**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 sistemas agrícolas:

## MÓDULO DISEÑO EN SISTEMAS AGRÍCOLAS

El diseño de sistemas agrícolas se entiende como un proceso sistémico creativo y flexible que involucra conceptos, técnicas, principios científicos, análisis y toma de decisiones para crear sistemas o procesos que permiten lograr el manejo y desarrollo de los recursos naturales renovables disponible en una unidad agrícola y/o forestal ambientalmente sostenible para suplir demandas y necesidades de la sociedad en la producción agrícola.

**Programas de ingeniería que aplican a este contexto**

Ingeniería Forestal
Ingeniería Agronómica
Ingeniería Agrícola
Ingeniería Agroforestal
Ingeniería Agroecológica
Ingeniería Agropecuaria
Ingeniería Agropecuaria se incluye pero para que sea evaluado solo en la parte agrícola

**Productos tecnológicos objeto del diseño de sistemas agrícolas**

Sistema de monitoreo agrícolas y/o forestales
Sistemas de riego y drenajes agrícolas
Sistema de manejo de suelos para producción agrícola
Sistemas de producción sostenible agrosilvícolas y agrosilvopastoriles

**Áreas conceptuales de referencia**

Las áreas del conocimiento en el contexto de diseño de sistemas agrícolas que se requieren para abordar el módulo son sistemas de información geográfica, maquinaria agrícola, riegos y drenajes, agroforestería, conservación y manejo de suelos. Estas áreas requieren del manejo y aplicación de conocimientos en matemáticas, física, estadísticas, química orgánica e inorgánica, agroecología, física y química de Suelos, hidráulica, fisiología y propagación vegetal, topografía y georeferenciación, cartografía e interpretación de imágenes.

## Ejemplos de preguntas – Módulo Diseño de Sistemas Agrícolas

**Responda las preguntas 1 a 6 de acuerdo con el caso 1**

### CASO 1

Actualmente se presenta la necesidad de incrementar las plantaciones de caucho de manera que sea suficiente para satisfacer la demanda nacional, puesto que está importándose el 80% del consumo del país. Adicionalmente, el Gobierno ofrece incentivos financieros, crediticios y tributarios para los interesados en desarrollar este tipo de proyectos, de manera que hay interés por inversionistas nacionales y extranjeros para apoyar la política de autoabastecer la demanda nacional e incluso para exportar.

En el diseño de la plantación, los inversionistas van a enfrentar diferentes dificultades que se presentan en las regiones productoras de caucho; entre estas, el mal sudamericano generado por el hongo *Microciclus ulei* que produce la caída de las hojas en su estado inmaduro, en zonas con alta humedad relativa, y para lo cual se han desarrollado clones tolerantes contra esta enfermedad y se han seleccionado zonas de escape con una época seca definida y baja incidencia del hongo. Además, se presentan plagas que afectan diferentes partes del árbol que a veces se suman a la baja fertilidad de los suelos.

Otro aspecto que afecta la rentabilidad de la inversión corresponde a los primeros cuatro años improductivos; por consiguiente, es importante plantearles a los inversionistas algunas alternativas de producción que hagan más atractiva la inversión, como sistemas agroforestales, teniendo en cuenta que la especie requiere plena luz y debe ocupar un gran espacio por árbol para desarrollar su sistema radicular y aumentar la producción de látex.

Un ingreso adicional al cultivo de caucho es la venta de la madera para uso industrial, por lo que se necesita realizar podas del fuste recto de más de 3,0 metros con el fin de obtener al cabo de los 30 años una buena cosecha de madera de calidad, cuando la producción de látex sea mínima. 10 $m^3$ de troza pueden producir 5 $m^3$ de tabla.

Para la producción de los clones se requiere una cosecha de semillas en cantidad y calidad suficiente, tomando en cuenta que estas son recalcitrantes, con una germinación del 75% y una supervivencia del 80%, y pueden convertirse en un ingreso adicional. Por tanto, se necesitará el diseño y construcción de un vivero en el que las eras de crecimiento ocupen el 60% de la superficie, los caminos el 30%, el sistema de riego y la administración el restante 10%, para lograr los injertos necesarios para el proyecto y la venta.

**PREGUNTA 1.**

Hoy, la demanda nacional de caucho en el país es aproximadamente 22.000 toneladas al año, con un incremento anual del 2%, con una productividad promedio de 1,5 toneladas/ha./año; desde el año cinco (5), una pérdida en el procesamiento y transporte de 0,1 toneladas/ha./año y 5.000 hectáreas (ha.) en producción.

Con base en lo anterior y a partir de ahora, para autoabastecernos en el año cinco (5) deberán plantarse

A. $\frac{(22.000 \cdot (1,02)^5)}{1,5} - 5.000$

B. $\left(\frac{22.000 - (0,9)^5}{1,5}\right) - 5.000$

C. $\frac{(22.000 \cdot (1,02)^5)}{1,5}$

D. $\left(\frac{22.000 + (0,9)^5}{1,5}\right)$

| | |
|---|---|
| **Clave** | **A** |
| **Proceso** | Aplica los conocimientos de las matemáticas, la tecnología, las ciencias de la ingeniería para especificar en forma detallada un producto tecnológico. |
| **Desempeño** | Realiza cálculos y procedimientos necesarios para detallar el producto tecnológico y sus componentes. |
| **Justificación de la clave** | El estudiante debe integrar todas las condiciones del cultivo y analizar los elementos de la oferta, demanda presente y futura y hacer las proyecciones respectivas. Para el año 5 con un incremento de la demanda del 2% anual esta asciende a 24.280 ton (22000 x $1.02^5$) y con una productividad de 1.4 ton/ha, el número de ha., requeridas será de 17.350 (24.280 ton/1,4 ton/ha.), menos las 5.000 ya plantadas, la respuesta es de 12.350 ha. |

**PREGUNTA 2.**

Para contrarrestar la enfermedad causada por el hongo *Microciclus ulei* y las plagas que afectan el caucho, la solución técnica más viable es

A. producción de árboles con las mejores semillas, control integrado con la aplicación de agroquímicos y fertilización.

B. producción de los mejores clones resistentes al hongo, fertilización y control integrado de plagas y enfermedades.

C. producción de los mejores clones, aplicación aérea de agroquímicos y fertilización edáfica.

D. producción de clones resistentes al hongo, aplicación aérea de agroquímicos y fertilización foliar.

| | |
|---|---|
| **Clave** | B |
| **Proceso** | Analiza alternativas de solución y selecciona la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social y ambiental. |
| **Desempeño** | Reconoce alternativas viables de solución para satisfacer requerimientos, restricciones y especificaciones técnicas de diseño |
| **Justificación de la clave** | El estudiante debe analizar las condiciones planteadas en el caso, especialmente con la necesidad de emplear clones para la resistencia al hongo y alta productividad, junto con el control integrado de plagas y una apropiada fertilización, que menos afectación tenga sobre el ambiente y más económico. |

**PREGUNTA 3.**

Según los requerimientos y restricciones del cultivo del caucho, se necesita implementar una alternativa para que los pequeños productores puedan reducir los costos e incluso obtener ingresos durante los años improductivos. Puesto que existe una gran variedad de sistemas agrosilvopastoriles que incluyen al caucho como especie forestal, la alternativa más viable para reducir los costos de producción y obtener ingresos adicionales en los primeros años es

A. asociarlo con gramíneas para el pastoreo de ganado.
B. combinarlo con siembra de yuca y caña de azúcar.
C. asociarlo con plantación de cítricos.
D. combinarlo con cultivo de maíz y fríjol.

| | |
|---|---|
| **Clave** | **D** |
| **Proceso** | Analiza alternativas de solución y selecciona la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social y ambiental. |
| **Desempeño** | Reconoce alternativas viables de solución para satisfacer requerimientos, restricciones y especificaciones técnicas de diseño |
| **Justificación de la clave** | De las cuatro alternativas dadas, el estudiante debe estar en la capacidad de saber que cultivos son anuales y no compiten con el Caucho, además de conocer las restricciones y condiciones del cultivo de caucho y de las demás especies propuestas y de los pequeños agricultores, por ejemplo, cuando el caucho tenga cuatro años, cubrirá el suelo y no permitirá otros cultivo, solo el maíz y el frijol que son anuales y sus raíces y follaje no compiten con el árbol, permiten un buen desarrollo del mismo, sin afectar su desarrollo, incluso aportan nutrientes como el frijol que fija nitrógeno. |

**PREGUNTA 4.**

Para la producción de 20.000 clones se requieren bolsas de 20 cm de diámetro y 40 cm de altura. Teniendo en cuenta una pérdida del 20% de los árboles, el área del vivero debe ser

A. 1.667 $m^2$.
B. 1.120 $m^2$.
C. 1.067 $m^2$.
D. 666 $m^2$.

| | |
|---|---|
| **Clave** | **A** |
| **Proceso** | Aplicar los conocimientos de las matemáticas, la tecnología, 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** | El estudiante debe determinar y detallar los parámetros y variables y calcular el área que requiere un árbol en bolsa: 0.2 x 0.2 m = 0.04 $m^2$, luego 12.000 clones (20% más por pérdida) ocuparán un área de 480 $m^2$ (12.000 x 0.04 $m^2$), que es el 60%, con esto se deduce que el 30% de caminos son 240 $m^2$ y el 10% restante de 80 $m^2$, para un total de 800 $m^2$.<br><br>**A. 0,2*0,2=0,04 ; 20000/.8=25.000**<br><br>**0,04*25.000=1000**<br><br>**1000/0.6=1666,7 = 1667** |

**PREGUNTA 5.**

El incremento medio anual en volumen en madera para la plantación de caucho es de 10 $m^3$ por hectárea, de manera que al cabo de los 30 años, cuando se reduce significativamente la producción de látex, el aprovechamiento de los árboles y la venta de madera es un ingreso significativo para los caucheros. El mayor valor de la madera se logra con un mayor grado de transformación, pero para lograrlo se requiere la instalación de un aserrío que reciba 10 $m^3$ diarios de troza, el cual trabaje 286 días al año en doble jornada. Por tanto, para utilizar el aserrío durante todo el año laboral y a partir del año 30, se necesita un área plantada de

A. 572 ha.
B. 429 ha.
C. 286 ha.
D. 143 ha.

| | |
|---|---|
| **Clave** | **C** |
| **Proceso** | Aplica los conocimientos de las matemáticas, la tecnología, las ciencias de la ingeniería para especificar en forma detallada un producto tecnológico. |
| **Desempeño** | Realiza cálculos y procedimientos necesarios para detallar el producto tecnológico y sus componentes. |
| **Justificación de la clave** | El estudiante debe integrar el conocimiento del cultivo para la producción de látex, con el producto final de la plantación que es la madera; por lo tanto de la respuesta correcta es la A, ya que el aserrío requiere 10 metros cúbicos al día, por lo cual en un año se consume 286 días * 10 $m^3$ = 2.860 $m^3$/año, si una hectárea tiene al cabo de los 30 años 300 $m^3$ (10 $m^3$/ha/año), al año se consumirán 9,53 ha (2.860/300), luego en los 30 años se deberán plantar: 9.53 * 30 = 286 ha., para tener un rendimiento sostenido. |