MÓDULOS DE DISEÑO EN INGENIERÍA

El diseño de productos tecnológicos (artefactos, procesos, sistemas e infraestructura) está en el centro de la naturaleza de la ingeniería. El diseño en ingeniería es un proceso sistemático, creativo y flexible, sustentado en las matemáticas, las ciencias naturales y las ciencias de la ingeniería, que incluye la generación, la evaluación sistemática y la puesta a prueba de especificaciones para la creación de artefactos, sistemas, procesos e infraestructura cuya forma y función permitan lograr unos objetivos establecidos y satisfacer una serie de restricciones especificadas a partir de una necesidad o situación problemática.

Diseñar en ingeniería un producto tecnológico se caracteriza por:

1. Ser una estrategia para resolver cierto tipo de problemas desde la perspectiva de la concepción de productos tecnológicos.
2. Ser un proceso iterativo de toma de decisiones.
3. Ser un problema abierto, en general débilmente estructurado, con múltiples soluciones.
4. Para el caso de ingeniería, el producto final de la actividad de diseño es un producto tecnológico entendido éste como un artefacto, un proceso o un sistema que debe ser operado económicamente y que cumple con especificaciones y restricciones.
5. El término artefacto se utiliza para designar una amplia gama de productos físicos, como una máquina, un dispositivo, un puente, un automóvil, un bien de consumo que involucra tecnología en su desarrollo y puesta en el mercado para satisfacer necesidades. Implica la transformación de la materia para generar elementos con funcionalidades y características nuevas que buscan resolver necesidades existentes o potenciales.
6. La utilización intensiva explícita o implícita del conocimiento matemático y científico es un pilar central de todo proceso de diseño en ingeniería.

El desarrollo cognitivo que se requiere para diseñar tiene un componente transversal a las especialidades de ingeniería.

Estos módulos evalúan aprendizajes relacionados con la competencia: “Planifica y concibe productos tecnológicos como artefactos, sistemas o procesos, mediante la integración de conocimientos y principios de las matemáticas, ciencias, tecnología y ciencias de la ingeniería, con el fin de satisfacer necesidades y cumplir con requerimientos y restricciones técnicas, financieras, de mercado, ambientales, sociales, éticas y económicas”.

En cada módulo se abordan procesos relacionados con tres momentos o componentes del diseño:

1. **Formular el problema de diseño**.
   Evalúa la competencia del estudiante para identificar y formular un problema de diseño a partir del análisis de una situación contextualizada, basado en información que puede ser incompleta, sobrante o incierta.

   Para ello se busca observar los siguientes desempeños:

   1.1 Comprender e interpretar en un marco técnico la información para identificar el problema que se requiere resolver en un contexto específico.

1.2 Diferenciar y plantear restricciones y requerimientos del producto tecnológico a diseñar.
1.3 Formular especificaciones de entrada para el diseño del producto tecnológico

2. Proponer, analizar y evaluar alternativas de solución para seleccionar la más conveniente. Evalúa la competencia del estudiante para analizar alternativas de solución y seleccionar la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social, ético y ambiental.

Los desempeños que se pretenden evaluar son:

2.1 Reconocer alternativas viables de solución para satisfacer requerimientos, restricciones y especificaciones técnicas de diseño.
2.2 Comparar alternativas de solución de acuerdo con criterios determinados.
2.3 Seleccionar la alternativa de solución más adecuada.

3. Especificar en forma detallada el producto tecnológico y sus componentes. Evalúa la competencia del estudiante para aplicar los conocimientos de las matemáticas, las ciencias, la tecnología y las ciencias de la ingeniería para especificar en forma detallada un producto tecnológico.

Los desempeños que se pretenden evaluar son:

3.1 Realizar cálculos y procedimientos necesarios para detallar el producto tecnológico y sus componentes.
3.2 Plantear especificaciones para el proceso de desarrollo del producto tecnológico.
3.3 Revisar, verificar y validar que una solución cumpla con las especificaciones técnicas de diseño.

Este módulo está diseñado para evaluar las habilidades del estudiante en la competencia de diseño en ingeniería, basada en desempeños coherentes con la formación de estudiantes de ingeniería, con un nivel del 75 % del plan de estudios de pregrado. Por ello, la prueba exige un nivel de conocimientos y de desenvolvimiento técnico en el contexto de aplicación que supere los retos del sentido común, de la lógica elemental y de la comprensión de lectura.

EVALUACIÓN DE LA COMPETENCIA DISEÑO EN INGENIERÍA A TRAVÉS DE CASOS

Cada módulo de diseño en ingeniería, incluye la descripción de casos (situaciones problema) del que se desprenden varias preguntas. Para la descripción de cada caso se hace uso de textos, gráficas, tablas, esquemas, ecuaciones o de cualquier otro tipo de representación que le permita al estudiante entender la problemática que se plantea y resolver las preguntas que se hacen a partir de la misma. Todas las preguntas son de selección múltiple con única respuesta y constan de cuatro opciones, de las cuales solamente una es correcta. Estas preguntas deben analizarse y responderse teniendo en cuenta la información presentada en cada caso.

Con el fin de evaluar la competencia que han logrado los estudiantes en relación con el diseño en ingeniería, se definieron 9 contextos de aplicación para el diseño:

1. Diseño de obras de infraestructura
2. Diseño de procesos industriales
3. Diseño de sistemas de control
4. Diseño de sistemas mecánicos
5. Diseño de sistemas agrícolas
6. Diseño de sistemas de prevención y manejo de impactos ambientales
7. Diseño de sistemas, procesos y productos agroindustriales
8. Diseño de sistemas productivos y logísticos
9. Diseño de software

A continuación se describen las características del contexto de aplicación de Diseño de procesos industriales:

MÓDULO DISEÑO DE PROCESOS INDUSTRIALES

El diseño de procesos industriales, se entiende como un esfuerzo sistemático para definir y determinar las necesidades involucradas en la fabricación, manipulación y transporte de materia prima y producto terminado, así como los equipos involucrados en su transformación que concluyen en el desarrollo integrado de procesos y productos. Abarca todos los elementos del ciclo de vida del producto, desde la definición de las especificaciones preliminares, el diseño conceptual que incluye diagramas de flujo, balances de masa y energía, fenómenos de transporte y operaciones unitarias; hasta su disponibilidad, incluyendo calidad, costos y necesidades de los usuarios.

Programas de ingeniería que aplican a este contexto

Ingeniería Química
Ingeniería de Procesos
Ingeniería de Procesos industriales

Productos tecnológicos objeto del diseño de procesos industriales

Procesos de transformación de materias primas, de modo que se satisfagan condiciones técnico-económicas, de seguridad y desempeño ambiental; implementación de modificaciones en condiciones de operación.
Equipos como reactores químicos, equipos de separación o mezclado, humidificadores, intercambiadores de cantidad de movimiento, energía y masa para elaborar productos intermedios o terminados, incluyendo sus diagramas de flujo en donde se establezcan las condiciones de operación.

Áreas conceptuales de referencia

Se deben tener bases conceptuales en definición de diagramas de flujo donde se especifique corrientes y sus propiedades, balances de masa y energía con y sin reacción química, fenómenos de transporte y operaciones unitarias, evaluación y análisis de condiciones técnico-económicas, de seguridad y desempeño ambiental.

Ejemplos de preguntas

Conteste las preguntas 1 a 7 de acuerdo con el caso 1

CASO 1

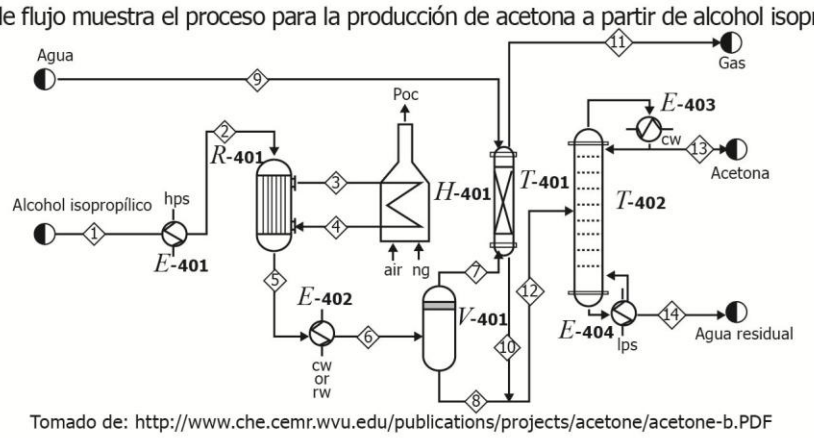
La acetona se produce habitualmente en cantidades comerciales como un producto secundario durante la formación del fenol. Sin embargo, la acetona fabricada de esta manera contiene generalmente pequeñas cantidades de benceno y de fenol. Actualmente, estas impurezas son inaceptables y se busca un proceso alternativo, como la producción de acetona a partir de la deshidrogenación catalítica del alcohol isopropílico, según la siguiente reacción:

$$C_3H_8O \longrightarrow C_3H_6O + H_2$$

Además, la cinética de reacción se describe en la siguiente ecuación:

$$r_{(\text{kgmol/m}^3\ \text{catalizador}\cdot\text{s})} = 3{,}51 \times 10^5 \cdot e^{\left(\frac{-72380\ (\text{kj/kgmol})}{RT}\right)} C_{C_3H_8O}$$

El diagrama de flujo muestra el proceso para la producción de acetona a partir de alcohol isopropílico.



Tomado de: http://www.che.cemr.wvu.edu/publications/projects/acetone/acetone-b.PDF

El alcohol isopropílico se alimenta como una mezcla azeotrópica en agua a 25°C y 1 atm. La alimentación se calienta, vaporiza y sobrecalienta en un intercambiador de calor y luego se envía al reactor en el cual se forma la acetona. A continuación, el efluente del reactor se enfría y condensa parcialmente en un intercambiador de calor y se envía a una unidad de separación, en la cual el hidrógeno sale por la corriente 7, mientras que los componentes remanentes (acetona, alcohol isopropílico y agua) se distribuyen entre las corrientes 7 y 8, según la ley de Raoult. Algo de la acetona en la corriente 7 se recupera mediante absorción con agua pura en una torre empacada y se mezcla con la corriente 8 para formar la corriente 12. Finalmente, esta corriente se destila para producir acetona casi pura en la corriente 13 y agua residual (contiene isopropanol) en la corriente 14.

PREGUNTA 1.

Dadas las condiciones de la corriente 1 que alimenta al calentador E-401, el conjunto de variables independientes desconocidas que deben especificarse en la corriente 2 y que permiten determinar la energía necesaria por unidad molar [energía/mol] son

A. composición y presión.
B. temperatura y presión.
C. flujo molar y temperatura.
D. temperatura y composición.

Clave	**B**
Proceso	Formular el problema de diseño: Evalúa la competencia del estudiante para identifica y formular un problema de diseño a partir del análisis de una situación contextualizada, basado en información que puede ser incompleta, sobrante o incierta.

Desempeño	Comprender e interpretar en un marco técnico la información para identificar el problema que se requiere resolver en un contexto específico.
Justificación de la clave	El análisis de grados de libertad indica que únicamente se requieren dos variables intensivas independientes, por lo tanto para calcular la energía del intercambiador E-401 por unidad molar se requiere la temperatura y la presión.

PREGUNTA 2.

Para mantener el funcionamiento isotérmico del equipo R-401 durante el proceso de producción de acetona, la corriente del reactor a la que se debe medir su temperatura y la corriente del sistema de calentamiento a la que se debe controlar su flujo son

A. 2 y 3
B. 2 y 4
C. 5 y 4
D. 5 y 3

Clave	**C**
Proceso	Aplicar los conocimientos de las matemáticas, las ciencias, la tecnología y las ciencias de la ingeniería para especificar en forma detallada un producto tecnológico.
Desempeño	Revisar, verificar y validar que una solución cumple con las especificaciones técnicas de diseño.
Justificación de la clave	La temperatura de la corriente 5 es el resultado del calor de reacción y del calentamiento externo dado por la corriente 4, por lo tanto el procedimiento para mantener el funcionamiento isotérmico del reactor R-401 es medir temperatura de la corriente 5 y controlar el flujo de la corriente 4.

PREGUNTA 3.

Se ha determinado que para minimizar el volumen del reactor R-401 conviene utilizar uno de flujo pistón (PFR). Esta decisión se toma con base en las especificaciones técnicas de

A. selectividad.
B. temperatura.
C. conversión.
D. rendimiento.

Clave	**C**
Proceso	Identificar y formular un problema de diseño a partir del análisis de una situación contextualizada, basado en información que puede ser incompleta, sobrante o incierta.
Desempeño	Formular las especificaciones técnicas para el diseño del producto tecnológico

Justificación de la clave	Para cualquier trabajo particular y para todos los órdenes positivos de reacción, el reactor de menor volumen es el PFR. Esto se deduce relacionando las ecuaciones de los reactores en función de la conversión para la reacción dada. $$r_{(kgmol/m^3 catalizador \cdot s)} = 3.51\times10^5 \cdot e^{\left(\frac{-72380(kJ/kgmol)}{RT}\right)} C_{C_3H_8O}$$ Además, la conversión tiene que ver con el grado de conversión de una reacción, que por lo regular es el porcentaje o fracción del reactivo imitante que se convierte en productos.

PREGUNTA 4.

En el diseño del recipiente separador V-401 se sabe que la corriente 6 contiene: hidrógeno, acetona, agua y alcohol isopropílico. Suponiendo que la presión de vapor se puede modelar según la ecuación de Antoine [lnPsat=A-B/(T+C)] y el equilibrio se describe apropiadamente por medio de la ley de Raoult [K=y/x =Psat/P], para obtener la mayor cantidad posible de acetona en la corriente 8, las condiciones de temperatura y presión más apropiadas son

A. 365 K y 200 kPa.

B. 365 K y 190 kPa.

C. 370 K y 200 kPa.

D. 370 K y 190 kPa.

Clave	**A**
Proceso	Analizar alternativas de solución y selecciona la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social, ético y ambiental.
Desempeño	Reconocer alternativas viables de solución para satisfacer requerimientos, restricciones y especificaciones técnicas de diseño.
Justificación de la clave	Dado que el sistema cumple la ley de Raoult y se busca minimizar el valor de K=y/x =Psat/P, y sabiendo que la presión de saturación incrementa con la temperatura, las condiciones buscadas son la temperatura más baja y la presión más alta de las condiciones dadas.

PREGUNTA 5.

La torre de absorción T-401 maneja un flujo de agua equivalente a 1,5 veces el flujo mínimo. Para la determinación del flujo mínimo se requiere la masa y la composición de las corrientes

A. 7 y 10
B. 7 y 11
C. 9 y 10
D. 10 y 11

Clave	**B**
Proceso	Aplicar los conocimientos de las matemáticas, las ciencias, la tecnología y las ciencias de la ingeniería para especificar en forma detallada un producto tecnológico.
Desempeño	Realizar cálculos y procedimientos necesarios para detallar el producto tecnológico y sus componentes.
Justificación de la clave	Al especificar las condiciones de masa y composición de las corrientes 7 y 11 se establecen las condiciones para resolver los balances de masas correspondientes a las condiciones de flujo de agua mínimo.

PREGUNTA 6.

El funcionamiento de la torre de destilación T-402 se puede verificar mediante un modelo apropiado para el que se definen, además de la información de la corriente 12, las siguientes condiciones de operación:

A. Presión de la torre, flujo de la corriente 14 y relación de reflujo.

B. Flujo de la corriente 13, relación de reflujo y calor en el condensador.

C. Presión de la torre, calor en el rehervidor y la relación de reflujo.

D. Temperatura de la corriente 13, relación de reflujo y calor en el rehervidor.

Clave	**A**
Proceso	Aplicar los conocimientos de las matemáticas, las ciencias, la tecnología y las ciencias de la ingeniería para especificar en forma detallada un producto tecnológico.
Desempeño	Realizar cálculos y procedimientos necesarios para detallar el producto tecnológico y sus componentes.
Justificación de la clave	Al definir la condición termodinámica de la presión se establece las condiciones del equilibrio, definiendo los flujos de corrientes 13 y 14 permiten resolver los balances de masa, de esta forma la torre T-402 queda complemente especificada.

PREGUNTA 7.

En el diseño de la torre de destilación de platos T-402 se conoce la relación de reflujo establecida y se emplea la corriente 12 como una alimentación líquida saturada de composiciones molares conocidas. De acuerdo con la información anterior, las condiciones de operación de la corriente 12 y la relación de reflujo que permitirían reducir el número de etapas ideales, corresponden a

A. vapor saturado y una relación de reflujo mínima.

B. líquido subenfriado y una relación de reflujo menor que la establecida.

C. líquido saturado y una relación de reflujo constante.

D. vapor saturado y una relación de reflujo mayor que la establecida.

Clave	**D**
Proceso	Analizar alternativas de solución y selecciona la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social, ético y ambiental.
Desempeño	Reconocer alternativas viables de solución para satisfacer requerimientos, restricciones y especificaciones técnicas de diseño.
Justificación de la clave	En el diseño de torres de destilación una condición entálpica más alta en el alimento y una relación de reflujo mayor conducen a menor número de etapas ideales de separación.