

PROGRAMA DETALLADO

El Postgrado en Ingeniería de Ventilación Minera e Infraestructura Subterránea -INVEMIS- entrega las herramientas para desarrollar proyectos de ventilación en entornos subterráneos. Los estudiantes obtendrán competencias para diseñar, planificar y optimizar proyectos de ventilación. Los módulos propuestos permiten a los estudiantes conocer, comprender y/o reforzar su conocimiento en conceptos básicos y avanzados gracias a un cuerpo docente con más de 20 años de experiencia en proyectos de gran envergadura, en las minas más importantes mundo. Los contenidos esenciales incluyen criterios de diseño, planificación de proyectos, uso de software para desarrollo de modelos, simulación de incendios, optimización y estrategias de ventilación, tecnologías de vanguardia para el control de la ventilación, minimización de impactos ambientales, revisión de métodos de explotación subterránea y mejores prácticas de ingeniería para abordar desafíos específicos en proyectos de todo tipo de envergadura.

El objetivo principal del INVEMIS es brindar a los participantes habilidades y conocimientos para desarrollar, gestionar y liderar proyectos de ventilación.

Bloque 1: Aspectos fundamentales de la Ingeniería de Ventilación

Módulo 1: Criterios de Diseño de Ventilación

En este primer módulo se busca comprender los criterios de diseño para un modelo de ventilación, los cuales son fundamentales para garantizar la seguridad, la eficiencia y la sostenibilidad de las operaciones productivas en entornos mineros e infraestructura subterránea. Estos criterios guían el desarrollo y progreso del modelo de ventilación para un correcto cálculo del caudal de aire, considerando su calidad, temperatura y humedad. El desarrollo de un buen modelo es esencial para construir entornos seguros para los trabajadores y maquinaria. Aprender sobre estos criterios permite a la vez, prevenir riesgos como acumulaciones de gases tóxicos o explosivos, cumplir con normativas de seguridad laboral que todos los países exigen a sus proyectos mineros y conocer las variables que a futuro pueden ser optimizadas.

Contenidos:

- Leyes de flujos de aire y de ventiladores, factores de fricción, factores de choque.
- Resistencia del aire, velocidades de aire máxima y mínima.
- Requerimiento de aire: renovación de aire por hora, requerimiento de aire por tronaduras, requerimiento de aire por equipos diésel.
- Criterios que rigen el comportamiento del sistema de ventilación.
- Agentes externos que impactan sobre los diseños de ventilación.
- Legislación sobre ventilación de diferentes países y su afectación a los diseños de ventilación.

Fecha de clases: 9 al 13 de septiembre de 2024.

Profesores: Felipe Fernández, Marc Bascompta Massanés, Nicolás Muñoz Valdés.

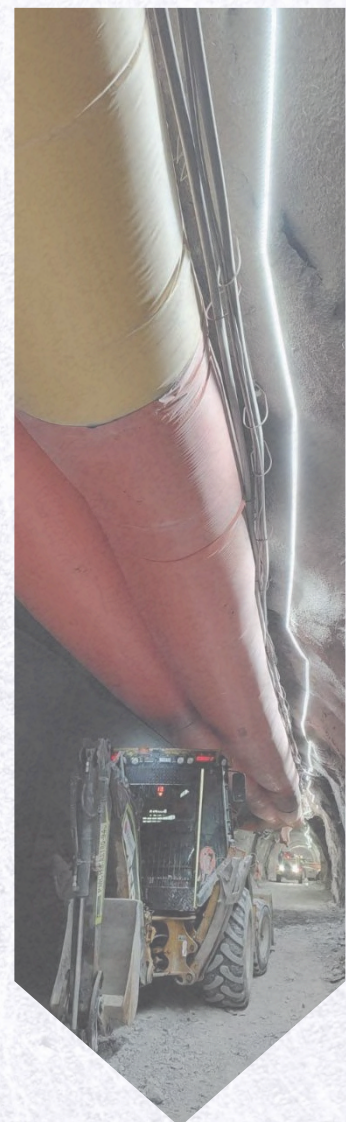
Módulo 2: Dispositivos de Ventilación

En este módulo se estudian y comprenden los dispositivos de ventilación esenciales para construir en terreno los modelos de ventilación, garantizando los flujos de aire necesarios para las operaciones productivas. Aprender sobre la selección, instalación y mantenimiento de estos dispositivos (ventiladores, compuertas y ductos) es fundamental para controlar la velocidad y requerimiento del flujo de aire, reducir los agentes contaminantes y controlar la presión en espacios confinados. Para un correcto dimensionamiento y uso de los dispositivos, los estudiantes aprenderán a interpretar curvas de operación de los ventiladores. El aprendizaje sobre dimensionamiento, y la selección del número y tipo de dispositivos, ayudará a los estudiantes a valorizar de manera asertiva la inversión requerida para construir la infraestructura que permita cumplir con el modelo de ventilación diseñado.

Director Académico: Dr. Marc Bascompta Massanés

E-mail: marc.bascompta@upc.edu
Teléfono: +34 93 87 77242

Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Manresa - EPSEM. Universitat Politècnica de Catalunya - UPC.
Dirección: Edificio MN1. Av. de les Bases de Manresa, 61-73, 08242 Manresa, (Barcelona). España.



Colabora con la UPC

MiningiDEAS

Empresas participantes:

Zitrón

VECCHIOLA S.A.

ANEMOV
INGENIERÍA

rocha
Blast Engineers

PROGRAMA DETALLADO

Contenidos:

- Dispositivos de ventilación, compuertas y ductos de ventilación.
- Dispositivos secundarios: reguladores de flujo, tapados, muros y sensores.
- Concepto de Punto Operacional.
- Curvas Presión-Caudal-Potencia.
- Leyes de los ventiladores.

Fecha de clases: 16 al 20 de septiembre de 2024.

Profesores: Avelino Díaz Cadierno, Cipriano López Fanjul y Fabián Lazo.

Módulo 3: Diseño de Sistemas de Ventilación

Una vez conocidos los dispositivos que componen los sistemas de ventilación, es necesario poner en práctica las habilidades para diseñar modelos de ventilación. En este módulo los estudiantes aprenden a calcular el requerimiento de aire total del sistema y a ubicar los dispositivos especialmente bajo lógicas de ingeniería. Se estudian detalladamente las velocidades de los flujos necesarios para cada uno de los sectores de una infraestructura subterránea o una mina desea explotar. El diseño de los sistemas de ventilación está estrechamente ligado con el método de explotación minero empleado para la extracción de minerales, por tanto, también se entregará una breve explicación sobre estos métodos (desde sistemas autosoportados hasta caving). Esto permitirá a los participantes adaptarse correctamente a las condiciones físicas donde se diseñarán las soluciones. Los principales desafíos que serán aprendidos en este módulo son: garantizar la calidad del aire, calcular correctamente los caudales, seleccionar adecuadamente el tipo de dispositivo, monitorear y controlar los sistemas, incluir innovación y nuevas tecnologías y cumplir con las regulaciones y normas establecidas.

Contenidos:

- Diseño y cálculo de entradas y salidas de aire principales.
- Diseño de disposición general de infraestructuras mineras (accesos y áreas de trabajo).
- Diseño de labores verticales (piques, chimeneas) de ventilación.
- Diseño de métodos de gestión de áreas contaminadas.
- Diseño de áreas de manejo de mineral.
- Diseño de sistemas de ventilación auxiliar, filtraciones, montaje
- Relaciones de tránsito de equipos y otros servicios.
- Montajes y tipo de montajes de dispositivos.
- Conceptos generales de seguridad para gestión de incendios.
- Control de polvo como principal contaminante.
- Ventilación bajo demanda.
- Mantenimiento de equipos y reparación de ventiladores principales asociados con el diseño del sistema de ventilación.
- Factores económicos relacionados con la ventilación, CAPEX y OPEX del proceso de ventilación.

Fecha de clases: 23 de septiembre al 4 de octubre de 2024.

Profesores: Fabián Lazo, Martín Pierola, Ronald Guzmán, Avelino Díaz Cadierno y Cipriano López Fanjul.

Módulo 4: Planificación de Sistemas de Ventilación

La planificación de sistemas de ventilación implica el estudio de los requerimientos de aire por periodo (años de producción de una mina) cuando el sistema de ventilación diseñado se implementa en la vida real. En esta etapa del proceso, se analizan los requerimientos de caudal que son necesarios en las etapas de incorporación de áreas, expansiones, fase de producción y cierre de sectores por agotamiento de mineral. Es fundamental poder determinar la necesidad de aire en función de la generación de contaminantes, la carga de calor y el polvo. En este módulo se aprende sobre planificación y desarrollo de estrategias integrales para implementar los sistemas de ventilación diseñados en el módulo 3. Se profundiza aún más sobre el cálculo de los costos relacionados con la ventilación.

Contenidos:

- Definición de periodos de operación en el tiempo, planificación de corto, mediano y largo plazo y la infraestructura comprometida como chimeneas, vías de evacuación, refugios, ventiladores, entre otros.
- Requerimiento por periodo de tiempo, filtraciones.



Colabora con la UPC

MiningiDEAS

Empresas participantes:

Zitrón



VECCHIOLA S.A.

ANEMOV
INGENIERÍA

rocha
Blast Engineers

Director Académico: Dr. Marc Bascompta Massanés

E-mail: marc.bascompta@upc.edu
Teléfono: +34 93 87 77242

Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Manresa - EPSEM. Universitat Politècnica de Catalunya - UPC.
Dirección: Edificio MN1. Av. de les Bases de Manresa, 61-73, 08242 Manresa, (Barcelona). España.

PROGRAMA DETALLADO

- Planificación a corto plazo de la infraestructura, tanto para asegurar la ventilación en el área de perforación y voladura como de retirarla/protegerla contra la voladura.
- Diseñar contemplando los temas de seguridad asociados a voladuras.
- Planificación del sistema de ventilación para el LOM, ventilación operativa.

Fecha de clases: 7 al 18 de octubre de 2024.

Profesores: Felipe Fernández, Alejandro Díaz, María Rocha Gil.

Taller de Simulación de Ventilación con Software

En este taller se aprenden a utilizar las herramientas de simulación con software específico que permiten a los estudiantes planificar y gestionar la ventilación en minas subterráneas y otras instalaciones industriales complejas. A través del software Ventsim se podrán generar modelos sobre el diseño inicial de ventilación asegurando que todas las áreas reciban el flujo de aire adecuado. También se podrán planificar expansiones de la mina o cambios en la infraestructura, permitiendo ajustar el sistema de ventilación de manera eficiente. Se trabajará con el análisis de rendimiento y la simulación de diferentes escenarios y soluciones antes de implementar cambios en el mundo real, minimizando riesgos y costos, a la vez que se maximiza la eficiencia y productividad.

Contenidos: Se entrega material para trabajar durante 3 semanas (módulos 5 a 7) con el software Ventsim. Los participantes podrán empezar a diseñar sus estrategias para abordar el módulo 8 sobre Proyectos de Ventilación.

Noviembre 2024.

Profesores: Fabián Lazo y Felipe Fernández.

Módulo 5: Simulación 1, uso de software nivel básico

En este módulo se estudian las herramientas básicas, necesarias para construir una malla de ventilación funcional, además de las herramientas de edición que posee el software.

- Introducción general.
- Características del software y entorno de trabajo.
- Conceptos básicos de ventilación necesarios para operar el software.
- Teoría de ventilación llevada al software.
- Circuitos de ventilación.
- Dispositivos de ventilación.
- Construcción de un modelo de ventilación funcional.
- Importación de modelos y referencias.
- Ejemplo de aplicación.

Fecha de clases: 4 al 8 de noviembre de 2024.

Módulo 6: Simulación 2, uso de software nivel intermedio

En este módulo se explican todas las herramientas intermedias, como simulaciones dinámicas y herramientas de análisis que incorpora el software. Además, se utilizarán herramientas de construcción de redes de ventilación incorporando proyectos de ejemplo.

- Estrategias de ventilación y ventiladores.
- Construcción de redes y adición de parámetros.
- Manejo de ventiladores.
- Caracterización de ventiladores.
- Simulaciones de flujos y visualización.
- Simulación de flujos de aire.
- Análisis de recirculación.
- Visualización de resultados.
- Ejemplo de aplicación.

Fecha de clases: 11 al 15 de noviembre de 2024.

Director Académico: Dr. Marc Bascompta Massanés

E-mail: marc.bascompta@upc.edu
Teléfono: +34 93 87 77242

Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Manresa - EPSEM. Universitat Politècnica de Catalunya - UPC.
Dirección: Edificio MN1. Av. de les Bases de Manresa, 61-73, 08242 Manresa, (Barcelona). España.



Colabora con la UPC

MiningiDEAS

Empresas participantes:

Zitrón



VECCHIOLA S.A.

ANEMOV
INGENIERÍA

rocha
Blast Engineers

PROGRAMA DETALLADO

Módulo 7: Simulación 3, uso de software nivel avanzado

En este módulo se revisan las herramientas avanzadas como simulaciones de incendio y aplicaciones específicas para los proyectos y las simulaciones dinámicas que se utilizan principalmente para evaluar la respuesta del sistema de ventilación diseñado, frente a situaciones operacionales.

- Revisión de las opciones avanzadas del software para la edición.
- Presentación de resultados.
- Simulación termodinámica.
- Simulación de dispersión de contaminantes y gases.
- Manejo de arreglos de ventiladores en serie y paralelo.
- Análisis de ventilación natural.
- Análisis financiero.
- Simulaciones de incendio.
- Ejemplos de aplicación.

Fecha de clases: 18 al 22 de noviembre de 2024.

Módulo 8: Proyectos de Ventilación

En este módulo se busca que el participante aprenda sobre la gestión de proyectos de ventilación para la identificación de necesidades específicas, el diseño de sistemas adecuados, la implementación de tecnologías innovadoras y la supervisión de operaciones productivas. Los proyectos de ventilación requieren de una visión integral dotada con un alto conocimiento profesional en la gestión de proyectos. Liderar un proyecto de ventilación significa integrar todos los conceptos desarrollados en el postgrado para garantizar la mejora continua de los sistemas de ventilación y promover entornos subterráneos seguros y productivos.

Contenidos: Se partirá de un set de datos reales entregados por los profesores, consolidando los conocimientos en preparación de proyectos. El participante deberá preparar un proyecto de ventilación con las herramientas recibidas desde el módulo 1 al 7.

Fecha de clases: 25 de noviembre al 6 de diciembre de 2024.

Profesores: Tutoría según asignación de estudiantes y profesores a la temática particular dentro de cada proyecto.

Bloque 2: Aspectos avanzados de la Ingeniería de Ventilación

Módulo 9: Incendios

En este módulo se enfatiza la importancia de conocer el comportamiento de los incendios en minas e infraestructuras subterráneas para poder prevenir y mitigar situaciones de emergencia que pongan en riesgo la seguridad de los trabajadores y la integridad de las instalaciones. La simulación de incendios proporciona información valiosa sobre la propagación del fuego, la generación de humo y la evacuación de personas en entornos subterráneos, lo que facilita la toma de decisiones para mejorar la seguridad y la eficacia de los protocolos de emergencia. La capacitación en este tema permite identificar las causas de incendios, como el sobrecalentamiento de equipos eléctricos o la presencia de materiales inflamables, y adoptar medidas preventivas efectivas. Además, el conocimiento sobre incendios en entornos subterráneos facilita la planificación de respuestas rápidas y eficaces, la implementación de sistemas de ventilación adecuados y la reducción de riesgos asociados a la autoignición de materiales. Dominar estos conceptos es fundamental para garantizar la protección de vidas, la preservación de la infraestructura y la mitigación de riesgos en entornos subterráneos, reforzando la preparación y la capacidad de respuesta ante situaciones críticas.

Contenidos:

- Teoría del incendio y análisis de incendio, comportamiento de un incendio, definición de medidas de control y medidas de mitigación.
- Elementos de control de un incendio.
- Situaciones de riesgo de incendio.
- Construcción de matriz de riesgo,
- Evaluación de riesgos de un incendio, diseño, construcción y configuración de escenarios.
- Carga de fuego e intervalos de tiempo.
- Escenarios, análisis de resultados de simulación de incendio.
- Estrategia de mitigación de escenarios de incendio.



Colabora con la UPC

MiningiDEAS

Empresas participantes:



Director Académico: Dr. Marc Bascompta Massanés

E-mail: marc.bascompta@upc.edu
Teléfono: +34 93 87 77242

Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Manresa - EPSEM. Universitat Politècnica de Catalunya – UPC.
Dirección: Edificio MN1. Av. de les Bases de Manresa, 61-73, 08242 Manresa, (Barcelona). España.

PROGRAMA DETALLADO

- Manejo de incendios subterráneos con el uso de ventilación principal y secundaria.

Fecha de clases: 24 de febrero al 7 de marzo de 2025.

Profesores: Felipe Fernández, Alejandro Díaz.

Módulo 10: Ventilación en Sub-Level Stoping

En este módulo se estudia el método de explotación Sub-Level Stoping (caserones), el cual requiere de un diseño de ventilación particular. Este método es una forma muy usual de explotación de minerales metálicos en el mundo. Consiste en explotar vetas de un ancho tal que permita el uso de maquinarias como LHD o camiones de bajo perfil. El cuerpo mineralizado se ataca tanto por un límite superior (para voladuras) como uno inferior (para extracción del material fragmentado), lo que presenta un desafío de ventilación importante, ya que los flujos de aire pierden el control frente a la presencia de muchos túneles o sectores abiertos. Los estudiantes adquieren una comprensión avanzada sobre esta configuración, la cual permite un correcto modelamiento para de los sectores de explotación. Se abordarán las mejores prácticas de ingeniería para llevar cabo el diseño y planificación de los modelos.

Contenidos:

- Criterios de diseño específicos para Sub-Level Stoping.
- Estrategia de ventilación principal y estrategia de ventilación de caserones.
- Estrategia de tapados para cierre de áreas, dispositivos de ventilación, parámetros típicos.
- Tipo de montajes para minas que usan Sub-Level Stoping.
- Interacción de minas subterráneas y minas en superficie cuando comparten el cuerpo mineralizado en explotación.
- Planificación de diseño y construcción de ventiladores principales y ventilación auxiliar.

Fecha de clases: 10 al 28 de marzo de 2025.

Profesores: Fabián Lazo, Herman Aguirre, Claudia Villalobos.

Módulo 11: Ventilación en Panel Caving y Room & Pillar

En este módulo se abordan otros dos métodos de explotación de minerales muy importantes en la minería mundial: Panel Caving y Room and Pillar, siendo este último método muy utilizado en minería del carbón y potasas. Por un lado, los métodos de caving, usando la gravedad como principal fuente de movimiento de mineral, poseen infraestructuras de extracción estables en el tiempo, lo que permite diseñar circuitos de ventilación muy controlados. Los estudiantes comprenderán lo básico y complejo de sistemas de ventilación adaptados para este tipo de método, el cual centra su dificultad en la masividad de requerimientos de flujos de aire fresco para poder operar adecuadamente. Generalmente, los métodos tipo caving están pensados para producciones altas, lo que involucra un gran número de máquinas interactuando al mismo tiempo. Los estudiantes comprenderán la envergadura de este tipo de proyectos y adquirirán habilidades avanzadas de ventilación subterránea. Por otro lado, el método Room and Pillar también presenta una infraestructura estable. Su configuración es más bien horizontal, combinando caserones y pilares que sostienen la infraestructura. Los estudiantes comprenderán los desafíos relacionados al tamaño de estas minas, las cuales pueden llegar a tener extensiones kilométricas de galerías. En este sentido el diseño de ventilación y el control de circuitos de ventilación se hace prioritario para poder llevar a cabo la explotación de dichas minas.

Contenidos:

- Criterios de diseño específicos para Panel Caving y Room & Pillar.
- Dispositivos de ventilación, estrategias de ventilación, ventiladores principales y ventilación auxiliar.
- Ventilación en minería de Potasas.
- Ventilación en minería de Carbón: conceptos relacionados con explosión y deflagración, antideflagrancia en equipos eléctricos.
- Caracterización del grado de explosividad de la mezcla grisurosa, drenaje previo a la explotación de mantos de carbón con alto contenido de gases y drenaje de frentes explotados.
- Dilución auxiliar de gases en el frente de trabajo (difusores).
- Depresión del polvo de carbón para evitar la presencia de nubes explosivas.
- Métodos de aislamiento de frentes incendiados y generación de atmosferas de extinción de incendios.
- Proyecto Room & Pillar con casos reales.
- Proyecto Panel Caving con casos reales.

Fecha de clases: 31 de marzo al 12 de abril y 21 al 25 de abril de 2025.

Profesores: Ronald Guzmán, Juan Pablo Matta, Antonio Galdeano, Avelino Díaz Cadierno y Cipriano López Fanjul.

Director Académico: Dr. Marc Bascompta Massanés

E-mail: marc.bascompta@upc.edu
Teléfono: +34 93 87 77242

Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Manresa - EPSEM. Universitat Politècnica de Catalunya - UPC.
Dirección: Edificio MN1. Av. de les Bases de Manresa, 61-73, 08242 Manresa, (Barcelona). España.



Colabora con la UPC

MiningiDEAS

Empresas participantes:



VECCHIOLA S.A.



PROGRAMA DETALLADO

Módulo 12: Optimización de Proyectos de Ventilación Subterránea

Una vez consolidados los conceptos de ventilación y sus particularidades en función del método de explotación, este módulo permite al estudiante desarrollar competencias para optimizar y aplicar cambios a los proyectos de ventilación. La optimización del sistema de ventilación en minería e infraestructura subterránea conlleva una serie de beneficios que van desde la seguridad y la eficiencia energética hasta la productividad, el cumplimiento normativo y la reducción de costos, consiguiendo un entorno de trabajo más seguro, saludable y rentable.

Contenidos:

- Herramientas para la optimización de la ventilación principal, ventiladores principales, disposición general, análisis de curvas, consideraciones estratégicas, incorporación de sectores, infraestructura de proceso en interior mina (chancadoras, talleres, etc.).
- Herramientas de gestión para procesos productivos mineros.
- Optimización de técnicas actuales de diseño y simulación de sistemas de ventilación.
- Electromovilidad, cambio de diesel a eléctrico e hidrógeno.
- Impacto de la electromovilidad en la ventilación, pros y contras de eléctrico vs pila de hidrogeno, especialmente en minería subterránea.
- Implementación de cargadores eléctricos dentro de mina, revisión de la legislación y regulación actual.
- Uso de software en minas subterráneas que buscan digitalizar sus procesos.
- Importancia de tener el entorno conectado mediante arquitectura digital.

Fecha de clases: 28 de abril al 9 de mayo de 2025.

Profesores: Martín Pierola, Avelino Díaz Cadierno, Cipriano López Fanjul, Patricio Lillo y Claudia Hortelano.

Actividades

Clases magistrales online síncronas con profesores expertos en la materia, donde se desarrollarán los conceptos teóricos y la resolución de problemas que materialicen los conocimientos presentados. En cada módulo el alumno realizará ejercicios prácticos basados en casos reales de la industria y una evaluación de los contenidos impartidos.

- **Frecuencia de clases:** semanalmente, martes y jueves.
- **Horario de clases:** 17 a 21 hs (horario España).
- **Idioma de clases:** Español.

Períodos libres por festivales internacionales

- 14 al 18 de Abril de 2025.
- 1 y 2 de Mayo de 2025.

Plazos de entrega de ejercicios, proyectos y evaluaciones

Sin clases virtuales. Autonomía del participante para cumplir los objetivos planteados por cada profesor.

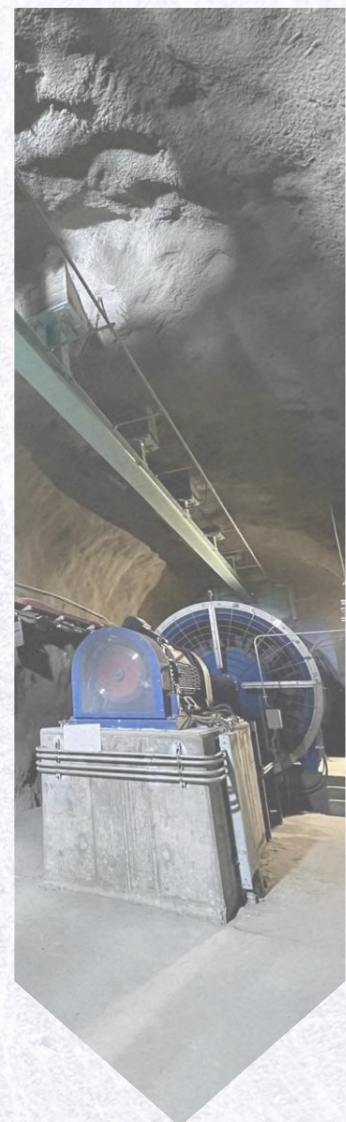
- **Bloque 1:** del 21 al 31 de Octubre de 2024.
- **Proyecto Módulo 8:** 25 de Noviembre al 17 de Diciembre de 2024.
- **Bloque 2:** del 12 al 20 de Mayo de 2025.

Emisión de Certificados

Existe un período de evaluaciones por parte de los profesores antes de la emisión de certificados. Para participantes que realicen de manera parcial alguno de los bloques, los certificados se entregarán en el siguiente período:

- **Taller de Simulación de Ventilación con Software:** 20 de Diciembre de 2024.
- **Bloque 1 - Aspectos fundamentales de la Ingeniería de Ventilación:** 13 de Enero de 2025.
- **Bloque 2 - Aspectos avanzados de la Ingeniería de Ventilación:** 30 de Mayo de 2025*.

*Misma fecha de entrega de certificados para participantes que desarrollan la totalidad de INVEMIS.



Colabora con la UPC

MiningiDEAS

Empresas participantes:



Director Académico: Dr. Marc Bascompta Massanés

E-mail: marc.bascompta@upc.edu
Teléfono: +34 93 87 77242

Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Manresa - EPSEM. Universitat Politècnica de Catalunya - UPC.
Dirección: Edificio MN1. Av. de les Bases de Manresa, 61-73, 08242 Manresa, (Barcelona). España.