y se elaboraron los perfiles estratigráficos de las calicatas C-1, C-2 y C-3. A continuación, se presentan los hallazgos:

- En la calicata C-1, se identificaron gravas a partir de los 2.05 m.
- En la calicata C-2, a partir de los 1.40 m.

- En la calicata C-3, a partir de los 1.56 m.

Figura 20.
Perfiles estratigráficos de las calicatas C-1, C-2, C-3



Estos resultados contrastaban fuertemente con los datos del expediente técnico. Una posible explicación es que el EMS original sólo consideró exploraciones hasta 1.50 m y asumió que los estratos inferiores eran similares, lo cual es un error frecuente. Otra posibilidad es que la estratigrafía sea muy variable, pero esto debió haberse comprobado en campo.

El cambio de ubicación de la edificación ameritaba, sin duda, un nuevo estudio de mecánica de suelos. Sin embargo, este no se realizó. Esta omisión es responsabilidad directa del residente y del supervisor, quienes permitieron dicho cambio sin exigir nuevos

estudios. Si se hubiese efectuado la debida compatibilidad de obra, se habría evidenciado la diferencia entre los tipos de suelo.

Según lo conversado con el cliente, el EMS original contemplaba sólo una calicata, y se concluyó que existía una arcilla limosa desde los 0.40 m hasta los 3.00 m. Esto representa un incumplimiento de la norma respecto al número mínimo de exploraciones, más aún tratándose de un puesto de salud.

Además, el terreno explorado se encuentra a 10 cuadras del río, y por experiencias anteriores en la zona, se sabe que los primeros metros presentan suelos finos, pero a partir de los 1.50 m predominan las gravas.

Por tanto, no tendría sentido cimentar en estratos más débiles si en realidad se dispone de suelos más competentes (gravas) a profundidades accesibles. Se optó por realizar el ensayo triaxial al suelo granular. Cabe precisar que, a partir de los 1.80 m, las muestras presentaban alta humedad, lo que impidió realizar ensayos de densidad in situ debido a la presencia de bolonería. Se procedió, entonces, con ensayos de densidad máxima – mínima, ajustándose a las condiciones del terreno.

Con estos datos y aplicando el enfoque de falla local, se obtuvo una capacidad portante de 1.04 kg/cm², significativamente superior a los 0.45 kg/cm² del EMS original. Se recomendó cimentar en el estrato gravoso e incluir vigas de cimentación en ambos sentidos, conforme a la Norma Técnica E.030 de Diseño Sismorresistente.

Comentario final

Existe una diferencia significativa entre la capacidad portante del EMS original (0.45 kg/cm²) y la obtenida tras la intervención (1.04 kg/cm²). Esta discrepancia evidencia la importancia de realizar el Estudio de Mecánica de Suelos en el terreno definitivo de la edificación. En este caso, se concluyó que debía cimentarse en suelos gravosos, con el uso de falsas zapatas.

Caso 03

En el año 2018, una empresa solicitó la verificación de un estudio de mecánica de suelos (EMS). El laboratorio, entendiendo que se trataba únicamente de la verificación de capacidad portante, elaboró la cotización en función de los ensayos correspondientes. No se trataba de un estudio integral, sino de una verificación puntual.

Confirmado el servicio, la empresa no envió el EMS de referencia, pero sí indicó la fecha de inicio de los trabajos. Se conformó el equipo y, una vez en obra, se procedió a realizar el muestreo, aprovechando que el cliente ya había ejecutado las calicatas.

Figura 21.

Nivel freático alto en calicata



Durante la visita se evidenció un nivel freático alto, cercano al metro de profundidad, así como presencia de suelos arcillosos, dificultando el muestreo. A pesar de emplear motobombas, los trabajos se complicaron. Se realizaron las 10 calicatas previstas en la cotización inicial y se trasladaron las muestras al laboratorio para iniciar los ensayos.

Sin embargo, una semana después, el cliente remitió el EMS del proyecto. Al revisar el documento, los especialistas detectaron que dicho estudio correspondía a un terreno

distinto al del muestreo. Se coordinó inmediatamente con el cliente, indicándole que los resultados no correspondían a las condiciones del terreno muestreado y que, por lo tanto, era necesario realizar un nuevo estudio, acorde con el lugar donde realmente se ejecutaría la obra.

El cliente admitió que la edificación había sido reubicada y solicitó que se realice un EMS conforme a norma, ajustando la ubicación y la profundidad de exploración. Esto implicó una nueva cotización y una segunda visita a campo. En la cotización inicial no se había considerado sótano; sin embargo, en la nueva ubicación, uno de los módulos sí lo requería, aumentando la profundidad de exploración hasta casi 9.00 m.

Se procedió entonces a ejecutar un nuevo estudio de mecánica de suelos completo, en el que se recomendó, entre otras medidas, la implementación de drenes perimetrales para mitigar el nivel freático, además de sugerencias para cimentación.

Análisis

Una vez más se evidencia un patrón recurrente: la ejecución de un estudio de mecánica de suelos en un terreno distinto al de la obra final. Esta práctica —aunque lamentablemente común en algunas entidades públicas— es técnica y éticamente inaceptable.

La reubicación del proyecto sin actualizar el EMS compromete seriamente la estabilidad de la infraestructura y puede acarrear responsabilidades administrativas, civiles y penales para funcionarios, supervisores y proyectistas. El aval de estas decisiones por parte de gerentes, subgerentes y otros funcionarios no exime de responsabilidad a los profesionales que firman los estudios.

Es fundamental recordar que el estudio de mecánica de suelos no puede realizarse en un terreno distinto al definitivo. Tampoco puede asumirse que el comportamiento geotécnico es homogéneo en terrenos aledaños, ya que la estratigrafía puede cambiar significativamente incluso en distancias cortas. Lo responsable es verificar en campo y emitir el EMS conforme al punto exacto donde se ubicará la cimentación.

Caso 04

Un cliente solicitó la realización de un Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) en una ciudad de la selva central. Indicó que el área de intervención era de 2 hectáreas. A partir de ello, se ejecutaron los trabajos de gabinete, se conformó el equipo de campo para la elaboración de calicatas, el muestreo y los ensayos in situ, y se procedió a viajar a la ciudad de Jipi.

Durante el trabajo de gabinete, y en coordinación con el cliente, se determinaron los siguientes datos:

- Área de intervención: 20,000.00 m²
- Tipo de edificación: Tipo III
- Número de pisos: Dos módulos de dos pisos, sin sótano
- Profundidad del sótano: No especificada (se indicó que se trata de un hospital)
- Topografía del terreno: Casi plana (según el cliente)
- Etapa del proyecto: Perfil de preinversión
- Planteamiento arquitectónico: No definido

Dado que no se contaba con un diseño arquitectónico definido, se asumió que no habría sótano para efectos del cálculo de profundidad de exploración. Bajo esta premisa, se determinó:

Cálculo de profundidad de exploración

$$p = 1.5m + 1.5(2.20m) = 4.80 \Rightarrow \text{Redondeo: } 5m$$

Por lo tanto, la profundidad mínima de exploración se estableció en 5.00 m. Sin embargo, se coordinó con el cliente indicando que esta profundidad podría variar significativamente dependiendo de la topografía y del nivel de plataformado en campo.

Adicionalmente, por la ubicación del terreno se advirtió la posibilidad de encontrar nivel freático alto. No obstante, el cliente indicó que, según un estudio previo realizado por la municipalidad, no se había identificado nivel freático en la zona. Al ser consultado sobre la profundidad de exploración en dicho estudio, el cliente no recordó el dato, aunque mencionó que se realizaron calicatas.

Esta información es crítica, ya que la presencia o ausencia de nivel freático condiciona el uso de motobombas para la recolección de muestras.

Cálculo del número de exploraciones:

$$N^{\circ} \text{ de exploraciones} = \frac{20000 \text{ m}^2}{900 \text{ m}^2} = 22.22 \Rightarrow \text{Redondeo: } 23 \text{ exploraciones}$$

Dada la envergadura del proyecto, se recomendó la realización de ensayos geofísicos (refracción sísmica y MASW), propuesta que fue aceptada por el cliente.

Situación en campo:

Una vez en el lugar de intervención, los especialistas constataron que el terreno se encontraba sembrado con cultivos de yuca y piña Golden, además de una cobertura significativa de maleza que impedía el normal desarrollo de las actividades programadas. Adicionalmente, se identificó una lomada de aproximadamente 8.00 m de altura y un riachuelo que corría paralelo al borde derecho del terreno, el cual causaba aniegos e inundaciones en la zona baja del predio.

El cliente, quien se había comprometido a realizar las calicatas, había contratado una retroexcavadora con brazo de 6.5 m. Sin embargo, el operador de la maquinaria se negó a ingresar al área por las condiciones del terreno y la falta de permisos, ya que los pobladores locales manifestaron su oposición al ingreso debido al riesgo de afectación de sus cultivos.

Figura 22.

Nivel freático alto y topografía irregular del terreno



Figura 23.

Desniveles en terreno de trabajo



Se sostuvo una reunión con el cliente y con los pobladores del área, quienes manifestaron que nunca se habían realizado calicatas en la zona de intervención. Sin embargo, señalaron que en varias ocasiones se había observado la presencia de profesionales, aparentemente ingenieros, quienes recorrieron superficialmente el terreno y luego se retiraron sin ejecutar actividad alguna de exploración.

Esta información permitió concluir que los ensayos indicados en el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) en posesión del cliente no eran verídicos. En la práctica local —y lamentablemente también a nivel nacional— existen laboratorios que son ampliamente reconocidos por emitir informes de ensayos sin haber ejecutado exploraciones reales. Estos laboratorios, que suelen ofrecer costos considerablemente bajos, no elaboran calicatas, no realizan el muestreo correspondiente, no transportan muestras al laboratorio y tampoco ejecutan los ensayos de laboratorio. Aun así, emiten reportes como si todo el procedimiento se hubiera llevado a cabo.

Mientras el cliente gestionaba los permisos para permitir el acceso y la intervención en campo, se obtuvo información adicional a través de los pobladores locales. Ellos señalaron que durante las épocas de avenida (lluvias intensas), la parte baja del terreno se inunda con frecuencia, y que el nivel freático se encuentra a menos de 0.80 m de profundidad en dichas zonas.

Con estos antecedentes, fue necesario reformular el planteamiento inicial del programa de exploración de campo. Las labores programadas originalmente para tres días

se extendieron a más de siete, debido a las dificultades logísticas y condiciones no previstas inicialmente.

Por razones de confidencialidad, se omitirán mayores detalles técnicos o institucionales. No obstante, se deja constancia de que, tras el análisis geotécnico realizado, se concluyó que la zona inicialmente propuesta para la construcción del proyecto no era factible. Esta decisión no solo se debió a las condiciones topográficas, sino principalmente a las deficiencias geotécnicas identificadas, tales como el elevado nivel freático, el tipo de suelos presentes y los riesgos de inundación.

Finalmente, el cliente optó por buscar un nuevo terreno, en el cual se realizó posteriormente el Estudio de Mecánica de Suelos conforme a los estándares técnicos y normativos establecidos.

Caso 05

Con motivo de una convocatoria para presentar una propuesta económica para la realización de un Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) en la ciudad de Huancayo, se nos informó que el proyecto consistiría en una edificación de 12 niveles con 2 sótanos, de estructura aporricada, y que la construcción abarcaría la totalidad del terreno, el cual tenía un área de 786 m².

Análisis

Con base en experiencias previas en la zona y considerando las características técnicas del proyecto, se propuso la realización de tres exploraciones con perforación diamantina hasta una profundidad de 14.30 metros, conforme a lo establecido en la Norma E.050 de Suelos y Cimentaciones, para edificaciones de este tipo (alta densidad y con presencia de sótanos).

Sin embargo, el cliente no aceptó la propuesta, señalando que el costo era elevado, y decidió contratar a otro laboratorio. Esta decisión, por supuesto, era su prerrogativa. No obstante, el laboratorio contratado subcontrató personal no especializado para la ejecución de las calicatas, lo cual generó múltiples dificultades técnicas durante la excavación. El terreno presentó estratos compuestos por arenas, gravas y limos, con capas de espesores variables —algunas inferiores a 0.40 m, siendo las mayores de aproximadamente 1.20 m—. Además, se encontró nivel freático a 5.50 m de profundidad.

De acuerdo con referencias obtenidas del personal que ejecutó las excavaciones, el tipo de suelo se infería por observación visual, sin documentación técnica adecuada. A partir de muestras tomadas a 3.00 m y 5.00 m, se procedió a realizar los ensayos de laboratorio sin contar con una caracterización estratigráfica completa. Asimismo, se ejecutaron ensayos SPT (Standard Penetration Test) en un estrato gravoso que generaba rechazo en todos los intentos, lo que impidió obtener resultados representativos.

Con base en esa información limitada, el laboratorio elaboró y entregó el Estudio de Mecánica de Suelos correspondiente. A la fecha de redacción de este documento, han transcurrido más de siete años desde entonces y la obra no se ha iniciado, lo que sugiere que existen serias dudas o limitaciones en la viabilidad técnica del proyecto con base en el EMS emitido.

Reflexión técnica

Este caso pone en evidencia la importancia de contratar profesionales o laboratorios con experiencia probada, especialmente para edificaciones de gran magnitud. Un EMS mal ejecutado puede implicar consecuencias técnicas, económicas y legales, además de la paralización indefinida de una obra. Asimismo, se debe recalcar que los ensayos deben realizarse de forma representativa, en condiciones apropiadas y con una interpretación técnica rigurosa, evitando inferencias empíricas sin respaldo normativo ni técnico.

Caso 06

Un cliente remitió al laboratorio una muestra de suelos con la finalidad de realizar un ensayo triaxial y obtener un informe de capacidad portante. Al momento de la recepción, la muestra fue rechazada debido a que contenía materiales ajenos al suelo natural, como bolsas plásticas, fragmentos de ladrillo y otros desechos, evidenciando que provenía de un relleno no controlado.

Figura 24.

Materiales de relleno ajenos al suelo



Ante esta situación, se contactó al cliente para informarle que el material no era técnicamente apto para análisis geotécnico, ya que no representaba condiciones naturales del terreno ni cumplía con los criterios establecidos en la Norma E.050 – Suelos y Cimentaciones. El cliente indicó que enviaría una nueva muestra.

Una segunda muestra fue enviada y también rechazada por razones similares. A solicitud del laboratorio, el cliente remitió fotografías del estrato muestreado, las cuales revelaron dos aspectos preocupantes:

- El material continuaba siendo relleno no controlado.
- La muestra no alcanzaba la profundidad mínima requerida de exploración.

Figura 25.

Calicata con profundidad insuficiente (<1.50 m) y presencia de material de relleno no controlado



Figura 26.

Calicata ejecutada en relleno no controlado con residuos sólidos y sin profundidad normativa



A partir de estos hallazgos, se recomendó al cliente que la calicata debía realizarse a una profundidad mínima de 3.00 metros. Se advirtió que no es adecuado realizar ensayos de capacidad portante sobre relleno no controlado, ya que este tipo de suelo no

posee propiedades mecánicas homogéneas ni previsibles, lo cual compromete la seguridad estructural.

En estos casos, la solución técnica adecuada consiste en retirar el material de relleno y reemplazarlo por suelo controlado o ingenieril, proveniente de una cantera debidamente evaluada. Este material deberá ser sometido a ensayos de caracterización geotécnica (granulometría, límites de consistencia, densidad máxima y mínima, entre otros), para así determinar su capacidad portante y demás parámetros necesarios para el diseño de la cimentación.

Reflexión técnica

Este caso evidencia la importancia de verificar la calidad de las muestras que ingresan al laboratorio. Es común que algunos clientes desconozcan los procedimientos correctos de muestreo, por lo cual la asesoría técnica desde el inicio es fundamental. En ese sentido, la solicitud de fotografías del sitio de muestreo se convierte en una herramienta complementaria clave para el diagnóstico preliminar.

Una asesoría adecuada y oportuna permite evitar errores que podrían conducir a problemas graves en la cimentación, como asentamientos diferenciales, fisuras estructurales o colapsos parciales, comprometiendo no solo el proyecto, sino también la seguridad y habitabilidad de las edificaciones.

Caso 07

Hace más de diez años, cuando se iniciaba la atención al público en el laboratorio, se presentó el asistente del ingeniero residente con el propósito de solicitar una cotización para la verificación del Estudio de Mecánica de Suelos (EMS) correspondiente a un hospital. Durante la conversación, se le consultó si la edificación contemplaba la construcción de un sótano. El asistente respondió negativamente, precisando que únicamente requerían verificar las capacidades portantes y emitir el informe correspondiente. Añadió que, previamente, se habían ejecutado aproximadamente 25 calicatas con fines de verificación, lo cual era común antes del año 2018, cuando aún no se habían restringido los ensayos de corte directo.

El personal del laboratorio se trasladó al lugar de intervención y realizó el muestreo en las 25 calicatas previamente excavadas a una profundidad de 4.50 m. En todas ellas se identificaron suelos gravosos (grava limosa con arena / grava limosa), hallazgo que coincidía con lo consignado en el EMS remitido por la entidad responsable. Cabe destacar que dicho estudio, elaborado en la ciudad de Lima, indicaba expresamente que: "este EMS solo podrá ser utilizado para edificaciones sin sótano."

Sin embargo, días después, el mismo asistente regresó al laboratorio visiblemente preocupado e informó que, durante las excavaciones hasta 6.50 m de profundidad, se habían encontrado materiales distintos a los reportados en el EMS. Este hecho evidenció una clara incongruencia: el estudio se había realizado solo hasta 4.50 m, pero la edificación requería excavaciones más profundas. Ante la consulta directa sobre la presencia de sótano, el asistente reconoció que, tras revisar detenidamente el expediente técnico, efectivamente el proyecto contemplaba dos niveles de sótano. Esta situación reveló una grave negligencia institucional, al haberse aprobado un expediente técnico para una edificación con sótano basándose en un EMS limitado a edificaciones sin sótano.

En este nuevo contexto, se solicitó al asistente que proporcionara los planos de arquitectura y estructuras, ya que inicialmente solo se había entregado el EMS. Una vez revisada esta nueva información, el equipo técnico regresó al campo y constató, mediante inspección directa del terreno, la presencia de lentes de arena limosa y limo arenoso por debajo de los 4.50 m, en estratos claramente distintos de los anteriormente identificados como grava limosa con arena.

Como resultado, fue necesario recalcular la capacidad portante del terreno, lo que implicó reformular el expediente técnico. Se propuso ampliar el programa de exploraciones tanto en profundidad como en técnicas complementarias como la geofísica. No obstante, el cliente únicamente aprobó la ampliación de la profundidad de las exploraciones, que se ejecutaron conforme a lo cotizado.

Días después, la obra —que contaba con un presupuesto inicial de aproximadamente S/ 80,000,000.00 (ochenta millones de soles)— fue paralizada. Su reanudación y culminación se llevaron a cabo años más tarde, tras incorporar las modificaciones pertinentes.

Conclusión

Este caso evidencia que numerosas obras de envergadura enfrentan dificultades desde su fase de concepción. No es técnicamente válido realizar un EMS para una edificación con sótano bajo los criterios y profundidad de una edificación sin sótano. La planificación y ejecución del EMS requiere necesariamente contar con información integral y precisa del planteamiento arquitectónico, topografía, condiciones hidrogeológicas y ubicación exacta del proyecto. Cualquier omisión o improvisación puede comprometer seriamente la seguridad estructural, la viabilidad técnica y la legalidad de la obra.

Conclusiones

1. Los ensayos de laboratorio e in situ no deben considerarse como un gasto, sino como parte esencial del proceso de inversión. Su ejecución debe realizarse conforme a la normativa técnica vigente, asegurando así la calidad y fiabilidad de los resultados.
2. El laboratorio de mecánica de suelos no asume responsabilidad sobre los resultados del informe de ensayos. La responsabilidad recae exclusivamente en el profesional que firma el Estudio de Mecánica de Suelos (EMS), es decir, el ingeniero responsable del estudio.
3. La correcta toma de muestras es fundamental para garantizar la validez y confiabilidad de los ensayos realizados, tanto en campo como en laboratorio. Una muestra mal tomada compromete todo el proceso de caracterización geotécnica.
4. Es indispensable cumplir con la normatividad vigente y mantenerse actualizado respecto a eventuales modificaciones o nuevas disposiciones normativas. Ello evita observaciones técnicas o legales en etapas posteriores del proyecto.
5. El costo de un EMS o un ITS (Informe Técnico de Suelos) representa una inversión y no un gasto. Esta inversión es mínima en comparación con el presupuesto total del proyecto y puede traducirse en importantes ahorros, por ejemplo, en el diseño de cimentaciones más eficientes.
6. Un programa de exploraciones bien diseñado es la base de un EMS o ITS exitoso, ya que proporciona información esencial para todas las disciplinas del proyecto. En particular, los ensayos geofísicos pueden aportar datos clave como el módulo de elasticidad, la velocidad de ondas de corte (Vs) y el coeficiente de Poisson, los cuales resultan fundamentales para el diseño estructural.
7. La revisión exhaustiva de los Términos de Referencia (TDR) es imprescindible, especialmente en procesos de contratación pública. Esta revisión permite garantizar que la propuesta técnica y económica cubra adecuadamente los costos reales de ejecución del EMS o ITS. De ser necesario, se debe observar el TDR con el objetivo de justificar ajustes en la cantidad de ensayos o el plazo de ejecución.

Glosario de términos

Material de relleno: Se define como aquel material empleado para ocupar un espacio vacío o una excavación, con el propósito de proporcionar soporte y estabilidad a las estructuras, tales como cimentaciones, muros de contención, entre otras (Vega & Cornelio, 2022).

Laboratorio: De acuerdo con la Norma ISO/IEC 17025:2017, un laboratorio es una entidad legal —o parte de una entidad legal— que asume la responsabilidad legal de sus actividades de ensayo y calibración. Debe identificar al personal directivo, definir y documentar el alcance de sus actividades, y ejecutar sus operaciones en conformidad con los requisitos establecidos por la norma, sus clientes, las autoridades competentes y las organizaciones de reconocimiento pertinentes (Alza Zamudio, 2023).

Laboratorio acreditado: Es aquel laboratorio que ha demostrado su competencia técnica para realizar ensayos y calibraciones específicas, cumpliendo con los requisitos establecidos en la Norma ISO/IEC 17025:2017. La acreditación constituye un reconocimiento formal que certifica que el laboratorio posee un sistema de gestión de la calidad técnicamente competente y es capaz de emitir resultados técnicamente válidos (Alza Zamudio, 2023).

Bibliografía

- Alza Zamudio, A. J. (2023). *Implementación de la norma ISO/IEC 17025 para la acreditación de servicios de calibración en la organización Gesmin SRL* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Callao]. Repositorio Institucional UNAC. <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/7595>
- Cámara de Comercio Canadá-Perú. (2020, 18 de agosto). *Las investigaciones geotécnicas, un trabajo de equipos multidisciplinarios*. <https://www.canadaperu.org/noticia/las-investigaciones-geotecnicas-un-trabajo-de-equipos-multidisciplinarios>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (s. f.). *Norma técnica E.050: Suelos y cimentaciones* [Archivo PDF]. Recuperado el 16 de mayo de 2024, de <https://drive.google.com/file/d/1XdLUkwUqDXsuIQgSbFsJ-J9BTt4u3Hp5/view>
- Vega, S. A. D. la C., & Cornelio, E. N. N. (2022). Características geomecánicas del suelo de relleno controlado para cimentaciones, Pucallpa, Perú. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, *10*(1), 32–45. <http://portal.amelica.org/ameli/journal/71/713303004/html/>

Recomendaciones

1. Como profesional joven, es recomendable que consultes siempre con colegas de mayor experiencia. Esto te permitirá desarrollar un trabajo con mayor calidad técnica y criterio profesional.
2. Es fundamental contratar un laboratorio confiable y con trayectoria reconocida, que trabaje con estándares de calidad. Si el laboratorio cuenta con acreditación en métodos de ensayo según normativas como la ISO/IEC 17025, mucho mejor, ya que ello garantiza resultados válidos, repetibles y técnicamente confiables.
3. El prestigio de una empresa o laboratorio es un indicador directo de la calidad de sus ensayos y estudios. Si la organización a contratar tiene antecedentes dudosos, independientemente de su tarifa —económica o elevada—, es preferible descartarla, ya que los principales perjudicados seremos quienes sustentamos técnicamente el estudio.
4. Es altamente recomendable dialogar con los pobladores y autoridades locales, quienes conocen de primera mano la historia del terreno y las condiciones geotécnicas del entorno. Su testimonio puede aportar datos relevantes como la presencia de nivel freático en épocas de lluvia, rellenos antiguos u otros factores que deben ser considerados en la evaluación del suelo.
5. Si laboras en el sector público y estás encargado de elaborar los Términos de Referencia (TDR) para Estudios de Mecánica de Suelos (EMS) o Investigaciones Técnicas de Suelo (ITS), revisa previamente las normas técnicas vigentes, realiza un estudio de mercado realista sobre costos y plazos, y asegúrate de establecer condiciones que permitan desarrollar estudios técnicamente competentes.
6. En el sector público, es indispensable que quienes elaboran los TDRs estén capacitados en mecánica de suelos o sean especialistas en el tema. Se ha identificado como mala práctica la exigencia del EMS y del estudio topográfico como parte del primer entregable, sin haber definido previamente aspectos esenciales como el planteamiento arquitectónico, la ubicación de módulos, presencia de sótanos, número de pisos, niveles de plataforma, entre otros. Esta secuencia errada impide una adecuada planificación de la exploración y pone en riesgo la calidad del estudio.
7. Es necesario promover cambios estructurales en la planificación y formulación de proyectos, especialmente en los estudios preliminares como el EMS. Una deficiente caracterización geotécnica del terreno puede desencadenar múltiples modificaciones

durante la ejecución del proyecto, generar paralizaciones, sobrecostos e incluso comprometer la seguridad estructural de la obra.

Anexos

Anexo 01. Información sobre laboratorios acreditados en todas las regiones del Perú para la especialidad de ingeniería civil – 36 laboratorios de acuerdo con la página de INACAL enero – 2024

| NRO | REGIONES / LABORATORIOS | Acero - metálicos | Suelos | Concreto | Agregados | Agua | Morteros | Roca | Cementos | Calizas | Mezclas bituminosas | PRODUCTOS | NRO DE ENSAYOS |
|-----|---|----------------------|--------|----------|-----------|------|----------|------|----------|---------|------------------------|---|-------------------|
| 1 | ANCASH SIDER PERU | 1 | | | | | | | | | | ACERO | 5 |
| 2 | AREQUIPA ROBERTO CACERES | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | SUELOS, CONCRETO, AGREGADOS | 17 |
| 3 | YURA SA | | | 1 | | | | 1 | | | | CEMENTOS, CONCRETO | 13 |
| 4 | CAJAMARCA CONCEL SAC | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | SUELOS, CONCRETO, AGREGADOS | 12 |
| 5 | DISTRIBUIDOR NORTE PACASMAYO SRL | | | 1 | | | | | | | | CONCRETO | 2 |
| 6 | HERMANOS URTEAGA CONTRATISTAS SRL | | 1 | 1 | 1 | | | | | | | SUELOS, CONCRETO, AGREGADOS | 7 |
| 7 | JUNIN C3 INGENIERIA ESPECIALIZADA SAC | | | 1 | | | | | | | | SUELOS | 5 |
| 8 | INVERSIONES GENERALES CENTAURO INGENIEROS SAC | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | SUELOS, CONCRETO, AGREGADOS, AGUA | 19 |
| 9 | KLAFER | | 1 | | | | | | | | | SUELOS | 2 |
| 10 | LAMBAYEQUE A&C EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA Y MECÁNICA DE SUELOS S.R.L. | | 1 | | | | | | | | | SUELOS | 4 |
| 11 | CONSTRUCTORA Y CONSULTORIA A&R SOCIEDAD ANONIMA CERRADA | | 1 | 1 | | | | | | | | SUELOS, CONCRETO | 4 |
| 12 | LA LIBERTAD DISTRIBUIDOR NORTE PACASMAYO SRL | | | 1 | | | | | | | | CONCRETO | 2 |
| 13 | LIMA ARPL TECNOLOGIA INDUSTRIAL SA | | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | | CONCRETO, CEMENTO, MORTERO, AGREGADOS, CALIZAS | 54 |
| 14 | CESEL | | 1 | | | | | | | | | SUELOS | 5 |
| 15 | CONTROL MIX EXPRESS SAC | | | 1 | | | | | | | | CONCRETO | 1 |
| 16 | DIRECCION DE GESTION DE INFRAESTRUCTURA ... MTC | | | | | 1 | | | | | | AGUA PARA CONCRETO | 2 |

EXPLORACIONES EN SUELOS PARA ESTUDIOS GEOTÉCNICOS (ERRORES EN LA CAMPAÑA)
EN CONCORDANCIA CON LA NORMA E.050 DE SUELOS Y CIMENTACIONES

| NRO | REGIONES / LABORATORIOS | Acero - metálicos | Suelos | Concreto | Agregados | Agua | Morteros | Roca | Cementos | Calizas | Mezclas bituminosas | PRODUCTOS | NRO DE ENSAYOS |
|-----|------------------------------------|----------------------|--------|----------|-----------|------|----------|------|----------|---------|------------------------|--|-------------------|
| 17 | GEOPAL ASC | | 1 | | 1 | | | | | | | AGREGADOS, SUELOS | 10 |
| 18 | INGEOTEST INGENIEROS SAC | | | 1 | | | | | | | | SUELOS | 7 |
| 19 | KNIGHT PIESOLD CONSULTORES SA | | | 1 | | | | | | | | SUELOS | 19 |
| 20 | UTECLABORATORIO DEL CENTRO | | | | | | | | 1 | | | CEMENTO | 16 |
| 21 | LABGEO GROUP SAC | | 1 | | 1 | | | 1 | | | | SUELOS, AGREGADOS, ROCA | 11 |
| 22 | MOTAENGL PERU SA | | 1 | 1 | 1 | | | 1 | | | 1 | ROCA, AGREGADO, SUELOS, MEZCLAS BITUMINOSAS, CONCRETO | 38 |
| 23 | PUCP | | | | | 1 | | | | | | CONCRETO, ACERO | 15 |
| 24 | SERVICIOS ANALITICOS GENERALES SAC | | | | | 1 | 1 | | | | | AGUA PARA CONCRETO Y MORTEROS | 5 |
| 25 | SOLDEX | 1 | | | | | | | | | | ACERO, METALICOS | 14 |
| 26 | SOTELO & ASOCIADOS SAC | | 1 | | 1 | | | 1 | | | | SUELOS, AGREGADOS, ROCA | 9 |
| 27 | TCINGE SAC | | 1 | | 1 | | | | | | | SUELOS, AGREGADOS | 20 |
| 28 | TECNOMAS Y SERVICIOS GENERALES SRL | | 1 | | 1 | | | 1 | | | | SUELOS, AGREGADOS, ROCA | 19 |
| 29 | UNION CONCRETERA SA | | | 1 | | | | | | | | CONCRETO | 1 |
| 30 | WSP PERU SAC | | 1 | | 1 | | | | | | | SUELOS, AGREGADOS | 5 |
| 31 | 2R ASOCIADOS SAC | | | 1 | | | | | | | | SUELO | 5 |
| | PIURA | | | | | | | | | | | | |
| 32 | DISTRIBUIDORA NORTE PACASMAYO SRL | | | 1 | | | | | | | | CONCRETO | 2 |
| 33 | GEOMECÁNICA VIAL SRL | | 1 | | | | | | | | | SUELOS | 4 |
| | TACNA | | | | | | | | | | | | |
| 34 | INGESERVICIOS | | 1 | 1 | | | | | | | | SUELOS, CONCRETO | 5 |
| 35 | UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA | | | 1 | | | | | | | | CONCRETO | 1 |
| | LABORATORIO MOVIL | | | | | | | | | | | | |
| 36 | RUMI LABORATORIO GEOTÉCNICO EIRL | | 1 | | | | | | | | | SUELO | 9 |

Anexo 02. Laboratorios con más ensayos acreditados para productos de ingeniería civil en el Perú – enero 2024

| Laboratorios con más ensayos acreditados para productos de ingeniería civil en el Perú | | Ubicación geográfica |
|---|----|-----------------------------|
| ARPL Tecnologia Industrial SA | 54 | Lima |
| Mota Engil Peru SA | 38 | Lima |
| TCINGE SAC | 20 | Lima |
| Inversiones Generales Centauro Ingenieros SAC | 19 | Huancayo |
| Knigh Piesold Consultores SA | 19 | Lima |
| Tecnovías y Servicios Generales SRL | 19 | Lima |

Biografía de los autores

Janet Yessica Andía Arias



Ingeniera Civil, realizó sus estudios en la Universidad Peruana Los Andes, titulada en la Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco, con Maestría en Geología con mención en Geotecnia por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Máster en Energías Renovables y Eficiencia Energética por la Universidad Rey Juan Carlos (España), becada por la OEA, y con estudios de Maestría en Gerencia Social por la Pontificia Universidad Católica del Perú. Doctora en Ciencias Ambientales por la UNMSM y con Postdoctorado Internacional en Ingeniería e Innovación por la UNHEVAL.

Docente universitaria y especialista en inteligencia artificial generativa aplicada a la investigación, metodologías ágiles y digitalización de sistemas de gestión. Ha sido especialista en Mecánica de Suelos en el Programa Nacional de Saneamiento

Urbano del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, además de desempeñarse como consultora en proyectos de inversión pública y supervisora de obras en saneamiento, presas y edificaciones.

Cuenta con amplia experiencia en implementación de sistemas de gestión bajo la norma ISO/IEC 17025:2017, habiendo ejercido el cargo de jefa de Calidad en laboratorio acreditado. Es autora de libros como Evaluación geotécnica del agregado morrénico para concreto y Guía Metodológica de Investigación, y coautora de artículos científicos en el campo de la ingeniería civil y geotecnia, con investigaciones sobre resistencia y durabilidad del concreto, así como en el uso de materiales alternativos.

Ha liderado procesos de cofinanciamiento para certificaciones ISO, así como la acreditación, migración y modernización de sistemas de gestión en laboratorios del sector privado. Actualmente se desempeña como experta técnica en INACAL, consolidando su liderazgo en la implementación de estándares de calidad en el ámbito de la ingeniería y la gestión ambiental.

Víctor Peña Dueñas



Ingeniero Civil por la Universidad Peruana Los Andes, con Maestría en Proyectos de Inversión Pública y Privada por la Universidad Nacional de Ingeniería, y grado de Máster en Ingeniería Vial por la Universidad de Piura. Cuenta con estudios de Maestría en Geología con mención en Geotecnia en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, y es Máster en Cálculo de Obras Civiles por la Universidad EADIC, becado por la Organización de Estados Americanos (OEA).

Actualmente cursa el Doctorado en Administración con enfoque en investigación científica en la Universidad Continental, institución en la que también se

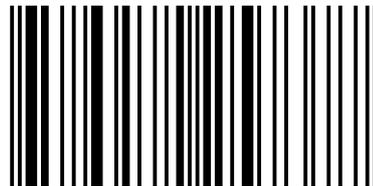
desempeña como docente del curso de Mecánica de Suelos. Ha sido especialista en mecánica de suelos en ESSALUD, participando en el desarrollo de proyectos hospitalarios a nivel nacional, y jefe de laboratorio en una entidad acreditada bajo la norma ISO/IEC 17025.

Se desempeña como experto técnico de INACAL para la evaluación de ensayos en laboratorios de construcción y cuenta con la certificación internacional como geomodelador GEO5, otorgada por la casa matriz en la República Checa. Es además especialista en geofísica aplicada a la geotecnia.

Reconocido por su labor docente y su contribución a la investigación y desarrollo de proyectos de infraestructura, destaca por su enfoque integral y multidisciplinario en la ingeniería civil, la gestión de proyectos y el aseguramiento de la calidad técnica en obras civiles.



ISBN: 978-9972-2573-7-7



9 789972 257377