

## Saber Pro

## Competencias específicas

---

Módulo de diseño de  
sistemas de control

# 2018



GUÍAS

Presidente de la República  
Iván Duque Márquez

Ministra de Educación Nacional  
María Victoria Angulo

Viceministra de Educación Superior  
Natalia Ruiz Rodgers

Publicación del Instituto Colombiano para la  
Evaluación de la Educación (Icfes)  
© Icfes, 2018.  
Todos los derechos de autor reservados.

Directora General (E)  
María Sofía Arango Arango

Secretaria General  
María Sofía Arango Arango

Directora de Evaluación  
Natalia González Gómez

Director de Producción y Operaciones  
Giovany Babativa Márquez

Director de Tecnología  
Eliécer Vanegas

Oficina Asesora de Comunicaciones y Mercadeo  
Ilba Janeth Cárdenas Fonseca

Oficina Gestión de Proyectos de Investigación  
Luis Eduardo Jaramillo Flechas

Subdirectora de Producción de Instrumentos  
Nubia Sánchez

Subdirector de Diseño de Instrumentos  
Luis Javier Toro Baquero

Subdirectora de Estadísticas (E)  
Natalia González Gómez

Subdirectora de Análisis y Divulgación  
Silvana Godoy Mateus

Corrección de estilo  
Juan Camilo Gómez

Diagramación y diseño  
Diana Téllez Martínez

Bogotá, D. C., agosto de 2018



GOBIERNO DE COLOMBIA

## ADVERTENCIA

Todo el contenido es propiedad exclusiva y reservada del Icfes y es el resultado de investigaciones y obras protegidas por la legislación nacional e internacional. No se autoriza su reproducción, utilización ni explotación a ningún tercero. Solo se autoriza su uso para fines exclusivamente académicos. Esta información no podrá ser alterada, modificada o enmendada.

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 García  
Carlos Arturo Parra Villamil  
María Angélica Piñeros Rivera

**Equipo de gestores de pruebas del Icfes**

**Gestores Competencias Específicas**

**Diseño de sistemas de control**  
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 control**

Mauricio Holguín Londoño  
Carlos Andrés Torres

## 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](http://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](mailto: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.

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.



# PRESENTACIÓN

La Ley 1324 de 2009<sup>1</sup> 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 los distintos niveles del servicio educativo. También establece que el Ministerio de Educación Nacional (MEN) defina lo que debe evaluarse en estos exámenes.

Para cumplir con lo anterior, el Icfes ha avanzado en la alineación del Sistema Nacional de Evaluación Externa Estandarizada (SNEE), que posibilita la comparación de los resultados en distintos niveles educativos, debido a que los diferentes exámenes evalúan las mismas competencias en algunas de las áreas que los conforman, y más específicamente, en las competencias genéricas.

El Examen de Estado de Calidad de la Educación Superior, Saber Pro, está compuesto por módulos de competencias genéricas<sup>2</sup> y específicas; las primeras se entienden como aquellas que deben desarrollar todos los estudiantes sin distinción de su área de conocimiento, mientras que las específicas se aplican según los grupos de programas con características de formación similares.

## ¿Para qué sirve esta guía?

Hemos creado esta guía de orientación para que los docentes, directivos de instituciones de educación superior (IES) y los demás interesados en el examen de Estado de la educación superior, Saber Pro, puedan acceder a la información básica sobre las especificaciones del módulo.

<sup>1</sup> Congreso 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.

<sup>2</sup> El 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.mineduacion.gov.co/1621/articles-261332\\_archivo\\_pdf\\_lineamientos.pdf](http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-261332_archivo_pdf_lineamientos.pdf)

# ESPECIFICACIONES DE LOS MÓDULOS DE DISEÑO

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, evaluación sistemática y puesta a prueba de especificaciones para la creación de artefactos, sistemas, procesos e infraestructura, cuya forma y función permiten lograr unos objetivos establecidos y satisfacer una serie de restricciones especificadas a partir de una necesidad o situación problemática.

El diseño de un producto tecnológico en ingeniería tiene las siguientes características:

1. Es una estrategia para resolver cierto tipo de problemas desde la perspectiva de la concepción de productos tecnológicos.
2. Es un proceso iterativo de toma de decisiones.
3. Es un problema abierto, débilmente estructurado, con múltiples soluciones.
4. Para el caso de ingeniería, el producto final de la actividad de diseño es un producto tecnológico, entendido 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. Un artefacto 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 de todo proceso de diseño en ingeniería.
7. El desarrollo cognitivo que se requiere para diseñar tiene un componente transversal a las especialidades de ingeniería.

Con el fin de evaluar la competencia de los estudiantes en relación con el diseño en ingeniería se definieron 8 módulos 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 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 preguntas individuales y preguntas que se vinculan a un caso (situaciones problema) de los que se desprenden varias preguntas; de igual forma, también incluyen preguntas individuales, es decir, que no están unidas a un caso. Para la descripción

de cada caso se hace uso de textos, gráficas, tablas, esquemas, ecuaciones o de cualquier otro tipo de representación que le permitan al estudiante entender la problemática que se plantea y resolver las preguntas que se formulan. 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.

## A. Características del módulo de diseño de sistemas de control

Los sistemas de control son aquellos sistemas automáticos en los cuales existe la ausencia total o parcial de seres humanos en su operación, con un grado de funcionamiento autónomo, al cual se le incorporan elementos tecnológicos para medir, controlar y actuar sobre el comportamiento dinámico

del sistema. Vistas desde el controlador, las señales de control presentes en el sistema son de naturaleza eléctrica. La arquitectura del sistema involucra tanto componentes de *hardware* como de *software*.

Por la naturaleza de los procesos y de las estrategias de control que se implementan, los sistemas de control se pueden clasificar como sistemas de control discretos (estrategias basadas en eventos), sistemas de control continuos (estrategias regulatorias) y sistemas de control secuenciales (estrategias tipo *batch* o por tandas).

El diseño de sistemas de control parte de la identificación de los requerimientos y restricciones de la planta, proceso o equipo por controlar, para la definición de especificaciones técnicas, condiciones de uso y las leyes o esquemas de control automáticos por emplear, así como su configuración, instalación y evaluación.

El módulo de diseño de sistemas de control Saber Pro se compone de 40 preguntas de selección múltiple con única respuesta, y se realiza en la segunda sesión.

Las afirmaciones y evidencias que componen la competencia definida para este módulo se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. 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 la información para identificar el problema que se requiere resolver en un contexto específico.
	1.2 Diferencia y plantea restricciones y requerimientos del producto tecnológico por diseñar.
	1.3 Formula las especificaciones de entrada para el diseño del producto tecnológico.
2. Analiza alternativas de solución y selecciona la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social y ambiental.	2.1 Reconoce alternativas viables de solución para satisfacer requerimientos, restricciones y especificaciones técnicas de diseño.
	2.2 Compara alternativas viables de solución de acuerdo con criterios determinados.
	2.3 Selecciona la alternativa más adecuada de solución.

Continúe en la siguiente página

Continuación tabla 1

Afirmación	Evidencia
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.	3.1 Realiza cálculos y procedimientos necesarios para detallar el producto tecnológico y sus componentes.
	3.2 Plantea especificaciones para el proceso de desarrollo del producto tecnológico.
	3.3 Revisa, verifica y valida que una solución cumpla con las especificaciones técnicas de diseño.

## 1. Productos tecnológicos objeto del diseño de sistemas de control

Algunos ejemplos de productos tecnológicos (artefactos, sistemas o procesos) que pueden ser planteados en las preguntas de este modulo son:

- Sistemas de control en tiempo continuo (PID, sensores, actuadores).
- Sistemas de control en tiempo discreto (A/D, D/A).
- Algoritmos de control, sensores, actuadores).
- Sistemas de control a eventos discretos (PLC).

## 2. Áreas conceptuales de referencia

Para el diseño del sistema de control de cualquier producto tecnológico (artefacto, sistema o proceso) de naturaleza automática, el estudiante

requiere manejar y aplicar los conocimientos que ofrecen las disciplinas teóricas y tecnológicas que intervienen en la concepción, construcción y empleo de los diferentes tipos de sistemas automáticos. Las disciplinas teóricas ofrecen el conjunto de los métodos matemáticos de análisis y síntesis de los sistemas automáticos y de sus elementos. Las disciplinas tecnológicas tratan con problemas prácticos, relacionados con la teoría y la tecnología de los sensores, actuadores y controladores. En particular, se deben conocer, manejar y aplicar las matemáticas, que incluyen la transformada de Laplace y transformada Z, entre otras; dinámica de sistemas; teoría de control e informática (algoritmos y programación), y conocimientos técnico-económicas, de seguridad y desempeño ambiental. Se espera que el estudiante demuestre dominio de los contenidos referenciales indicados en la tabla 2.

Tabla 2. Contenido referencial

Contenido referencial	Subtemas
Control analógico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelamiento de sistemas físicos.</li> <li>• Representación por función de transferencia y variables de estado.</li> <li>• Diagramas de bloque, algebra de bloques.</li> <li>• Error de estado estacionario.</li> <li>• Comportamiento en estado estacionario y transitorio.</li> <li>• Plano complejo, nociones de lugar de raíces.</li> <li>• Criterios de estabilidad.</li> <li>• Diseño de sistemas de control con especificaciones temporales.</li> <li>• Sintonización básica de PID.</li> </ul>

Continúe en la siguiente página

Continuación tabla 2

Contenido referencial	Subtemas
Sistemas discretos	<p>Nociones básicas de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conversión A/D-D/A.</li> <li>• Discretización de modelos de procesos y de reguladores.</li> <li>• Criterio de estabilidad y especificaciones temporales.</li> <li>• Error en estado estacionario.</li> </ul>
Control lógico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lógica combinacional, secuencial.</li> <li>• Lógica cableada, programada booleana.</li> <li>• Métodos de diseño de automatismos lógicos (GRAFSET, Petri, etc.).</li> </ul>
Instrumentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nociones básicas de características de los sistemas de medida (exactitud, precisión, incertidumbre, histéresis, errores, curvas de calibración, comportamiento estático y dinámico).</li> <li>• Nociones sobre implementación de sistemas de control que utilizan componentes del tipo PID, PLC, computador.</li> </ul>

## B. ¿A quién se dirige el módulo?

Los módulos específicos están dirigidos únicamente a estudiantes que presentan por primera vez el examen y que son inscritos directamente por su Institución de Educación Superior (IES). Cada IES tiene la posibilidad de seleccionar una de las combinatorias de módulos específicos ofertadas por el Icfes, según lo considere pertinente para cada uno de sus programas (estas combinatorias pueden contener entre uno y tres módulos específicos). En este sentido, es importante aclarar que las IES pueden decidir que sus estudiantes no tomen ninguno de los módulos específicos que oferta el Icfes.

Los estudiantes que son inscritos para presentar combinatorias de módulos específicos tendrán un tiempo máximo de 1 hora y 30 minutos para responder las preguntas, en caso de que la combinatoria esté compuesta únicamente por un módulo. Aquellos que tomen combinatorias con

dos y tres módulos contarán con un tiempo máximo de 4 horas y 30 minutos.

El Icfes ha dispuesto, conforme a la resolución 395 del 12 de junio del 2018, que la oferta de combinatorias para la aplicación del segundo semestre del año 2018 de los exámenes Saber Pro y Saber TyT estará definida por la combinación del Núcleo Básico del Conocimiento (NBC) y el nivel de formación establecido para cada programa académico de acuerdo con la clasificación SNIES. Para conocer las combinatorias de módulos específicos ofertadas a cada Núcleo Básico del Conocimiento por nivel de formación, le invitamos a consultar el siguiente enlace:

<http://www.icfes.gov.co/instituciones-educativas-y-secretarias/saber-pro/oferta-de-modulos-especificos/oferta-2018-2>



GOBIERNO DE COLOMBIA