



Fernando Pardo de Santayana Carrillo
Laboratorio de Geotecnia-CEDEX, Madrid, España.



Enrique Asanza Izquierdo
Laboratorio de Geotecnia-CEDEX, Madrid, España.



Juan Antonio Díez Torres
Laboratorio de Geotecnia-CEDEX, Madrid, España.



Mauro Muñoz Menéndez
Laboratorio de Geotecnia-CEDEX, Madrid, España.



El Máster en Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica del CEDEX-UNED en su cuadragésima edición

En el año 2022 se cumple la cuadragésima edición del Máster Internacional de Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica, que el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) viene organizando casi ininterrumpidamente (solo en 1987 no se celebró) de conformidad con las funciones de transferencia de conocimiento y formación establecidas en su estatuto (RD 1136/2002).

Se trata de un máster con rasgos únicos, con amplio reconocimiento en el sector, fundamentalmente en España e Iberoamérica. Todos los años el CEDEX selecciona entre los preinscritos a unos 25 titulados españoles e iberoamericanos. El máster ha contribuido sin duda a reforzar los lazos científicos, técnicos y comerciales entre España e Iberoamérica en el sector de la ingeniería geotécnica.

La primera edición del curso se celebró en 1982, en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Madrid, con el título de Curso Internacional de Mecánica del Suelo e Ingeniería de Cimentaciones. Se

realizaron cinco ediciones en la Escuela de Caminos, de 1982 a 1986. En 1988 pasó a ser organizado por el CEDEX.

Hoy en día, el Máster de Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica del CEDEX es un título propio de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), que lo expide desde 2012 en virtud de un convenio entre ambos organismos para actividades de formación permanente que se renueva periódicamente. En él se reconoce una carga lectiva de 60 créditos del Sistema Europeo de Transferencia y Acumulación de Créditos (ECTS) dentro del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES).

Estructura actual y características del máster

Objetivos

El objetivo principal del máster no es ofrecer un título universitario al uso, sino proporcionar una educación profesional integral en el campo de la geotecnia, desde la teoría hasta la práctica, con el fin de preparar

ventajosamente a los estudiantes para incorporarse a un mercado laboral muy especializado, indispensable en prácticamente todas las construcciones civiles. El máster actualmente está orientado a ingenieros de caminos, ingenieros civiles, ingenieros geólogos, ingenieros de minas, geólogos y profesiones afines. Está abierto a cualquier nacionalidad, aunque se requiere un dominio suficiente del idioma español para matricularse al curso.

Estructura

El formato asentado del máster ha consistido, en primer lugar, en un período lectivo presencial de 5 meses, con cuatro horas de clases matutinas más algunas sesiones o prácticas vespertinas, impartidas de lunes a viernes en el aula del Laboratorio de Geotecnia del CEDEX. Como se expone más adelante, en marzo de 2020 hubo de transformarse a modalidad telemática «sobre la marcha». La antedicha carga lectiva equivale unas 450 horas totales de clases teóricas y de resolución de supuestos prácticos. Este período lectivo se programa del 1 febrero al 30 de junio, con

la novedad de que las clases telemáticas son vespertinas a fin de compatibilizar los horarios en España y en Iberoamérica.

El programa establece un segundo periodo, no lectivo, desde julio hasta finales de septiembre, durante el cual cada estudiante tiene que redactar, bajo la tutela de un profesor, un trabajo de fin de máster que se defiende presencialmente ante un tribunal en octubre. Pese a las incertidumbres derivadas de la crisis de la pandemia, la dirección del máster apostó por programar para la edición de 2021 un tercer periodo de un mes, de carácter presencial, que contuviera, junto con la defensa del trabajo de fin de máster, todas aquellas actividades formativas que en la etapa pre-pandémica se venían

realizando algunas tardes durante el periodo lectivo, como las prácticas de laboratorio y de campo, el viaje de varios días para visitar obras geotécnicas, las visitas a otros centros del CEDEX, así como la asistencia a alguna jornada organizada por el CEDEX o las sociedades científico-técnicas colaboradoras (la Sociedad Española de Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica y la Sociedad Española de Mecánica de Rocas).

Temario

El contenido temático se divide en tres unidades, cada una subdividida en módulos, generalmente de una semana de duración. Todo ello se completa con sesiones sobre Geotecnia avanzada (Ver tabla inferior).

Como se ve, el temario excede con mucho el del conjunto de todas las asignaturas de grado y máster ligadas a la Mecánica de los Suelos y de las Rocas en una escuela técnica superior.

Al módulo de métodos numéricos y modelización, para que no se limite a las explicaciones teóricas de los fundamentos, se le incorpora un buen número de sesiones en las que se enseña a los alumnos a resolver problemas tipo empleando un código numérico comercial tridimensional (MIDAS GTS NX) basado en el método de los elementos finitos. El CEDEX activa una licencia para cada alumno válida durante todo el curso. También se hacen prácticas con otros códigos numéricos orientados a la Mecánica de Rocas.

Contenido de los módulos, organizados en unidades, y sesiones sobre geotecnia avanzada

Primera unidad	Segunda unidad	Tercera unidad
Principios de mecánica de suelos I	Cimentaciones superficiales	Rellenos y estructuras de tierra
Principios de mecánica de suelos II	Cimentaciones profundas	Túneles
Principios de mecánica de suelos III	Estabilidad de taludes	Presas de materiales sueltos
Reconocimientos de campo	Estructuras de contención	Refuerzo y tratamientos del terreno
Principios de mecánica de rocas:		Métodos numéricos y modelización
• 3 prácticas de laboratorio		Geotecnología ambiental y energética
• 1 práctica de campo		Dinámica de suelos y cimentaciones

Sesiones de geotecnia avanzada*:

- Mineralogía de arcillas (1)
- Cimentaciones de estructuras costa afuera (*off-shore*) (2)
- Fiabilidad geotécnica y evaluación de riesgos (1)
- Modelos constitutivos (2)
- Teoría del estado crítico (4)
- Eurocódigo 7 (1)
- Análisis límite: Teoremas de cota superior e inferior (2)
- Mecánica de suelos no saturados (4)
- Geomecánica de reservorios (2)

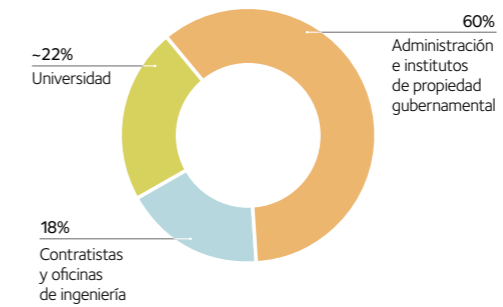
*Se indica entre paréntesis, el número de conferencias

Profesorado

Casi el 25% de los aproximadamente 75 profesores que componen el elenco son antiguos alumnos. Como se muestra en la **tabla inferior**, las afiliaciones de los profesores son variadas (sector privado, administración y varias escuelas de ingeniería de caminos).

Algunos de los temas relacionados con equipos y trabajos geotécnicos especiales son comúnmente abordados por expertos de la Asociación de Empresas de la Tecnología del Suelo y del Subsuelo (AETESS), que añaden su experiencia profesional a los conceptos teóricos. Por otra parte, muchos profesores se ofrecen también como tutores o miembros de los tribunales que evalúan los trabajos de fin de máster.

Afiliaciones del profesorado



Fuente: CEDEX.

Desarrollo del curso y criterios de evaluación

Al matricularse, los alumnos reciben documentación en formato electrónico para el desarrollo del curso, así como una serie de publicaciones y normativa técnica relevantes y enlaces adicionales.

Como parte de la evaluación, los alumnos realizan un examen al final de cada unidad temática. Por otra parte, a los estudiantes se les proponen tareas, generalmente una por semana, de entrega y calificación individuales, aunque se incentiva la discusión entre los compañeros durante el proceso de resolución. También se proponen otras tareas más pegadas a la realidad profesional, con soluciones más abiertas, cuya resolución se

Afiliaciones de los profesores que imparten clase en el máster (últimos 5 años)

Administración e institutos de propiedad gubernamental: 60%

- Laboratorio de Geotecnia (profesores principales, 45 %) + Laboratorio de Estructuras y Materiales (CEDEX)
- Instituto Geológico y Minero de España (IGME)
- Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)
- Centro Internacional de Métodos Numéricos en la Ingeniería (CIMNE)
- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana
- Ministerio para la Transición Energética y el Reto Demográfico (Dirección General del Agua)
- Confederación Hidrográfica del Ebro
- Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Contratistas y oficinas de ingeniería: 18%

- Pertenecientes a AETESS: ~8%
- Empresas: REPSOL, Ferrovial, Acciona, Arup, Euroestudios, Geobrugg ~8%
- Consultores: Uriel & Asociados, Túneles y Asistencia Técnica (Tunelestat) 2%

Universidad*: ~22%

- Escuelas de Ingeniería Civil: Madrid (8); Santander (2); Barcelona (3); La Coruña (1); Granada (1); Valencia (1)
- Otros: Facultades de Geología: Madrid (1); Escuelas de Minas: Madrid (1); Vigo (1)
- Escuelas de ingeniería en el extranjero: University College of London (1); Texas A&M (1)
- Reconocimientos de campo

Aproximadamente 75 profesores en total; casi el 25% de los profesores son exalumnos destacados.

*Se indica entre paréntesis, el número de profesores.

Resumen de la evolución del curso-máster en Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica

Curso en la UPM	Curso en el CEDEX	Máster	
1982-1986	1988-1997	1998-1999	2000-2008
Director: J.A. Jiménez Salas	Director: C. Oteo	Director: V. Cuéllar	Director: V. Cuéllar (hasta 2006) F. Pardo de Santayana
Coordinador: C. Oteo	Coordinador: F. Pardo de Santayana (hasta 1992) J.C. de Cea	Coordinador: J. Sáez	Coordinador: J. Sáez (hasta 2006) J. Estaire A. Perucho
Lugar de celebración: Escuela de Ingenieros de Caminos (UPM)	Lugar de celebración: Laboratorio de Geotecnia CEDEX	Lugar de celebración: Laboratorio de Geotecnia CEDEX	Lugar de celebración: Laboratorio de Geotecnia CEDEX
Título: Curso (3 meses)	Título: Curso (3,5 meses)	Título: Curso (3,5 meses)	Título: Máster (5 meses)
Papel de la universidad: Curso UPM	Papel de la universidad: Colaboración UPM	Papel de la universidad: Colaboración UPM	Papel de la universidad: Colaboración UPM
Comentarios: Todos los alumnos proceden de Latinoamérica	Comentarios: Prácticas de Laboratorio aún en la Escuela de Caminos. Muy pocos alumnos españoles	Comentarios: Prácticas de Laboratorio aún en la Escuela de Caminos. Muy pocos alumnos españoles	Comentarios: Mayor presencia de titulados españoles

Máster universitario de título propio (60 cts)		
2009-2011	2012-2016	2017-2022
Director: J.F. Pardo de Santayana	Director: F. Pardo de Santayana	Director: F. Pardo de Santayana
Coordinador: J. Estaire A. Perucho	Coordinador: E. Asanza J. González-Gallego	Coordinador: E. Asanza J. A. Díez C. Higuera (hasta 2018)
Lugar de celebración: Laboratorio de Geotecnia CEDEX	Lugar de celebración: Laboratorio de Geotecnia CEDEX	Lugar de celebración: Laboratorio de Geotecnia CEDEX
Título: Máster 60 ECTS + Trabajo fin de máster	Título: Máster 60 ECTS + Trabajo fin de máster	Título: Máster 60 ECTS + Trabajo fin de máster
Papel de la universidad: Máster UPM	Papel de la universidad: Máster UNED	Papel de la universidad: Máster UNED
Comentarios: Origen geográfico (aprox. 50% extranjero /50% español)	Comentarios: Origen geográfico (aprox. 50% extranjero /50% español)	Comentarios: Origen geográfico (aprox. 50% extranjero /50% español)

Procedencia alumnos*

América del Norte	
Canadá	1
México	26
América del Sur	
Argentina	78
Bolivia	34
Brasil	26
Chile	55
Colombia	57
Costa Rica	20
Cuba	24
Ecuador	24
El Salvador	14
Guatemala	12
Haiti	2
Honduras	14
Nicaragua	4
Panamá	6
Paraguay	7
Perú	56
Rep. Dominicana	22
Uruguay	11
Venezuela	32
Europa	
España	239
Portugal	1
Rumanía	1
Ex-Yugoslavia	2
África	
Angola	2
Congo	1
Etiopía	3
Guinea Bissau	1

* Datos recogidos desde el año 1988.

realiza en grupos a fin de promover habilidades de colaboración y el sentido crítico.

La calificación media del período lectivo es el resultado de ponderar la media de las calificaciones de los tres exámenes parciales, que se realizan al final de cada unidad, con las de las tareas antedichas. Dicha calificación media ha de ser de al menos un 5 para aprobarlo, requisito indispensable para poder elaborar el trabajo de fin de máster. Si el tribunal aprueba el trabajo presentado, la calificación final resulta de afectar un 70% la nota del período lectivo y un 30% la nota del trabajo de fin de máster.

Un Máster de Geotecnia en el CEDEX de larga trayectoria

Los orígenes

El verdadero germen del máster data de 1965. Fue el denominado Curso de Especialización en Transporte y Mecánica de Suelos para Ingenieros Latinoamericanos, realizado en el Laboratorio de Transporte y Mecánica de Suelos del CEDEX (el actual Laboratorio de Geotecnia), con la colaboración del Instituto de Cultura Hispánica y la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, en Madrid. Partiendo de aquella experiencia, en el año 1982 el profesor D. José Antonio Jiménez Salas, auténtico pionero de la geotecnia en España, concibió y fundó el Curso Internacional de Mecánica del Suelo e Ingeniería de Cimentaciones, orientado fundamentalmente a postgraduados iberoamericanos para contribuir a la promoción del desarrollo técnico en aquellos países. En la [fotografía de la derecha](#) se muestra la 6.ª edición en 1986. Téngase en cuenta que pocos

años antes (entre 1975 y 1980) la editorial Rueda acababa de publicar, coordinados por el profesor, todos los tomos del libro Geotecnia y cimientos, una obra casi enciclopédica escrita por un nutrido grupo de ingenieros más jóvenes discípulos suyos, que siguieron su estela y formaron parte del cuadro inicial de profesores del curso.

De la Escuela de Caminos al CEDEX

Tras su etapa germinal en la Escuela de Caminos, el VI Curso Internacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones (1988) se trasladó definitivamente, y de modo ininterrumpido hasta la fecha, al CEDEX, encomendándose la dirección de curso al director del Laboratorio de Geotecnia, en esa época, el profesor Carlos Oteo.

Conversión en Máster y vinculación con la Universidad

A partir del año 2000, bajo dirección del Dr. Vicente Cuéllar, a raíz de la ampliación de su carga docente (de 3,5 a 5 meses de duración) y con un cuadro de profesores sin parangón en lengua española, el curso adquirió la categoría de máster, atrayendo cada vez más la



Sesión de bienvenida a la 6.ª edición del curso ya en las instalaciones del CEDEX (1988).

atención de los graduados españoles en un contexto de prosperidad y crecimiento de la actividad en la construcción.

Con la llegada del proceso de Bolonia, en 2009 el CEDEX unió fuerzas con la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) para hacer evolucionar un curso, ya muy maduro, hacia un máster universitario de título propio (60 créditos ECTS) con la denominación de Máster de Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica, siendo obligatoria desde entonces la defensa de un trabajo de fin de máster. En la edición de 2012 el máster se trasladó a la UNED como universidad de acogida, manteniendo todos sus estándares y estructura.

La [infografía de la página anterior](#) resumen las características clave de la evolución del máster, así como los sucesivos directores y coordinadores.

El paso de fase presencial a fase telemática

A mediados de marzo de 2020, con motivo del estado de alarma que se decretó por la irrupción de la pandemia de coronavirus, y con la conformidad de los alumnos y del profesorado, se decidió continuar las clases de forma telemática, y, dado que el estado de alarma se prolongó en varias ocasiones, el período lectivo se hubo de completar en este formato.

La experiencia vivida provocó un cambio radical en la gestión y organización del máster, de forma que la 39.ª edición del año 2021, también teniendo en cuenta las incertidumbres de tipo sanitario, ya se realizó en el nuevo formato con los tres periodos descritos en los epígrafes anteriores, al igual que

la recientemente finalizada 40.ª edición del Máster de 2022, siendo los resultados altamente satisfactorios. En las [fotografías de la derecha](#) se muestran distintas actividades desarrolladas durante el Máster de 2021.

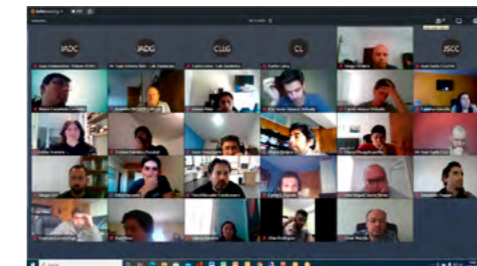
Durante la fase presencial en octubre, se organizan varias excursiones, incluido un viaje de prácticas de cinco días. Durante este viaje se visitan obras en curso con trabajos geotécnicos en una región de España, guiados por profesores involucrados en los mismos. El objetivo de estas excursiones es doble: por un lado, ofrecer un verdadero contacto con la actividad geotécnica y las técnicas in situ y, por otro, fomentar la confraternización no solo entre los compañeros de clase, sino también con los profesionales y exalumnos que trabajan en diferentes obras y con los profesores. No hay que olvidar que se trata de un curso internacional con fuerte presencia de alumnos iberoamericanos que enriquece técnica y humanamente al grupo. En la [infografía de la página anterior](#), se representa el número de alumnos por nacionalidades desde el año 1988 que han cursado el inicial curso y posterior máster.

El aumento de la demanda de alumnos que quieren realizar el Máster en Mecánica del Suelo e Ingeniería Geotécnica del CEDEX/UNED, observado recientemente con la adaptación del mismo al formato telemático (telepresencial, para ser más precisos) del período docente, es la mejor prueba de la buena salud de este curso en el contexto actual.

Conclusiones

Un curso de postgrado consolidado es un buen aliado para aquellos que deciden

trabajar en el ámbito de la ingeniería civil. En opinión de los autores, el aprendizaje y la docencia en este campo de la geotecnia conduce al éxito cuando se cuenta con un buen



De arriba a abajo, Distintas actividades desarrolladas en el Máster de 2021.

programa, una gran plantilla de profesores variados y un entorno internacional donde los estudiantes interactúan en grupo para superar el máster. Además, en un contexto global, la heterogeneidad entre compañeros (edades, perspectivas, antecedentes profesionales, países, títulos, etc.) es una fuente de aprendizaje sin igual que surge de forma desinteresada al compartir más de seis meses de arduo trabajo. La variedad de especializaciones de los más de 75 profesores con que cuenta el máster es uno de los factores clave de su éxito, ya que proporciona a los alumnos tanto fundamentos teóricos como aplicabilidad al trabajo profesional diario. La diversidad geográfica de la procedencia de los alumnos hace que el curso contribuya sin duda a la consolidación de la comunidad geotécnica iberoamericana.

Finalmente, y dado que los escritos técnicos en español son fuertemente promovidos desde el comité académico del máster como un medio de transmisión de conocimientos y para contrarrestar el uso innecesario de anglicismos, los autores perciben que el curso contribuye también al fortalecimiento de la terminología geotécnica e ingenieril entre la comunidad de habla hispana.

Agradecimientos

Los autores están profundamente agradecidos a todos los profesores y organizaciones, actuales y anteriores, que han contribuido con entusiasmo a este proyecto de larga duración y que este año 2022 alcanza su 40.ª edición. El profesorado hace que América y Europa parezcan estar más cerca de lo que físicamente están. Igualmente quieren manifestar a los exalumnos, nuestros colegas, el agradecimiento por sus aportaciones, compromiso y su trabajo de difusión del conocimiento.