



GUÍA DE
ORIENTACIÓN

Saber Pro Competencias Específicas

Módulo de Diseño de sistemas de manejo de
impacto ambiental
2017

Presidente de la República
Juan Manuel Santos Calderón

Ministra de Educación Nacional
Yaneth Giha Tovar

Viceministra de Educación Superior
Natalia Ruiz Rodgers

Publicación del Instituto Colombiano para la
Evaluación de la Educación (Icfes)
© Icfes, 2017.
Todos los derechos de autor reservados.

Directora General
Ximena Dueñas Herrera

Secretaria General
María Sofía Arango Arango

Director de Evaluación
Hugo Andrés Gutiérrez Rojas

Director de Producción y Operaciones
Giovany Babativa Márquez

Directora de Tecnología
Ingrid Picón Carrascal

Jefe Oficina Asesora de Comunicaciones y Mercadeo
Ilba Janneth Cárdenas Fonseca

Jefe Oficina Gestión de Proyectos de Investigación
Luis Eduardo Jaramillo Flechas

Subdirector de Producción de Instrumentos
Luis Javier Toro Baquero

Subdirectora de Diseño de Instrumentos
Luisa Fernanda Benavides Reina

Subdirector de Estadística
Cristian Fernando Téllez Piñerez

Subdirectora de Análisis y Divulgación
Silvana Godoy Mateus

Revisión de estilo
Leonardo Galeano Barbosa

Diagramación
Diana Téllez Martínez

ISBN de la versión digital: En trámite

Bogotá, D. C., agosto de 2017

Este documento se elaboró a partir de los documentos conceptuales de cada módulo, con la participación de los equipos de gestores de pruebas del Icfes y asesores externos.

Coordinación de la publicación

Alejandra Calderón
Angélica Piñeros

Equipo de gestores de pruebas del Icfes

Gestores Competencias Específicas

**Diseño de sistemas de manejo de
impacto ambiental**

Óscar Libardo Lombana Charfuelán

Asesores externos que han participado en las definiciones y conceptualizaciones del módulo, en las distintas fases y momentos del diseño, construcción y validación de marcos de referencia, especificaciones o preguntas:

**Diseño de sistemas de manejo de
impacto ambiental**

Óscar Julian Guerrero Molina
Óscar René Avella Guzmán

TÉRMINOS Y CONDICIONES DE USO PARA PUBLICACIONES Y OBRAS DE PROPIEDAD DEL ICFES

El Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (Icfes) pone a la disposición de la comunidad educativa y del público en general, **DE FORMA GRATUITA Y LIBRE DE CUALQUIER CARGO**, un conjunto de publicaciones a través de su portal www.icfes.gov.co. Estos materiales y documentos están normados por la presente política, y están protegidos por derechos de propiedad intelectual y derechos de autor a favor del Icfes. Si tiene conocimiento de alguna utilización contraria a lo establecido en estas condiciones de uso, por favor infórmenos al correo prensaicfes@icfes.gov.co.

Queda prohibido el uso o publicación total o parcial de este material con fines de lucro. **Únicamente está autorizado su uso para fines académicos e investigativos**. Ninguna persona, natural o jurídica, nacional o internacional, podrá vender, distribuir, alquilar, reproducir, transformar*, promocionar o realizar acción alguna de la cual se lucre directa o indirectamente con este material. Esta publicación cuenta con el registro ISBN (International Standard Book Number, o Número Normalizado Internacional para Libros) que facilita la identificación no solo de cada título, sino de la autoría, de la edición, del editor y del país en donde se edita.

En todo caso, cuando se haga uso parcial o total de los contenidos de esta publicación del Icfes, el usuario deberá consignar o hacer referencia a los créditos institucionales del Icfes respetando los derechos de cita; es decir, se podrán utilizar con los fines aquí previstos transcribiendo los pasajes necesarios, citando siempre la fuente de autor; lo anterior siempre que estos no sean tantos y seguidos que razonadamente puedan considerarse una reproducción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del Icfes.

Asimismo, los logotipos institucionales son marcas registradas y de propiedad exclusiva del Icfes. Por tanto, los terceros no podrán usar las marcas de propiedad del Icfes con signos idénticos o similares respecto a cualesquiera productos o servicios prestados por esta entidad, cuando su uso pueda causar confusión. En todo caso, queda prohibido su uso sin previa autorización expresa del Icfes. La infracción de estos derechos se perseguirá civil y, en su caso, penalmente, de acuerdo con las leyes nacionales y tratados internacionales aplicables.

El Icfes realizará cambios o revisiones periódicas a los presentes términos de uso, y los actualizará en esta publicación.

El Icfes adelantará las acciones legales pertinentes por cualquier violación a estas políticas y condiciones de uso.

* La transformación es la modificación de la obra a través de la creación de adaptaciones, traducciones, compilaciones, actualizaciones, revisiones, y, en general, cualquier modificación que de la obra se pueda realizar, generando que la nueva obra resultante se constituya en una obra derivada protegida por el derecho de autor, con la única diferencia respecto a las obras originales que aquellas requieren para su realización de la autorización expresa del autor o propietario para adaptar, traducir, compilar, etcétera. En este caso, el Icfes prohíbe la transformación de esta publicación.

Contenido

Presentación	7
I. Características generales del examen de Estado de la calidad de la educación superior, Saber Pro	9
A. ¿Cuáles son los objetivos de Saber Pro?	9
B. ¿A quiénes evalúa?	9
C. ¿Qué se evalúa?	9
D. Metodología para la elaboración de los módulos	10
II. Estructura del examen Saber Pro	11
A. Módulos que componen el examen	11
1. Módulos de Competencias Genéricas	11
2. Módulos de Competencias Específicas	11
B. Tipos de preguntas	12
C. Cuestionario de contexto	12
D. Sesiones del examen	13
III. Especificaciones del Módulo de Diseño de sistemas de manejo de impacto ambiental	14
A. Competencia evaluada en el módulo	14
B. Características del módulo	15
C. ¿Quiénes presentan este módulo específico?	17
D. Ejemplos de preguntas	18



Lista de tablas

Tabla 1. Módulos de competencias específicas	11
Tabla 2. Estructura de aplicación de la primera sesión	13
Tabla 3. Estructura de aplicación de la segunda sesión	13
Tabla 4. Afirmaciones y evidencias del módulo	15
Tabla 5. Contenido referencial	17
Tabla 6. Lista de programas que pueden presentar el módulo	17



PRESENTACIÓN

La Ley 1324 de 2009¹ le confiere al Instituto Colombiano para Evaluación de la Educación (Icfes) la misión de evaluar, mediante exámenes externos estandarizados, la formación que se ofrece en el servicio educativo en los distintos niveles. También establece que el Ministerio de Educación Nacional (MEN) define lo que debe evaluarse en estos exámenes.

Por su parte, en el Plan Decenal 2006-2016 se propuso “organizar, implementar y consolidar un sistema de seguimiento y evaluación del sector educativo, que dé cuenta de los logros y dificultades de los estudiantes, su acceso, cobertura y permanencia en el sistema y la eficiencia de los entes responsables de la prestación y la calidad del servicio”².

Para cumplir con lo anterior, el Icfes ha avanzado en la alineación del Sistema Nacional de Evaluación Externa Estandarizada (SNEE), a través de la reestructuración de los exámenes: en 2009 con un nuevo diseño de Saber 3.º, 5.º y 9.º; en 2010 con el rediseño de Saber Pro; en 2014 con los cambios en Saber 11.º y en 2015 con la aprobación de un examen con módulos genéricos para Saber TyT. La alineación posibilita la comparación de los resultados en distintos niveles educativos, ya que los exámenes Saber evalúan competencias comunes en algunas áreas, es decir, las competencias genéricas.

¹Congreso de la República de Colombia. (2009). Ley 1324 de 2009: por la cual se fijan parámetros y criterios para organizar el sistema de evaluación de resultados de la calidad de la educación, se dictan normas para el fomento de una cultura de la evaluación, en procura de facilitar la inspección y vigilancia del Estado y se transforma el Icfes. *Diario Oficial*, 13 de julio de 2009, n.º 47.409. Bogotá, D. C.: Imprenta Nacional de Colombia.

²Asamblea Nacional por la Educación. (2007). Plan Nacional Decenal de Educación 2006-2016: compendio general (p. 16). Disponible en: <http://www.plandecenal.edu.co>

El *Examen de Estado de Calidad de la Educación Superior, Saber Pro*, está compuesto por módulos de competencias genéricas³ y específicas. Las primeras son entendidas como aquellas que deben desarrollar todos los estudiantes sin distinción de su área de conocimiento, mientras que las específicas son aplicadas según los grupos de programas con características de formación similares.

Este documento tiene como objeto dar a conocer a los estudiantes, docentes, directivos de instituciones de educación superior (IES) y a los demás interesados en el examen de Estado de la educación superior, Saber Pro, la información básica sobre las especificaciones del módulo.

Este texto está organizado en 3 capítulos. En el capítulo 1, se informa sobre las características generales de los módulos Saber Pro: sus objetivos, la población que se evalúa y la metodología utilizada por el Icfes en el diseño de los módulos. En el capítulo 2, se presentan la estructura general del examen, los tipos de preguntas que se utilizan, lo referente a las sesiones y el cuestionario de contexto. En el capítulo 3, se describen las especificaciones del módulo y se presentan algunos ejemplos de preguntas.

Las personas interesadas en obtener información sobre los demás módulos Saber Pro pueden consultar la guía correspondiente en la página web de Icfes:

<http://www.icfes.gov.co/instituciones-educativas-y-secretarias/saber-pro/guias-de-orientacion>

³El Ministerio de Educación Nacional (MEN) junto con el Icfes han definido los constructos y competencias que se evalúan con los módulos genéricos. Disponible en Ministerio de Educación Nacional (2012). Propuesta de lineamientos para la formación por competencias en educación superior. Recuperado de http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-261332_archivo_pdf_lineamientos.pdf

I. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EXAMEN DE ESTADO DE LA CALIDAD DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR, SABER PRO

A. ¿Cuáles son los objetivos de Saber Pro?

La aplicación de los módulos de competencias genéricas y específicas que conforman los exámenes de Estado Saber Pro, tienen como objetivo evaluar y proporcionar un reporte del grado de desarrollo de habilidades y conocimientos generales y particulares de estudiantes que han aprobado el 75 % de los créditos de sus estudios profesionales.

B. ¿A quiénes evalúa?

Con la publicación de la Ley 1324 de 2009 y el Decreto 3963 del mismo año, se dio una nueva orientación a los exámenes de Estado de la educación superior (Saber Pro y Saber T y T), que se establecieron como obligatorios para obtener el título del nivel de pregrado.

Cabe aclarar que el nivel de pregrado tiene tres niveles de formación:

- Nivel Técnico Profesional (relativo a programas técnicos profesionales).
- Nivel Tecnológico (relativo a programas tecnológicos profesionales).
- Nivel Profesional (relativo a programas profesionales universitarios).

C. ¿Qué se evalúa?

Las competencias genéricas del examen de Estado Saber Pro, evalúa a todos los estudiantes sin distinción de su área de conocimiento a través de 5 módulos: 1) Lectura Crítica, 2) Razonamiento Cuantitativo, 3) Competencias Ciudadanas, 4) Comunicación Escrita y 5) Inglés; por otro lado, los módulos de competencias específicas están conformadas por temáticas y contenidos específicos de diferentes programas y de acuerdo a las áreas de formación propias de cada estudiante. Es importante aclarar que el Icfes oferta 40 módulos de competencias específicas, pero es potestad de las instituciones de educación superior (IES) escoger si sus estudiantes presentan o no dichos módulos, y de ser el caso, seleccionar entre 1 y 3 módulos que presentarían los estudiantes de cada uno de sus programas profesionales, de acuerdo al área de formación. Sin embargo, para apoyar la decisión de las IES, el Icfes clasifica la totalidad de programas que se presentan en Grupos de referencia (GR); dichos grupos se arman con programas académicos con características de formación similares y a estos grupos se les sugieren módulos específicos de acuerdo a su área de formación. Los módulos específicos ofertados se pueden consultar en la Tabla 1 del presente documento.

D. Metodología para la elaboración de los módulos

El diseño y construcción de los exámenes Saber se realizan sobre la base de las especificaciones de cada módulo. Estas determinan con exactitud en qué consisten las competencias que se evalúan y cómo se evalúan. Son diseñadas por el Icfes junto con equipos de expertos de cada área. Las especificaciones se desarrollan siguiendo el Modelo Basado en Evidencias (MBE)⁴. De acuerdo con este modelo, en las especificaciones se formalizan, primero, las afirmaciones sobre las competencias que posee un estudiante dado su desempeño en el módulo. Luego, se describen las evidencias que sustentan cada una de las afirmaciones. Por último, se describen las tareas que se le pide realizar al evaluado para obtener las evidencias que dan sustento a las afirmaciones. De esta manera, la elaboración de las especificaciones garantiza una completa comparabilidad de los exámenes.

⁴Este modelo se empezó a usar para el diseño de Saber 5.º y Saber 9.º desde 2007.

II. ESTRUCTURA DEL EXAMEN SABER PRO

A. Módulos que componen el examen

1. Módulos de Competencias Genéricas

El examen Saber Pro se compone de 5 módulos que evalúan las competencias genéricas.

- Lectura Crítica
- Razonamiento Cuantitativo
- Competencias Ciudadanas
- Comunicación Escrita
- Inglés

2. Módulos de Competencias Específicas

Además de los anteriores, hay 40 módulos asociados a temáticas y contenidos específicos que los estudiantes tienen la posibilidad de presentar de acuerdo a su área de formación profesional, los cuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 1. Módulos de Competencias Específicas

Módulos	
Análisis de Problemáticas Psicológicas	Fundamentación en diagnóstico y tratamiento médico
Análisis Económico	Generación de Artefactos
Atención en Salud	Gestión de Organizaciones
Comunicación Jurídica	Gestión del Conflicto
Cuidado de enfermería en los ámbitos clínico y comunitario	Gestión Financiera
Diagnóstico y tratamiento en salud oral	Información y Control Contable
Diseño de Obras de Infraestructura	Intervención en Procesos Sociales
Diseño de Procesos Industriales	Investigación en Ciencias Sociales
Diseño de Sistemas de Control	Investigación Jurídica
Diseño de sistemas de manejo de impacto ambiental	Pensamiento Científico: Ciencias biológicas
Diseño de Sistemas Mecánicos	Pensamiento Científico: Ciencias de la tierra
Diseño de sistemas productivos y logísticos	Pensamiento Científico: Ciencias físicas
Diseño de sistemas, procesos y productos agroindustriales	Pensamiento Científico: Matemáticas y estadística
Diseño de Software	Pensamiento Científico: Química
Enseñar	Procesos Comunicativos
Estudio Proyectual	Producción Agrícola
Evaluar	Producción Pecuaria
Formar	Promoción de la salud y prevención de la enfermedad
Formulación de Proyectos de Ingeniería	Proyecto de Arquitectura
Formulación, evaluación y gestión de proyectos	Salud y Bienestar Animal

Cabe aclarar que los módulos específicos están dirigidos únicamente a estudiantes que presentan por primera vez el examen y que son inscritos directamente por su IES. Cada IES tiene la posibilidad de seleccionar, acorde al Grupo de referencia del programa, una de las combinatorias ofertadas por el Icfes (estas pueden contener entre uno y tres módulos específicos) según lo considere pertinente. Para consultar al detalle estos grupos de referencia y combinatorias, remítase al siguiente *link*:

<http://www.icfes.gov.co/instituciones-educativas-y-secretarias/saber-pro/combinatorias-y-grupos-de-referencia>

B. Tipos de preguntas

En el examen se utilizan preguntas de selección múltiple con única respuesta que están conformadas por un enunciado (que presenta una situación, contexto, texto, etcétera), la formulación de una tarea de evaluación (aquello que se le pide al estudiante realizar), y cuatro opciones de respuesta, codificadas como A, B, C y D, de las cuales solo una es correcta y válida dada la tarea planteada. El estudiante debe seleccionar entre estas opciones rellenando completamente el círculo correspondiente a la opción de respuesta que considere acertada.

Todas las preguntas de los módulos del examen Saber Pro tienen este formato, excepto el Módulo de Comunicación Escrita, donde el tipo de pregunta es abierta, ya que el estudiante debe desarrollar un texto a partir de una temática propuesta. El estudiante encontrará un espacio de dos páginas para desarrollar el escrito en el módulo respectivo.

C. Cuestionario de contexto

Este cuestionario se entrega a todos los estudiantes para que sea contestado una vez finalizados los módulos de competencias genéricas. Son preguntas cortas (de selección) que se responden en la hoja de respuestas y NO tienen calificación.

Lo que permite el cuestionario es obtener mayor información sobre los estudiantes respecto a un conjunto de indicadores relacionados con los procesos de enseñanza y aprendizaje que pueden explicar los desempeños en las pruebas. Por ejemplo, indaga por características del núcleo familiar (composición, estatus laboral y educativo); condiciones del hogar (dotación de bienes dentro de la vivienda, estrato socioeconómico, disponibilidad de conexión a internet y servicio de televisión por cable), y horas promedio de trabajo semanal de los estudiantes.

¿Cuál es el manejo de la información recopilada en este cuestionario?

La información solamente tiene propósitos académicos, por tanto, es confidencial y anónima. Es importante aclarar que no es una evaluación y no afectará los resultados de los estudiantes.

D. Sesiones del examen

El examen se realiza en dos sesiones (ver tablas 2 y 3), la primera es obligatoria para todos los inscritos a Saber Pro, ya que está conformada por 5 módulos que se consideran genéricos para cualquier programa de formación de nivel profesional. Mientras que a la segunda sesión solo asisten quienes hayan sido inscritos por su IES para presentar entre 1 y 3 módulos específicos relativos a su área de formación; para quienes presentan un solo módulo la duración máxima de la segunda sesión será de 90 minutos, si el examen tiene 2 módulos de competencias específicas la segunda sesión tendrá un tiempo máximo de duración de 180 minutos, y si el examen se conforma de 3 módulos la duración máxima de la sesión será de 270 minutos. En el capítulo 3 de esta guía se listan los programas de formación profesional a los que se les recomienda presentar este módulo, puesto que se relaciona con su área de formación.

Tabla 2. Estructura de aplicación de la primera sesión

Sesión	Módulo	Preguntas por módulo	Tiempo máximo por sesión
Primera sesión: Competencias genéricas	Lectura Crítica	35	4 horas y 40 minutos
	Razonamiento Cuantitativo	35	
	Competencias Ciudadanas	35	
	Comunicación Escrita	1	
	Inglés	45	

Tabla 3. Estructura de aplicación de la segunda sesión

Sesión	Módulo	Preguntas del módulo	Tiempo máximo por sesión
Segunda sesión: Competencias específicas	Diseño de sistemas de manejo de impacto ambiental	40	90 minutos

III. ESPECIFICACIONES DEL MÓDULO DE DISEÑO DE SISTEMAS DE MANEJO DE IMPACTO AMBIENTAL

A. Competencia evaluada en el módulo

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. 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 este 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. Con el fin de evaluar la competencia que han logrado los estudiantes en relación con el diseño en ingeniería, se definieron 8 módulos 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 productivos y logísticos
6. Diseño de Software
7. Diseño de sistemas de manejo de impacto ambiental
8. Diseño de sistemas, procesos y productos agroindustriales

Cada módulo de este núcleo común está diseñado para evaluar las habilidades del estudiante en la competencia de diseño en ingeniería, basada en desempeños coherentes 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.

Cada módulo de Diseño en Ingeniería, incluye la descripción de casos (situaciones problema) de los 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. Estas preguntas deben analizarse y responderse teniendo en cuenta la información presentada en cada caso.

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”.

B. Características del módulo

Los sistemas de manejo de impacto ambiental incluyen un conjunto de técnicas orientadas a prevenir, minimizar o compensar los efectos que produce una determinada acción del hombre sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos. En este contexto también están incluidos los sistemas de saneamiento básico. Estas soluciones están orientadas a la aplicación de dispositivos y tecnologías convencionales y no convencionales para prevenir, mitigar y controlar impactos ambientales. En el diseño de estos sistemas es fundamental una mirada general de la interacción entre la acción humana y los ecosistemas naturales, y además deberán estar identificados y considerados factores sociales, económicos, culturales y ambientales que inciden en el cuidado y protección de los recursos naturales.

Las afirmaciones y evidencias que componen la competencia definida para este módulo, se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4. Afirmaciones y evidencias del módulo

Afirmación	Evidencia
1. Identifica y formula un problema de diseño a partir del análisis de una situación contextualizada, basado en información que puede ser incompleta, sobrante o incierta.	1.1 Comprende e interpreta, en un marco técnico y en un contexto específico, la información para identificar el problema que se requiere resolver.
	1.2 Diferencia y plantea restricciones y requerimientos del producto tecnológico a diseñar.
	1.3 Formula las especificaciones de entrada para el diseño del producto tecnológico.

Continúe en la siguiente página

Continuación Tabla 4

Afirmación	Evidencia
<p>2. Analiza alternativas de solución y selecciona la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social, ético y ambiental.</p>	<p>2.1 Reconoce alternativas viables de solución para satisfacer requerimientos, restricciones y especificaciones técnicas de diseño.</p>
	<p>2.2 Compara alternativas de solución de acuerdo con criterios determinados.</p>
	<p>2.3 Selecciona la alternativa de solución más adecuada.</p>
<p>3. Aplica los conocimientos de las matemáticas, las ciencias, la tecnología y las ciencias de la ingeniería para especificar en forma detallada un producto tecnológico.</p>	<p>3.1 Realiza cálculos y procedimientos necesarios para detallar el producto tecnológico y sus componentes.</p>
	<p>3.2 Plantea especificaciones para el proceso de desarrollo del producto tecnológico.</p>
	<p>3.3 Revisa, verifica y valida que una solución cumple con las especificaciones técnicas de diseño.</p>

1. Productos tecnológicos objeto del diseño de sistemas de manejo del impacto ambiental

A continuación se dan algunos ejemplos del diseño de algunos productos tecnológicos.

- a. Sistemas para control de la contaminación del agua.
- b. Sistemas de potabilización y tratamiento de aguas residuales.
- c. Rellenos sanitarios.
- d. Sistemas de control de contaminación de suelos.
- e. Sistemas para control de la contaminación en aire.
- f. Sistemas de medición de la contaminación atmosférica.
- g. Procesos de aprovechamiento de residuos.
- h. Protocolos y medidas para la estimación de impactos ambientales producto de una actividad o proyecto.
- i. Estrategias para la prevención, la mitigación y la contingencia del impacto ambiental.
- j. Estrategias para la gestión ambiental.

2. Áreas conceptuales de referencia

Para abordar el Módulo de Diseño de sistemas de manejo de impacto ambiental, el estudiante deberá manejar y aplicar conocimientos sobre recursos naturales, química ambiental y calidad del agua, aire y suelo. Estos conocimientos le permitirán identificar las principales causas e impactos de la contaminación con el fin de desarrollar medidas para un adecuado manejo de los recursos naturales, asimismo, le ayudará a enfrentarse a la toma de decisiones ambientales. Se espera que el estudiante demuestre dominio de contenidos referenciales como los indicados en la Tabla 5.

Tabla 5. Contenido referencial

Contenido referencial	Subtemas
Gestión de recurso hídrico	Incluye, entre otros, temáticas relacionadas con fluidos y recursos hidráulicos, tratamiento de aguas y calidad de agua.
Gestión del suelo	Aborda temáticas relacionadas con los residuos sólidos, suelos y geología ambiental, restauración y biorremediación, entre otros.
Gestión de recurso aire	Se tienen en cuenta temáticas como calidad de aire, medición de la contaminación atmosférica, entre otras.
Transversal	En esta categoría se encuentran temáticas como el diagnóstico ambiental, educación ambiental, economía ambiental, sistemas de información geográfica, gestión ambiental, modelamiento ambiental, ordenamiento territorial, energías alternativas, biodiversidad y recursos biológicos.

C. ¿Quiénes presentan este módulo específico?

El Módulo de Diseño de sistemas de manejo de impacto ambiental lo pueden presentar los estudiantes de los programas académicos relacionados a continuación.

Tabla 6. Lista de programas que pueden presentar el módulo

Principales programas académicos que aplican el módulo
Ingeniería Ambiental
Ingeniería Ambiental y de Saneamiento
Ingeniería Ambiental y Sanitaria
Ingeniería Geográfica y Ambiental
Programas afines

D. Ejemplos de preguntas

En esta sección se presentan ejemplos de preguntas de selección múltiple con única respuesta del Módulo de Diseño de sistemas de manejo de impacto ambiental del examen Saber Pro. Para cada ejemplo de pregunta se indica la afirmación y la respuesta correcta junto con su justificación. Las siguientes preguntas se utilizaron en aplicaciones previas del módulo e ilustran algunas de las tareas de evaluación que forman parte de este.

RESPONDA LAS PREGUNTAS 1 A 3 DE ACUERDO CON LA SIGUIENTE INFORMACIÓN

Eficiencia de remoción en la PTAR de un trapiche panelero.

Un trapiche panelero tiene planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) que consta de 1 sedimentador primario que remueve el 20 % de la carga contaminante del agua residual a partir de su ingreso a la planta, seguido de una laguna de oxidación aireada que por su comportamiento se puede comparar con el de un reactor de mezcla completa (RMC), a la que se le adiciona un coagulante cuyo efluente se conduce a un último sedimentador que alcanza una eficiencia de remoción del 50 %. En la actualidad, se presenta una disminución en la eficiencia de remoción del sistema diseñado y se requiere identificar y contrarrestar las causas. En la tabla se presentan algunas de las condiciones de diseño.

Información importante	Valores y unidades
Caudal promedio diario, $Q=V/t$	50 m ³ / día
DBO promedio del afluente, C_{A0}	200 mg/L
Constante cinética K	0,100 d ⁻¹
Ecuación para RMC orden 1: $\frac{C_A}{C_{A0}} = \frac{I}{I + K, t}$	$t = \frac{I}{K} \left[\frac{C_{A0}}{C_A} - 1 \right]$
Ecuación para eficiencia de remoción: $\eta = \left(I - \frac{C_A}{C_{A0}} \right) \times 100$	$C_A = C_{A0} \left(I - \frac{\eta}{100} \right)$

Pregunta 1

La PTAR, después de operar satisfactoriamente por más de cuatro años, ha disminuido su eficiencia de remoción, principalmente por la baja eficiencia de remoción en el sedimentador secundario debido a acumulación excesiva de lodos que modifican su volumen efectivo de diseño y el inicio de la anaerobiosis por la cantidad de oxígeno disuelto.

Como solución, se sacará de funcionamiento ese sedimentador temporalmente para hacer la correspondiente extracción de lodos, se revisarán las condiciones de mezcla del RMC y se modificará la dosis de coagulante en el RMC.

El plan de pruebas necesario para validar la solución de diseño planteada incluye verificar el aumento del volumen total del sedimentador secundario hasta la condición de diseño, medir el porcentaje de remoción de carga contaminante con diferentes dosis de coagulante y

- A. disminuir la potencia de mezcla en el RMC.
- B. verificar el aumento del volumen total del sedimentador primario.
- C. aumentar la potencia de mezcla en el RMC.
- D. verificar la disminución del volumen total del sedimentador primario.

Clave C

Afirmación

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.

Justificación

La clave es C porque todo lo que aquí se propone es necesario para validar la solución propuesta para la disminución de la eficiencia.

1. La verificación del aumento del volumen es un indicador de la extracción de lodos y es lo que se requiere con el fin de mejorar la eficiencia de remoción.
2. Se debe medir el porcentaje de remoción con diferentes dosis de coagulante para obtener la dosis exacta que garantice el 90 % de remoción requerida en todo el proceso.
3. Al aumentar la intensidad de la mezcla se aumenta el gradiente y con ello el oxígeno disuelto en el reactor.

Pregunta 2

La PTAR del trapiche mencionado fue diseñada para obtener una eficiencia de remoción del 90 % de su carga de DBO desde el ingreso al primer sedimentador hasta la salida del último sedimentador. Para garantizar esta remoción, el volumen útil mínimo que debe tener el agua en la laguna es de

- A. 1.500 m³.
- B. 2.000 m³.
- C. 3.500 m³.
- D. 4.500 m³.

Clave C

Afirmación

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.

La clave es A y a continuación se presenta el cálculo necesario:

Con el C_{A0} dado de 200 mg/L se aplica la fórmula de eficiencia y se obtiene:

Con el 90 %: $200 \text{ mg/L} \times (1-0.9) = 20 \text{ mg/L}$ salida del sistema.

Con el 20 %: $200 \text{ mg/L} \times (1-0,2) = 160 \text{ mg/L}$ salida del sedimentador primario que es la concentración de entrada a la laguna.

Justificación

Con el 50 %: $\frac{20\text{mg/L}}{(1-0,50)} = 40 \text{ mg/L}$ entrada del sedimentador secundario que es la concentración de salida de la laguna.

Se aplica la ecuación de RMC (dada) para hallar tiempo:

$$t = \frac{I}{K} \left[\frac{C_{A0}}{C_A} - 1 \right] = t = \frac{I}{0.1} \left[\frac{160}{40} - 1 \right] = 30 \text{ d}$$

Y por último, se halla $V = Q \times t = 50 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} \times 30 \text{ d} = 1500 \text{ m}^3$

Pregunta 3

En general, los sistemas de tratamiento de agua residual que utilizan lagunas deben tener en cuenta algunas de las siguientes especificaciones para su diseño, operación y funcionamiento:

1. Cortos tiempos de retención.
2. Personal altamente calificado para su operación.
3. Tener suministro continuo de energía.
4. Profundidad entre 2 y 5 metros.

En el caso del trapiche mencionado, la laguna existente, en su proceso de desarrollo normal, debe tener en cuenta las especificaciones

- A. 1 y 2.
- B. 2 y 3.
- C. 3 y 4.
- D. 4 y 1.

Clave C

Afirmación

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.

Justificación

La clave es C porque esas dos especificaciones son fundamentales para la buena operación y funcionamiento de la laguna. El caso de la energía es necesario porque se trata de una laguna aireada y los mezcladores requieren de energía para su funcionamiento y en cuanto a la profundidad, dentro de ese rango permite garantizar condiciones de buen suministro de oxígeno al sistema.

Pregunta 4

Se quiere implementar un plan de manejo forestal en un bosque de manglar, en el que la regeneración del bosque y el crecimiento de las plántulas son casi nulos. Este es un pequeño bosque localizado en una zona estuariana que solo recibe aportes de agua dulce unos tres meses al año, la corriente que irriga el bosque presenta una alta carga de sólidos suspendidos y totales, los cuales en promedio oscilan entre 250 y 400 mg/L, la boca que comunica al estuario con el mar se cierra en el verano, el nivel de marea alta está por debajo de la boca estuariana y los análisis fisicoquímicos hechos al suelo han evidenciado la pérdida rápida de los iones NO_2^- y NO_3^- y alta conductividad eléctrica.

Los investigadores han concluido que se requiere un repoblamiento del bosque por la poca regeneración natural de las especies presentes (mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle negro (*Avicenniagerminans*) y mangle blanco (*Lagunculariarcemosa*), la cual muestra una alta correlación con la alta tasa de desnitrificación presentada.

Dentro de las causas que promueven la desnitrificación, es decir, la pérdida de nitrógeno del suelo a la atmósfera (en forma de NO , N_2 o N_2O), se encuentran las siguientes condiciones:

- Bajas temperaturas en el suelo ($< 10^\circ\text{C}$).
- pH alto (> 7).
- Exceso de materia orgánica ($> 4\%$).
- Alta humedad por periodos prolongados ($> 70\%$).
- Condiciones anaeróbicas.
- Lixiviación o escurrimiento a través del suelo.
- Textura del suelo (suelos arcillosos).

Dadas las características propias de este estuario, las condiciones que mayormente estarían relacionadas con la baja regeneración natural del bosque manglárigo serían, en su orden:

- A. Textura del suelo, alto escurrimiento en el suelo y alta humedad.
- B. Exceso de materia orgánica, condiciones anaeróbicas y pH alto.
- C. Bajas temperaturas en el suelo, exceso de materia orgánica y lixiviación.
- D. Alta humedad en el suelo, pH altos y suelos francoarenosos.

Clave **B**

Afirmación 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.

Justificación El exceso de materia orgánica en el suelo posibilita la provisión de energía a la población bacteriana para su supervivencia, a mayor contenido de materia orgánica, mayor disposición bacteriana a realizar procesos metabólicos, y al existir condiciones anaeróbicas, la falta de oxígeno obliga a los microorganismos presentes a emplear nitrato en vez de oxígeno en su respiración, con lo que se reduce su disponibilidad en el suelo, ayudado por los incrementos del pH que puede generar el aumento en la concentración de sales.

Pregunta 5

En una región de Colombia, para el diagnóstico sobre el estado de las aguas subterráneas para consumo humano se han consultado diferentes fuentes de información. Se obtuvieron datos sobre uso del suelo, fuentes contaminantes, niveles de contaminantes (químicos y microbiológicos) y la normativa ambiental vigente.

De acuerdo con lo anterior, para completar el diagnóstico se requiere información sobre

- A. zonas de recarga.
- B. proyección de población.
- C. mapas hidrogeológicos.
- D. estructuras geológicas.

Clave C

Afirmación

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.

Justificación

El conocimiento sobre la dinámica del agua y las características geológicas es fundamental para determinar la disponibilidad de agua subterránea así como su calidad. Además, los mapas hidrogeológicos son herramientas que permiten identificar la disponibilidad y almacenamiento de agua en acuíferos.

Pregunta 6

Una industria quiere instalar un sistema continuo para controlar las emisiones de partículas menores a $10 \mu\text{m}$ de la corriente gaseosa con una concentración de 5 g/m^3 y un caudal de $2 \text{ m}^3/\text{s}$; la humedad del gas es del 70 %, y la eficiencia esperada del sistema es del 80 %. En la tabla se describen algunas tecnologías para el sistema de control, teniendo en cuenta las características de cada tecnología.

Características	Ciclón	Filtro de mangas	Precipitador electrostático
Costos de instalación	\$ 50	\$ 100	\$ 1.000
Costos de operación	\$ 10	\$ 40	\$ 100
Eficiencia	50 %	40 %	85 %

Tomando en cuenta solamente los criterios técnicos, lo apropiado es usar

- A. un filtro de mangas.
- B. un precipitador electrostático.
- C. dos ciclones en serie.
- D. un ciclón seguido de un filtro de mangas.

Clave **B**

Afirmación 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 y ambiental.

La eficiencia total de los dos equipos en serie correspondería a:

$$\text{Eficiencia Total} = E_1 + E_2 \cdot (1 - E_1)$$

Donde:

Eficiencia Total: eficiencia del sistema compuesto por los dos equipos.

Justificación E1: eficiencia del primer equipo.

E2: eficiencia del segundo equipo.

La opción A) tiene una eficiencia de 50 %, la opción C) de 75 % y la D) de 70 %. Por tanto el precipitador electrostático es el único que cumple con el criterio de eficiencia requerido, además es la única tecnología que puede trabajar con materiales húmedos.

Pregunta 7

Un hospital debe realizar el inventario de emisiones atmosféricas, para presentarlas a la autoridad ambiental en los plazos establecidos por la ley. El hospital cuenta con un incinerador de diferentes tipos de residuos.

Según las metodologías comúnmente aplicadas y aceptadas internacionalmente, en la elaboración del inventario de emisiones generadas durante la incineración, la alternativa que NO se recomienda es

- A. medición directa en la fuente.
- B. balance de masas.
- C. factores de emisión.
- D. sistema de predicción continuo.

Clave D

Afirmación

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 y ambiental.

Justificación

Un incinerador en un hospital quema diferentes tipos de residuos y varía constantemente su composición, por lo tanto el sistema de predicción continuo sería inadecuado.

