



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

SUBDIRECCIÓN DE DINÁMICA DE SUELOS Y PROCESOS GRAVITACIONALES

LABORATORIO DE DINÁMICA DE SUELOS (LDS – CENAPRED)

**PROTOCOLO DE SEGURIDAD Y USO DE ESPACIOS Y EQUIPOS EN EL LABORATORIO DE
DINÁMICA DE SUELOS (LDS) DEL CENAPRED**





Contenido

1. INTRODUCCIÓN 3

2. MARCO LEGAL 3

3. OBJETIVO 4

4. DISPOSICIONES GENERALES 4

5. EQUIPOS Y COMPONENTES 6

6. DEL USO DE LOS ESPACIOS DEL LDS DEL CENAPRED 7

7. MEDIDAS DE SEGURIDAD 9

8. PROCEDIMIENTO DE MONTAJE Y ENSAYE DE MUESTRAS DE SUELO 10

9. APLICACIÓN Y SUPERVISIÓN 10





1. INTRODUCCIÓN

Desde su creación, el Centro Nacional de Prevención de Desastres estableció la necesidad de contar con equipo experimental de laboratorio que permitiera determinar las **propiedades dinámicas de los suelos** de interés ingenieril, a fin de aportar información fundamental para conocer la respuesta dinámica de los depósitos de materiales térreos, ante acciones sísmicas y, con ello, la respuesta dinámica de las estructuras que sobre éstos se construyen. Otros campos de aplicación de las propiedades dinámicas de los suelos son los referentes a la interacción dinámica suelo-cimentación-estructura y la revisión de la susceptibilidad a la licuación de suelos arenosos saturados.

El Laboratorio de Dinámica de Suelos (LDS), es un espacio físico de aproximadamente 100 m², adyacente al edificio principal. Comprende un área de trabajo de 35 m² en la que se alojan dos cámaras triaxiales (una de columna resonante y una cíclica torsionante), tres mesas de trabajo de madera, dos barras de concreto, cuatro lavabos, tres escritorios y una computadora de escritorio.

También cuenta con una bodega de aproximadamente 19 m², dividida en dos espacios. En uno se alojan dos bombas de aire que suministran presión al sistema hidroneumático de las cámaras triaxiales y, en el otro, se encuentran anaqueles en los que se guardan las herramientas, equipos de campo y algunas refacciones de los componentes de las cámaras triaxiales. El espacio está destinado al desarrollo de estudios experimentales sobre el comportamiento dinámico y estático de muestras de suelo (alteradas e inalteradas).

Ocasionalmente el laboratorio y sus instalaciones también son empleados para la difusión del conocimiento en cursos, talleres y visitas guiadas, por lo que es un espacio de formación académica y difusión, adaptado a las necesidades de cada solicitud.

El presente Manual contiene el objetivo y procedimientos de operación de los equipos de laboratorio para el desarrollo de proyectos de investigación que requieran el conocimiento de las propiedades mecánicas, especialmente las dinámicas, de los depósitos de suelo de interés ingenieril tales como: i) análisis de la respuesta sísmica del terreno para el diseño y construcción de cimentaciones, ii) análisis de la propensión a la licuación y iii) análisis de estabilidad de laderas y taludes, entre otros.

2. MARCO LEGAL

El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) es un Órgano Administrativo Desconcentrado adscrito a la Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana (SSPC) con autonomía técnica y de operación, que tiene por objeto crear, gestionar y promover políticas públicas en materia de reducción del riesgo de desastres, a través del estudio, desarrollo, aplicación e implementación de tecnología para la previsión, prevención, mitigación y preparación ante el riesgo de desastres y sus efectos, de la impartición de educación y capacitación profesional y técnica sobre la materia, así como el apoyo a la difusión de medidas con énfasis en la prevención y la autoprotección de la población ante la posibilidad de un desastre, conforme a lo establecido en el artículo 55 en el Reglamento Interior de la Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana (RISSPC).

Así mismo, el CENAPRED tiene entre sus facultades ejercer las atribuciones que le otorgan la Ley General de Protección Civil (LGPC), su reglamento y demás disposiciones que resulten aplicables; así como realizar investigación sobre los peligros, riesgos y daños producidos por agentes perturbadores que puedan dar lugar a desastres, integrando, ampliando y sistematizando los conocimientos de tales acontecimientos, en coordinación con las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal (Artículo 56, fracción I y II, RISSPC).





Entre los fenómenos perturbadores que se investigan en el CENAPRED se encuentran los fenómenos de origen natural, en particular, los fenómenos de tipo geológicos, definidos en el Artículo 2, fracción XXIII de la LGPC, cuya descripción es:

XXIII. Fenómeno Geológico: Agente perturbador que tiene como causa directa las acciones y movimientos de la corteza terrestre.

Para fines de este manual los fenómenos geológicos a los que se refiere el párrafo anterior y que de manera directa o indirecta se estudian en el LDS, son los sismos, la inestabilidad de laderas, los flujos, los caídos o derrumbes, los hundimientos, la subsidencia y los agrietamientos.

Para el estudio de estos fenómenos, el CENAPRED cuenta con la infraestructura del LDS cuyo objetivo es apoyar técnicamente al Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), mediante la atención de solicitudes de análisis de los fenómenos citados en el párrafo anterior, el desarrollo de proyectos de investigación sobre propiedades mecánicas de los suelos para la identificación y cuantificación de la susceptibilidad o propensión a la ocurrencia de dichos eventos geológicos en diferentes escenarios de peligro.

Por lo anteriormente mencionado, el objetivo de este protocolo es informar y prevenir riesgos asociados al uso de productos, materiales y equipos durante las actividades de análisis e investigación en el LDS del CENAPRED.

No se omite señalar que el presente Protocolo está dirigido al personal del CENAPRED, así como a los estudiantes que realicen prácticas profesionales y servicio social en proyectos relacionados con el trabajo en el LDS.

3. OBJETIVO

Proporcionar la información necesaria para la correcta operación de los equipos del Laboratorio de Dinámica de Suelos y los cuidados que se deben tener al momento de ejecutar las pruebas para evitar lesiones a los usuarios y/o dañar los instrumentos de trabajo.

Las principales actividades que se pueden desarrollar en el LDS del CENAPRED son: a) clasificación e identificación de muestras alteradas e inalteradas de suelo, b) pruebas de granulometría, contenido de humedad, límites de consistencia (plasticidad), densidad de sólidos y c) determinación de propiedades dinámicas, a bajas y grandes deformaciones.

4. DISPOSICIONES GENERALES

- i) Las disposiciones de este Protocolo son de observancia obligatoria para todas las personas que participen en las actividades que se desarrollan en el LDS del CENAPRED.
- ii) El LDS es una instalación compuesta por las áreas físicas, el mobiliario, los equipos y el instrumental de todos los espacios internos y externos al edificio que lo contienen y tiene por objeto básico el desarrollo de estudios experimentales sobre el comportamiento dinámico de muestras de suelo de interés ingenieril, ante condiciones de cargas dinámicas (ondas de corte) como las producidas por sismo, explosiones y/o vibración de maquinaria.
- iii) El laboratorio y sus instalaciones ocasionalmente se emplean para la difusión del conocimiento a través de visitas guiadas.





iv) Para mejor comprensión de este Protocolo, se entenderá por:

Definiciones

- a) **Muestras alteradas:** Muestras de suelo extraídas del sitio de estudio con técnicas de extracción destructivas, que no mantienen algunas de sus características geotécnicas como humedad, cohesión, apariencia y/o posición relativa de sus partículas, pero que pueden considerarse como representativas del sitio de estudio.
- b) **Muestras de suelo:** Material representativo del suelo que será estudiado y analizado en el LDS del CENAPRED.
- c) **Muestras inalteradas:** Muestras de suelo extraídas del sitio de estudio con técnicas de extracción no destructivas y que mantienen sus características de humedad, cohesión, apariencia y posición relativa de sus partículas, representativas de su estado natural.
- d) **Pruebas de laboratorio:** Todas aquellas pruebas que se realizan con muestras de suelo para su clasificación, identificación y determinación de propiedades mecánicas que cumplen con las normas, manuales y lineamientos, nacionales e internacionales, de mecánica de suelos.
- a) **Programa de Pruebas de laboratorio:** Se refiere al conjunto de instrucciones, características, metodologías y programación de ensayos experimentales a realizar en el LDS del CENAPRED.
- b) **Protocolo:** Al presente Protocolo de seguridad y uso de espacios y equipo del LDS del CENAPRED.
- c) **Responsable de laboratorio:** Personal técnico adscrito a la Subdirección de Dinámica de Suelos y Procesos Gravitacionales de la Dirección de Investigación.
- d) **Usuario:** Persona que accede al LDS del CENAPRED a fin de usar las instalaciones de conformidad con lo previsto en el presente Protocolo.
- e) **Volante de Control de Gestión:** Es el instrumento administrativo utilizado por la Dirección General del CENAPRED para ordenar y organizar las solicitudes de apoyo institucional que ingresan al CENAPRED a través de medios oficiales, institucionales y solicitudes electrónicas del portal institucional.

Siglas

- a) **CA:** Coordinación Administrativa del de la SSPC..
- b) **CENAPRED:** Al Centro Nacional de Prevención de Desastres de la SSPC.
- c) **DG:** Dirección General del CENAPRED de la SSPC..
- d) **DI:** Dirección de Investigación del CENAPRED de la SSPC..
- e) **LDS del CENAPRED:** Al Laboratorio de Dinámica de Suelos del CENAPRED del SSPC.
- f) **PAT:** Programa Anual de Trabajo.
- g) **SINAPROC:** Sistema Nacional de Protección Civil.
- h) **Subdirección de DSyPG:** Subdirección de Dinámica de Suelos y Procesos Gravitacionales.





5. EQUIPOS Y COMPONENTES

Los equipos más importantes con los que cuenta el LDS son las cámaras triaxiales dinámicas, una de columna resonante (CTCR) y otra cíclica (CTCT), ambas con acción torsionante, cuyas características más importantes son las siguientes:

Cámara Triaxial de Columna Resonante

- Determinación de propiedades dinámicas de los suelos en un rango de distorsiones de muy bajas a intermedias (0.0005% a 0.3%)
- Presión confinante máxima de 1 MPa.
- Confinamiento isotrópico o anisotrópico.
- Presión de poro máxima de 500 kPa.
- Carga vertical máxima de 2 kN.
- Deformación vertical máxima de 20 mm.
- Ensaye de muestras cilíndricas de suelo, ya sea macizas o huecas, de 70 ó 100 mm de diámetro exterior, 100 mm de altura y 20 mm de espesor de pared en las últimas.
- Cinco transductores para monitorear visualmente presión confinante, presión de poro, deformación volumétrica, carga vertical y deformación axial.
- Sistema de excitación electromagnética para los ensayos cíclicos dinámicos, con acción torsionante.
- Unidad de control y monitoreo de la frecuencia y la amplitud de la vibración que se impone a la muestra a través del sistema excitador.
- Osciloscopio para monitorear la respuesta de la muestra a la vibración.
- Oscilógrafo optoelectrónico que permite registrar en papel continuo sensible a los rayos ultravioleta, la etapa final de una vibración forzada y la atenuación amortiguada bajo vibración libre.

Cámara Triaxial de Cíclica Torsionante

- Determinación de propiedades dinámicas de los suelos en un rango de distorsiones intermedias a muy altas ($\pm 0.02\%$ a $\pm 10\%$).
- Presión confinante máxima de 1 MPa.
- Confinamiento isotrópico o anisotrópico.
- Presión de poro máxima de 500 kPa.
- Carga vertical máxima de 2 kN.
- Deformación vertical máxima de 20 mm.
- Ensaye de muestras cilíndricas de suelo, ya sea macizas o huecas, de 70 ó 100 mm de diámetro exterior, 100 mm de altura y 20 mm de espesor de pared en las últimas.
- Siete transductores para monitorear visualmente presión confinante, presión de poro,





deformación volumétrica, carga vertical, deformación axial, momento torsionante y deformación angular.

- Sistema electroneumático para la aplicación de momentos torsionantes cíclicos dinámicos, con frecuencias de 0.001 a 2 Hz.
- Sistema optoelectrónico que permite registrar en papel continuo sensible a los rayos ultravioleta, la variación con el tiempo del par torsionante, el giro y la presión de poro, durante las pruebas dinámicas.
- Sistema de adquisición de datos con control digital de las tres variables antes citadas, durante las pruebas dinámicas.
- Graficador x-y que despliega en tiempo real un registro gráfico del desplazamiento angular o giro (x) y el par torsionante (y).

Se trata de equipos complejos que requieren experiencia y cuidados para su manejo, por lo que su utilización debe ser debidamente ejecutada y supervisada por el Técnico del Laboratorio, quien es la persona responsable de dicha área.

Otros equipos que forman parte del Laboratorio son:

- Un consolidómetro con velocidad constante de deformación
- Una cámara Triaxial convencional, con velocidad constante de deformación (acción vertical)
- Un horno de convección de 0° a 300° C
- Un horno de microondas
- Una Copa de Casagrande
- Un cono inglés para determinación de límite líquido

6. DEL USO DE LOS ESPACIOS DEL LDS DEL CENAPRED

Como se mencionó, el LDS del CENAPRED es un espacio físico de aproximadamente 100 m², conformado por un área de trabajo de 35 m², en la que se alojan las cámaras triaxiales de columna resonante y cíclica torsionante, tres mesas de trabajo de madera, dos barras de concreto, cuatro lavabos, tres escritorios y una computadora de escritorio. Cuenta también con una bodega de aproximadamente 19 m², donde se alojan dos bombas de aire que suministran presión al sistema hidroneumático de las cámaras triaxiales y anaqueles en los que se guardan las herramientas, equipos de campo y refacciones. El uso que podrá darse a los espacios del LDS del CENAPRED es el desarrollo de estudios experimentales sobre el comportamiento dinámico y estático de muestras de suelo (alteradas e inalteradas).

- I. Actividades de investigación experimental de materiales térreos;
- II. Ejecución de pruebas en las cámaras triaxiales de Columna Resonante y Cíclica Torsionante, ensayos tradicionales de mecánica de suelos para identificación y clasificación de muestras de suelo;
- III. Ocasionalmente, actividades de promoción y difusión de la cultura de Protección Civil, y





- IV. Almacenamiento de materiales para ensayos posteriores que permitan verificar o los resultados experimentales.

A fin de usar adecuadamente las instalaciones, se deberá indicar la actividad que se llevará a cabo, así como el tiempo que requiere para ello. Lo anterior se plasmará dentro del Estudio Experimental. Cuando se ingrese el personal, equipo y materiales al LDS del CENAPRED, tanto personal, como equipo y tipo de material a emplear, se deberá registrar con el personal de vigilancia del CENAPRED.

Para el desarrollo de actividades dentro del LDS del CENAPRED, el responsable del laboratorio proporcionará las herramientas y materiales que sean necesarios para la ejecución de las pruebas de laboratorio. En el proceso de entrega-recepción de las herramientas y materiales para el desarrollo de las actividades, el responsable del laboratorio, junto con el responsable del proyecto, elaborará una lista simple de las herramientas entregadas y del estado de las mismas.

Al término del proyecto se deberán regresar las herramientas en estado similar al que fueron entregadas. En caso de pérdida o daño, parcial o total, por operación inadecuada, se deberá restituir la herramienta por una nueva con cargo al proyecto en ejecución.

Cuando por las características o necesidades del proyecto se tengan que ingresar equipos o herramientas externas al LDS del CENAPRED, deberán ser registrados en las libretas que para tal efecto la CA haya dispuesto en el vestíbulo del edificio principal y presentar la siguiente documentación:

- a) Entregar a la Subdirección de DSyPG una copia simple de lista donde se indiquen las características generales de las mismas, número de serie, nombre del dueño del equipo
- b) Una carta de deslinde de responsabilidad para el CENAPRED ante cualquier tipo de avería que sufra el equipo o herramienta durante el desarrollo de las actividades dentro del LDS del CENAPRED.
- c) Entregar a la DI, a la CA y al personal de vigilancia del CENAPRED una copia de la lista del equipo.
- d) Para el uso del LDS del CENAPRED en proyectos de mediano y largo plazo, se deberá elaborar un programa de pruebas donde se indiquen los plazos y tiempos para la realización de las mismas, así como las características de las muestras inalteradas a ensayar y los tipos de pruebas de laboratorio a realizar.

En este programa se deberá indicar la modalidad de las pruebas de laboratorio a realizar considerando que para las cámaras triaxiales de Columna Resonante, Cíclica Torsionante y de velocidad constante de deformación, se deberán indicar las condiciones de saturación, drenaje y presiones (confinante y contrapresión) que se reproducirán.

- e) El responsable del proyecto deberá presentar una lista del personal externo al CENAPRED que vaya a participar en las diferentes labores del proyecto, a fin de permitir su acceso al laboratorio.

En dicha lista se deberán indicar los niveles jerárquicos de cada participante, dentro del proyecto (por ejemplo, becario, ingeniero, investigador, líder de proyecto, etc.). Para ingresar al LDS del CENAPRED se deberá cumplir con las medidas de seguridad.



ce



7. MEDIDAS DE SEGURIDAD

El horario del LDS del CENAPRED será a partir de las 9:00 horas y hasta las 18:00 horas. Se podrán desarrollar actividades fuera de ese horario, siempre que se solicite al responsable del laboratorio o bien a la Subdirección de DSyPG, con copia para la DI.

Los investigadores, prestadores de servicio social, practicantes y trabajadores en general que vayan a realizar pruebas en el LDS del CENAPRED deberán solicitar autorización al responsable del LDS del CENAPRED, y hacer un registro de su entrada y salida. Deberán utilizar batas, las cuales serán prestadas por el responsable del laboratorio. Si los trabajos requieren manejar muestras de suelo alteradas e inalteradas, deberán utilizar cubrebocas.

En el LDS del CENAPRED está estrictamente prohibido:

- Fumar.
- Introducir y consumir bebidas alcohólicas.
- Correr, empujar intencionalmente a otra persona.
- Jugar o realizar alguna actividad deportiva.
- Sustraer cualquier material, equipo y/o instrumental de las instalaciones sin aviso a la Dirección de Investigación y a la Coordinación Administrativa.
- Dañar intencionalmente las instalaciones, equipos y/o instrumental del laboratorio.

Para el acceso de usuarios que vayan a hacer uso del espacio y equipo para el desarrollo de un Protocolo de Investigación o del Estudio Experimental que se haya autorizado previamente, se deberán observar las siguientes medidas mínimas de seguridad e higiene:

- i) Previo al inicio de los trabajos, se deberá presentar una lista del personal externo al CENAPRED que vaya a participar en las diferentes labores del proyecto dentro del laboratorio. En dicha relación se deberán indicar los niveles jerárquicos de cada participante dentro del proyecto (por ejemplo, becario, ingeniero, investigador, líder de proyecto, etc.). Independientemente de que el personal haya sido incluido en la lista de participantes externos en el proyecto, cada día que vayan a desarrollar actividades dentro del LDS del CENAPRED, deberán cumplir con los requisitos de seguridad institucionales: registrar entrada y salida en la libreta correspondiente ubicada en la puerta de acceso al edificio principal del Centro.
- ii) En el caso de las visitas guiadas, el personal responsable de la visita al LDS del CENAPRED permitirá el acceso únicamente a la zona asignada para tal efecto.
- iii) Cuando se esté desarrollando alguna actividad relacionada con alguno de los proyectos de investigación experimental dentro del LDS del CENAPRED, el personal involucrado deberá portar la vestimenta apropiada básica: casco, botas y las protecciones mencionadas anteriormente.
- iv) En caso de accidente, informar inmediatamente a la DI y a la CA.

Los usuarios que accedan en el marco de las actividades de difusión de la cultura de la protección civil deberán cumplir con las siguientes disposiciones:

- i) Evitar encender, manipular o mover cualquier pieza o equipo dentro del LDS del CENAPRED;





- ii) No manipularán ningún tipo de herramienta durante su estancia dentro del LDS del CENAPRED;
- iii) Deberán permanecer únicamente en el área asignada para la visita guiada, la cual será determinada por el investigador que los atienda y/o por el encargado del LDS.

8. PROCEDIMIENTO DE MONTAJE Y ENSAYE DE MUESTRAS DE SUELO

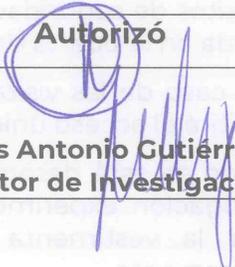
Ambas cámaras triaxiales permiten ensayar muestras, alteradas y/o inalteradas, de suelo, cilíndricas macizas y cilíndricas huecas, tanto de suelos cohesivos como granulares. Las macizas de 70 y 100 mm de diámetro por 100 mm de alto y las huecas de 70 mm y 100 mm de diámetro exterior, 70 mm y 30 mm de diámetro interior, por 100 mm de alto. Las muestras de suelo inalteradas deben ser proporcionadas en tubos de aluminio y/o PVC, de diámetro mayor al diámetro máximo que se vaya a ensayar en cualquiera de las cámaras triaxiales. Así mismo, pueden proporcionarse muestras cúbicas con dimensiones, en el plano horizontal, mayores al diámetro máximo, así como de altura mayor a la máxima altura de los especímenes.

Para la preparación de muestras de suelo, montaje en las cámaras triaxiales y la ejecución de los ensayos dinámicos, se deberán seguir todas las recomendaciones del técnico del LDS, el cual brindará asesoría durante todo el proceso de investigación. Así mismo, se deberán seguir todas las indicadas estipuladas en los manuales específicos de cada uno de los equipos.

9. APLICACIÓN Y SUPERVISIÓN

La aplicación y supervisión del presente Manual se encomienda a la DI del CENAPRED, como se establece en el Manual de Operación Específico – Órgano Administrativo Desconcentrado – Centro Nacional de Prevención de Desastres, en el numeral VIII Objetivos y Funciones.

Ciudad de México, a los 15 días del mes de agosto de 2021.

Elaboró	Autorizó
 Ing. Leobardo Domínguez Morales Subdirector de Dinámica de Suelos y PG	 M. en C. Carlos Antonio Gutiérrez Martínez Director de Investigación

