

Curso Académico: 2021/22

66215 - Seguridad y análisis de riesgos en la industria química

Información del Plan Docente

Año académico: 2021/22

Asignatura: 66215 - Seguridad y análisis de riesgos en la industria química

Centro académico: 110 - Escuela de Ingeniería y Arquitectura

Titulación: 531 - Máster Universitario en Ingeniería Química

Créditos: 6.0

Curso: 1

Periodo de impartición: Segundo semestre

Clase de asignatura: Obligatoria

Materia:

1. Información Básica

1.1. Objetivos de la asignatura

La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:

La vigente legislación europea, y su transposición española, exigen de los establecimientos industriales un riesgo individual demostrable inferior a 1×10^{-6} víctimas/año como consecuencia de un accidente grave. Esta circunstancia es exigida por parte del poder ejecutivo (gobierno autonómico en el caso español) a los establecimientos industriales que reúnan una serie de requisitos especificados en el Real Decreto. Con tal fin, el industrial debe confeccionar el preceptivo informe de análisis de riesgos, en el que demuestre que su instalación cumple los requisitos exigidos por la ley, y por tanto, que el riesgo individual de un tercero (ajeno a la instalación industrial) es inferior a la cifra umbral, mencionada anteriormente.

Para llevar a cabo tal informe es necesario conocer las *Técnicas de Identificación* de peligros más habituales, y cuantificar la *Probabilidad o Frecuencia de Ocurrencia* de un determinado suceso. Paralelamente, el *Análisis de Consecuencias y Vulnerabilidad* es capaz, a través de modelos matemáticos, de cuantificar la intensidad del daño producido en el caso de ocurrencia de un accidente grave. El producto de ambos factos (frecuencia de ocurrencia y magnitud del daño) es lo que la normativa refiere como *riesgo*.

Aunque tiene alguna coincidencia con la asignatura de *Seguridad y Prevención de Riesgos en Procesos Industriales* (29994) cursada en cualquiera de los grados de Ingeniería de la Universidad de Zaragoza, sus contenidos no son comunes, sino más bien complementarios, centrándose ésta última en la seguridad y salud laboral (accidentes y enfermedades laborales), frente a la seguridad industrial (accidentes graves), que es el ámbito en el que se desarrolla la presente asignatura (66215).

Estos planteamientos y objetivos están alineados con algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS, de la Agenda 2030 (<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>) y determinadas metas concretas, de tal manera que la adquisición de los resultados de aprendizaje de la asignatura proporciona capacitación y competencia al estudiante para contribuir en cierta medida a su logro:

- Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades

Meta 3.9 Para 2030, reducir sustancialmente el número de muertes y enfermedades producidas por productos químicos peligrosos y la contaminación del aire, el agua y el suelo. 3.d Reforzar la capacidad de todos los países, en particular los países en desarrollo, en materia de alerta temprana, reducción de riesgos y gestión de los riesgos para la salud nacional y mundial.

- Objetivo 12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.

Metas 12.4 De aquí a 2020, lograr la gestión ecológicamente racional de los productos químicos y de todos los desechos a lo largo de su ciclo de vida, de conformidad con los marcos internacionales convenidos, y reducir significativamente su liberación a la atmósfera, el agua y el suelo a fin de minimizar sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente y 12.5 De aquí a 2030, reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización.

- Objetivo 8: Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todo

Meta 8.8 Proteger los derechos laborales y promover un entorno de trabajo seguro y sin riesgos para todos los trabajadores, incluidos los trabajadores migrantes, en particular las mujeres migrantes y las personas con empleos precarios

1.2. Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

Tal y como se describe en el apartado precedente, el alumno que curse esta asignatura estará en condiciones de enfrentarse a la problemática de los Informes de Análisis de Riesgos, y podrá acceder a otros títulos vinculados con esta temática. El campo de la *Seguridad Industrial y el Análisis de Riesgos* es un campo en expansión desde la década de los noventa del siglo pasado, y con un impacto cada vez mayor en el panorama industrial de los países con economías avanzadas. Los contenidos tratados en esta asignatura son de gran importancia en multitud de campos vinculados a la producción (particularmente de la industria química y afines, pero no de forma excluyente), el transporte de mercancías peligrosas, empresas aseguradoras, instituciones gubernamentales, etc.

1.3. Recomendaciones para cursar la asignatura

La asignatura *Seguridad y Análisis de Riesgos en la Industria Química* es una asignatura que se fundamenta en diversas asignaturas cursadas en el Grado de Ingeniería Química de la Universidad de Zaragoza, aunque también puede ser seguida por Ingenieros Industriales y Licenciados con formación científica (fundamentalmente del campo físico y químico).

La participación en clase, el estudio continuado y el trabajo día a día son fundamentales para que el alumno alcance de manera satisfactoria el aprendizaje propuesto. Asimismo, resulta fundamental dedicar el tiempo suficiente a los *Casos de Estudio* que serán planteados a lo largo de la asignatura. Todos ellos están basados en accidentes históricos (*reales*) documentados por diversas instituciones y sobre las que se puede sacar una inestimable enseñanza *aprendiendo de los errores ajenos*. Los estudiantes deben tener en cuenta que para su asesoramiento disponen del profesor en tutorías personalizadas y grupales.

2. Competencias y resultados de aprendizaje

2.1. Competencias

Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...

Competencias Genéricas

- Capacidad para aplicar el método científico y los principios de la ingeniería y economía, para formular y resolver problemas complejos en procesos, equipos, instalaciones y servicios, en los que la materia experimente cambios en su composición, estado o contenido energético, característicos de la industria química y de otros sectores relacionados entre los que se encuentran el farmacéutico, biotecnológico, materiales, energético, alimentario o medioambiental. (CG1)
- Concebir, proyectar, calcular, y diseñar procesos, equipos, instalaciones industriales y servicios, en el ámbito de la ingeniería química y sectores industriales relacionados, en términos de calidad, seguridad, economía, uso racional y eficiente de los recursos naturales y conservación del medio ambiente. (CG2)
- Realizar la investigación apropiada, emprender el diseño y dirigir el desarrollo de soluciones de ingeniería, en entornos nuevos o poco conocidos, relacionando creatividad, originalidad, innovación y transferencia de tecnología. (CG4)
- Saber establecer modelos matemáticos y desarrollarlos mediante la informática apropiada, como base científica y tecnológica para el diseño de nuevos productos, procesos, sistemas y servicios, y para la optimización de otros ya desarrollados. (CG5)
- Tener capacidad de análisis y síntesis para el progreso continuo de productos, procesos, sistemas y servicios utilizando criterios de seguridad, viabilidad económica, calidad y gestión medioambiental. (CG6)
- Integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de emitir juicios y toma de decisiones, a partir de información incompleta o limitada, que incluyan reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas del ejercicio profesional. (CG7)
- Liderar y definir equipos multidisciplinares capaces de resolver cambios técnicos y necesidades directivas en contextos nacionales e internacionales. (CG8)

- Comunicar y discutir propuestas y conclusiones en foros multilingües, especializados y no especializados, de un modo claro y sin ambigüedades. (CG9)
- Poseer las habilidades del aprendizaje autónomo para mantener y mejorar las competencias propias de la ingeniería química que permitan el desarrollo continuo de la profesión. (CG11)

Competencias Específicas

- Aplicar conocimientos de matemáticas, física, química, biología y otras ciencias naturales, obtenidos mediante estudio, experiencia, y práctica, con razonamiento crítico para establecer soluciones viables económicamente a problemas técnicos. (CE1)
- Diseñar productos, procesos, sistemas y servicios de la industria química, así como la optimización de otros ya desarrollados, tomando como base tecnológica las diversas áreas de la ingeniería química, comprensivas de procesos y fenómenos de transporte, operaciones de separación e ingeniería de las reacciones químicas, nucleares, electroquímicas y bioquímicas. (CE2)
- Conceptualizar modelos de ingeniería, aplicar métodos innovadores en la resolución de problemas y aplicaciones informáticas adecuadas, para el diseño, simulación, optimización y control de procesos y sistemas. (CE3)
- Tener habilidad para solucionar problemas que son poco familiares, incompletamente definidos, y tienen especificaciones en competencia, considerando los posibles métodos de solución, incluidos los más innovadores, seleccionando el más apropiado, y poder corregir la puesta en práctica, evaluando las diferentes soluciones de diseño. (CE4)
- Dirigir y supervisar todo tipo de instalaciones, procesos, sistemas y servicios de las diferentes áreas industriales relacionadas con la ingeniería química. (CE5)
- Diseñar, construir e implementar métodos, procesos e instalaciones para la gestión integral de suministros y residuos, sólidos, líquidos y gaseosos, en las industrias, con capacidad de evaluación de sus impactos y de sus riesgos. (CE6)
- Dirigir y gestionar la organización del trabajo y los recursos humanos aplicando criterios de seguridad industrial, gestión de la calidad, prevención de riesgos laborales, sostenibilidad, y gestión medioambiental. (CE8)
- Adaptarse a los cambios estructurales de la sociedad motivados por factores o fenómenos de índole económico, energético o natural, para resolver los problemas derivados y aportar soluciones tecnológicas con un elevado compromiso de sostenibilidad. (CE10)
- Dirigir y realizar la verificación, el control de instalaciones, procesos y productos, así como certificaciones, auditorías, verificaciones, ensayos e informes. (CE11)

2.2. Resultados de aprendizaje

El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...

Sabe identificar peligros y cuantificar los riesgos asociados a los materiales, condiciones de operación y unidades donde se procesan.

Desarrolla informes de evaluación del riesgo individual y social, así como sobre las condiciones de seguridad de una instalación industrial.

Conoce la normativa aplicable en material de higiene y seguridad laboral y de accidente grave.

Aplica metodologías reconocidas y aceptadas para la identificación y la cuantificación de los riesgos de accidente grave.

Diseña estrategias para la minimización del riesgo asociado a una instalación industrial, vinculándolas con su coste económico.

2.3. Importancia de los resultados de aprendizaje

El seguimiento y superación de la asignatura tiene como finalidad completar la formación científica y técnica del estudiante, y fijar los conocimientos específicos del módulo de *Ingeniería de Procesos y Producto*, definido en Resolución de 8 de junio de 2009 de la Secretaría General de Universidades ? BOE 4 agosto 2009?.

En los epígrafes precedentes ya se ha reseñado el interés para el alumno que finalice con éxito sus estudios de *Máster de Ingeniería Química* en la Universidad de Zaragoza. Por extensión de los contenidos de la asignatura, ésta también podría ser especialmente interesante para alumnos del *Máster de Ingeniería Industrial* vinculados a transmisión de calor y fluidos.

3. Evaluación

3.1. Tipo de pruebas y su valor sobre la nota final y criterios de evaluación para cada prueba

El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación

Opción 1:

Es la opción más recomendable para la adquisición progresiva de los contenidos, habilidades y competencias de la asignatura.

La evaluación es global y comprende:

1. Realización de los problemas y casos propuestos (**CPP**) a lo largo del desarrollo de la asignatura. Ejercicios propuestos y resueltos en clase. Participación activa en su exposición y resolución, valorados por observación.
2. Realización de trabajos tutelados (**TTE**). Los entregables correspondientes a trabajos tutelados (1 o 2 tareas por curso) consistirán en ejercicios (casos de estudio) inspirados en casos reales, bien de aplicación de técnicas de identificación de peligros y de cuantificación de frecuencias/probabilidades, o bien casos de informes de accidentes reales sobre los que habrá que elaborar una reconstrucción de accidente identificando causas raíces (*cause root*), proponer alternativas, cuantificar riesgos en el perímetro de la instalación, etc. El trabajo podrá ser en grupo (reducido) o individual y se presentará siempre por escrito (usando medio electrónicos). En su caso podría haber presentación oral de las principales conclusiones si las condiciones así lo aconsejaran (la decisión, en caso de producirse, se comunicará con suficiente antelación). Se valorará la intensidad de las conclusiones obtenidas, así como el uso adecuado de las técnicas aprendidas en clase, u otras que pudieran haberse adquirido fuera del aula. La comunicación en todo caso deberá ser *efectiva* y lo más *aséptica* posible. Serán evaluados y corregidos durante el curso.
3. Realización de un examen (**EXA**) al finalizar la asignatura. Esta prueba, que será del tipo *libro abierto*, consistirá en la resolución de ejercicios de tipo práctico, utilizando los recursos (*libros, apuntes, tablas de datos, calculadora programable, etc.*), que el alumno considere conveniente. Si se reúnen las condiciones necesarias para asegurar la individualidad de los ejercicios (no existencia de comunicación entre alumnos durante el transcurso del ejercicio de examen), podría utilizarse ordenador personal.

La nota de la asignatura se calculará atendiendo al siguiente polinomio:

$$\text{Nota} = 0.1 \times \text{CPP} + 0.2 \times \text{TTE} + 0.7 \times \text{EXA}$$

Todas las categorías de evaluación se puntuarán sobre 10 puntos. Se precisará una nota mínima en el examen (**EXA**), de 4 puntos sobre 10 para superar la asignatura.

Los epígrafes 1 y 2 sólo serán puntuables durante el transcurso del periodo de impartición de la docencia de la asignatura.

Opción 2:

Aquellos alumnos que decidan no utilizar el método de evaluación descrito como opción 1, pueden optar por presentarse exclusivamente al examen de convocatoria (**EXA**). En este caso la calificación de la asignatura se calculará como un 100% de la nota final.

$$\text{Nota} = 1.0 \times \text{EXA}$$

El mencionado examen (**EXA**) será de similares características a las del examen final de la opción 1. En este caso la nota mínima para superar la asignatura será 5.0. Las opciones de evaluación 1 y 2 son mutuamente excluyentes (puede optarse libremente por una u otra, pero no por combinaciones de ambas). Esta opción está disponible en las dos convocatorias.

Las calificaciones alcanzadas serán válidas exclusivamente durante el curso académico en el que se obtengan.

4. Metodología, actividades de aprendizaje, programa y recursos

4.1. Presentación metodológica general

El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:

A lo largo de la asignatura se utilizarán diversos recursos docentes. El primero de ellos, el más tradicional consistirá en la transmisión de contenidos teóricos mediante clases magistrales. Paralelamente a los contenidos teóricos, se procederá a aplicarlos mediante ejercicios planteados de antemano para que el alumno trabaje en ellos por su cuenta, siendo resueltos en clase aquellos casos que resulten más representativos para cada tema. Generalmente se tratará de ejercicios *abiertos*, cuya solución admite distintos planteamientos y aproximaciones, que a su vez dan pie al debate y a su discusión en grupo.

En los distintos temas se plantearán *Casos de estudio* provenientes de informes producidos por distintas instituciones o empresas sobre accidentes en los que se hayan visto envueltas sustancias peligrosas. A partir de su análisis se obtendrán las conclusiones buscadas. Los *Casos de Estudio* serán propuestos por el profesor, trabajados por cuenta del alumno (individualmente o en grupo) y comentados en grupo. Algunos de ellos (uno como mínimo) serán presentados por escrito, corregidos y puntuados. Esta puntuación constituirá parte de la calificación final según se recoge en el apartado correspondiente.

4.2. Actividades de aprendizaje

El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...

Clases magistrales (30 h) donde se impartirá la teoría de los distintos temas que se han propuesto y se resolverán problemas modelo.

Clases de resolución de problemas y casos (30 h). En estas clases se resolverán problemas por parte del alumno supervisado por el profesor. Los problemas o casos estarán relacionados con la parte teórica explicada en las clases magistrales.

Trabajos tutelados (20 h), individuales ó en grupo. Se propondrán 1 ó 2 actividades que serán tuteladas por los profesores.

Estudio individual (50 h). Se recomienda al alumno que realice el estudio individual de forma continuada a lo largo del semestre.

Tutela personalizada profesor- alumno (10 h).

Evaluación (10 h). Se realizaran evaluaciones parciales y una prueba global donde se evaluarán los conocimientos teóricos y prácticos alcanzados por el alumno.

4.3. Programa

El temario previsto para la asignatura es el siguiente:

0 Introducción a la seguridad industrial. Introducción al análisis de riesgos: Conceptos. Riesgo, Peligro y Accidente. Riesgo Individual y Riesgo Social. Riesgo en actividades humanas: Índices de Riesgo. Aceptabilidad del riesgo. Esperanza Matemática de pérdidas.

BLOQUE A.- ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

A.1 Métodos comparativos de identificación de peligros. Análisis Históricos. Códigos y Estándares. Listas de Comprobación.

A.2 Índices de Riesgo. Índice DOW de Incendio y Explosión. Índice DOW para Nubes Tóxicas. Índice PROCESO. Otros índices de riesgo.

A.3 Métodos Estructurados de identificación de peligros. Análisis de peligros y operabilidad (HazOp). Análisis *? What If?*.

A.4 Métodos cuantitativos de análisis de peligros. Análisis de Árboles de Fallos (FTA). Análisis de Árboles de Sucesos (ETA). Análisis de Modos de Fallo y Efectos (FMEA).

A.5 Ingeniería de la Fiabilidad. Introducción. Tiempo de misión o funcionamiento. Tasa de fallos. Vida media. Fiabilidad y disponibilidad. Función de densidad de probabilidad de fallos. Fiabilidad humana: Fallo humano.

BLOQUE B.- ANÁLISIS DE CONSECUENCIAS

B.1 Pérdidas de contención. Introducción. Clasificaciones. Factores involucrados. Caracterización del flujo de salida del recipiente. Vapores y gases: flujo a través de orificio. Vapores y gases: flujo a través de tubería y orificio. Líquidos: flujo a través de orificio. Líquidos: flujo a través de orificio y accesorios. Teorema de Bernouilli. Ecuación de Crowl y Louvar para flujos de líquido no estacionarios. Geometrías de recipiente complejas (cilíndrico horizontal y esférico). Flujo bifásico. Fracción de vaporización súbita. Modelos de formación de charco. Modelos de evaporación dependiendo de la propiedad limitante (calor o convección de material).

B.2 Explosiones (gases y vapores). Introducción. Triángulo de fuego y explosión. Límites de explosión e inflamabilidad. Diagramas de inflamabilidad. Temperatura de auto ignición. Energía mínima de ignición. Efectos característicos de las explosiones. Deflagración y detonación. Diferencias entre fuego y explosión. Modelos de cuantificación de efectos. Efecto de apilamiento. Explosiones de vapor confinadas (EVC). Explosiones Físicas. Dispositivos de venteo: discos de ruptura y válvulas de alivio. Explosiones de Vapor No Confinadas (EVNC). Evolución de la sobrepresión. Parámetros característicos de las explosiones: presión lateral y presión dinámica, fase positiva y negativa, tiempo de llegada. Modelo TNT equivalente. Modelo TNO Multienergy. Modelo equivalente TNT para explosiones físicas. Análisis de casos de estudio.

B.3 Explosiones de polvo. Introducción. Índice de deflagración K_{st} . Cuantificación de efectos. Normativa ATEX. Delimitación de zonas. Análisis de casos de estudio.

B.4 Incendios. Introducción. Clasificación. Modelo de incendio en charco. Geometría del incendio: Modelos de Thomas. Intensidad de radiación emitida. Transmisividad atmosférica. Factor de visión geométrico. Modelo de incendio en chorro. Modelo de incendio flash. Análisis de casos de estudio.

B.5 Explosiones BLEVE. Introducción. Teoría de nucleación masiva de Reid. Geometría de las bolas de fuego. Modelos de cuantificación. Modelo equivalente TNT para BLEVEs. Análisis de casos de estudio.

B.6 Nubes tóxicas. Introducción. Movimiento convectivo atmosférico. Características y Estabilidad atmosférica. Tasa de enfriamiento adiabático (ALR). Viento dirección, velocidad y persistencia: Rosa de los vientos. Clases de Estabilidad de Pasquill-Guifford. Modelos de dispersión Gaussianos (descarga instantánea y continua). Limitaciones de los modelos gaussianos. Correcciones a los modelos: por tamaño de la fuente, por rugosidad del terreno, por duración de la exposición. Análisis de casos de estudio.

B.7 Análisis de Vulnerabilidad. Introducción. Acceso del daño al organismo. Índices toxicológicos. Heterogeneidad de la población. Metodología PROBIT. Vulnerabilidad a personas y materiales: ecuaciones para radiación térmica, sobrepresión máxima y dosis tóxicas. Acciones evasivas y de refugio.

B.8 Reactividad Química. Identificación de reactividades. Métodos teóricos: Índices CHETAH. Métodos prácticos: Calorímetros adiabáticos. Reacciones fuera de control. Teoría de *Semenov*.

BLOQUE C.- NORMATIVA Y LEGISLACIÓN

C.1 Planificación de emergencias. Planes de emergencia interior (PEI). Planes de emergencia exterior (PEE). Coordinación. Comunicación.

C.2 Normativa y legislación española y europea

4.4. Planificación de las actividades de aprendizaje y calendario de fechas clave

Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

Se trata de una asignatura obligatoria de 6 créditos ECTS, lo que equivale a 150 horas de trabajo del estudiante. Las actividades de aprendizaje se han descrito en el apartado 4.2.

El calendario detallado de comienzo de las actividades, así como el lugar de impartición de cada una de ellas es responsabilidad de la *Escuela de Ingeniería y Arquitectura* (EINA), y puede ser consultado en tiempo y forma en la dirección web (<http://eina.unizar.es>). Cada profesor informará sobre su disponibilidad para la atención de tutorías y sobre las modificaciones, puntuales o prolongadas que puedan producirse en éstas a lo largo del curso.

4.5. Bibliografía y recursos recomendados

<http://psfunizar10.unizar.es/br13/egAsignaturas.php?codigo=66215>