



GUÍA DE
ORIENTACIÓN

Saber Pro Competencias Específicas

Módulo de Diseño de Sistemas Mecánicos 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 Mecánicos

Juan Francisco Velásquez Posada

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 Mecánicos

Sergio Cipriano Agudelo Flórez

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 Mecánicos	14
A. Competencia evaluada en el módulo	14
B. Características del módulo	15
C. ¿Quiénes presentan este módulo específico?	17
D. Niveles de desempeño	17
E. Ejemplos de preguntas	19



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	16
Tabla 5. Lista de programas que pueden presentar el módulo	17
Tabla 6. Niveles de desempeño	18



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 Mecánicos	40	90 minutos

III. ESPECIFICACIONES DEL MÓDULO DE DISEÑO DE SISTEMAS MECÁNICOS

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 mecánicos tienen como función primordial la transformación de la energía para la generación de potencia usando componentes y dispositivos que sirvan al sector productivo, bienes y servicios.

El diseño de sistemas mecánicos concibe la formalización de la idea, la manufactura y puesta en servicio de los componentes y dispositivos, teniendo en cuenta el fin para el cual fue concebido y el sector donde se usará (mantenimiento, producción, manufactura, transporte, construcción, agrícola y servicios). Todo lo anterior teniendo en cuenta restricciones técnicas, financieras, sociales, ambientales, económicas y éticas.

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 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 a diseñar.
	1.3 Formula las especificaciones técnicas 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, ético y ambiental.	2.1 Reconoce alternativas viables de solución para satisfacer requerimientos, restricciones y especificaciones técnicas de diseño.
	2.2 Compara alternativas de solución de acuerdo con criterios determinados.
	2.3 Selecciona la alternativa más adecuada de solución.
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 cumple con las especificaciones técnicas de diseño.

1. Productos tecnológicos objeto del diseño de sistemas de mecánicos

a. Sector primario

- Sistemas de extracción de minerales y materias primas
- Sistemas de transporte de minerales y materias primas
- Sistema de transformación de minerales y materias primas

b. Sector secundario

- Sistemas de abastecimiento de energía mecánica, térmica y fluida en los sistemas productivos.
- Sistemas de transformación de materias primas en productos semi y elaborados.
- Sistemas de almacenamiento y distribución de productos semi y elaborados.

c. Sector terciario

- Gestión y ejecución de mantenimiento mecánico en los sectores primario, secundario y terciario.
- Sistemas de abastecimiento de energía mecánica, térmica y fluida en sectores domésticos, educativos, ocio, hotelero y salud.
- Sistemas de transformación y distribución de energía mecánica, térmica y fluida en sectores doméstico, educativo, ocio, hotelero y salud.

2. Áreas conceptuales de referencia

Para abordar el Módulo de Diseño de Sistemas Mecánicos se requiere el manejo y aplicación de conocimientos sobre materiales y sus propiedades mecánicas; cálculos estructurales dinámicos y estáticos; transporte de energía y fluidos; procesos de transformación de materiales con o sin arranque de viruta; análisis y administración de factores financieros y económicos, técnicos y medioambientales.

C. ¿Quiénes presentan este módulo específico?

El Módulo de Diseño de Sistemas Mecánicos lo pueden presentar los estudiantes de los programas académicos relacionados a continuación.

Tabla 5. Lista de programas que pueden presentar el módulo

Principales programas académicos que aplican el módulo
Ingeniería Electromecánica
Ingeniería en Mecatrónica
Ingeniería Mecánica
Programas afines

D. Niveles de desempeño

Los niveles de desempeño se establecieron con el objetivo de complementar el puntaje numérico que se otorga a los estudiantes. Consisten en una descripción cualitativa de las habilidades y conocimientos que podrían tener si se ubican en determinado nivel. El resultado de este módulo se interpreta de acuerdo con la descripción que se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 6. Niveles de desempeño

Nivel	Descriptor general	Descriptores específicos
<p>1 Puntaje en el módulo de 0 a 127</p>	<p>El estudiante que se ubica en este nivel podría identificar fácilmente del texto las restricciones y requerimientos, y las relaciona con conceptos básicos de las ciencias para dar soluciones.</p>	<p>El estudiante que se ubica en este nivel podría:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar los problemas explícitos que conforman un caso básico de la ingeniería. • Reconocer las restricciones y los requerimientos definidos para un problema cuando son explícitos en la formulación. • Calcular resultados apoyándose en herramientas y conceptos de las ciencias básicas.
<p>2 Puntaje en el módulo de 128 a 155</p>	<p>Además de lo descrito en el nivel anterior, el estudiante que se ubica en este nivel analiza alternativas de solución a un problema reconociendo las restricciones y los requerimientos, aplicando conceptos básicos de ingeniería para determinar la solución adecuada.</p>	<p>Además de lo descrito en el nivel anterior, el estudiante que se ubica en este nivel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identifica problemas reconociendo las variables relevantes, en casos con información incompleta o no necesaria. • Organiza información que se presenta en un caso y la analiza de acuerdo a requerimientos y restricciones. • Aplica de manera cuantitativa conocimientos fundamentales de ingeniería para pronosticar el comportamiento de un sistema. • Deduce dentro de un conjunto de alternativas cuál resulta ser la más apropiada para resolver problemas.
<p>3 Puntaje en el módulo de 156 a 193</p>	<p>Además de lo descrito en los niveles anteriores, el estudiante que se ubica en este nivel infiere restricciones y requerimientos de un caso para dar solución a una situación problema mediante la aplicación de herramientas y conceptos especializados de ingeniería.</p>	<p>Además de lo descrito en los niveles anteriores, el estudiante que se ubica en este nivel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identifica problemas implícitos dentro de un contexto, discriminando la información suministrada de acuerdo a su relevancia, e infiriendo cómo las condiciones de operación de un sistema pueden generar restricciones técnicas. • Determina el comportamiento de sistemas y componentes mecánicos utilizando conocimientos específicos de la Ingeniería Mecánica. • Evalúa alternativas de solución especificando la más adecuada para resolver problemas de diseño que involucran múltiples criterios de forma simultánea.
<p>4 Puntaje en el módulo de 194 a 300</p>	<p>Además de lo descrito en los niveles anteriores, el estudiante que se ubica en este nivel toma decisiones apoyándose en criterios y cálculos especializados de la ingeniería para dar solución a un problema que involucra restricciones técnicas, ambientales, económicas o sociales.</p>	<p>Además de lo descrito en los niveles anteriores, el estudiante que se ubica en este nivel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interrelaciona restricciones y requerimientos que pueden ser técnicos, sociales, económicos o ambientales • Realiza cálculos relacionados con parámetros que requieren de conocimientos especializados de la ciencia y la ingeniería. • Emite juicios de acuerdo a los resultados del análisis y al cumplimiento de los criterios planteados, verificando que se haya resuelto el problema.

E. Ejemplos de preguntas

En esta sección se presentan ejemplos de preguntas de selección múltiple con única respuesta del Módulo de Diseño de Sistemas Mecánicos 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 6 DE ACUERDO CON LA SIGUIENTE INFORMACIÓN

CASO 3

Accionamiento para máquina encapsuladora

En las industrias farmacéuticas se utilizan diversos equipamientos que deben satisfacer elevados requerimientos de sanidad y seguridad; por tanto, para los diseñadores mecánicos se establece el reto de diseñarlos y fabricarlos.

Para accionar una máquina productora de cápsulas blandas como la que se muestra en la figura se debe proveer una potencia de salida de 1 kW a una velocidad de giro máxima de 6 rpm.

La potencia debe transmitirse a un eje o árbol único, dado que todos los ejes de la máquina están interconectados.



Para la implementación de lo expuesto hay limitaciones de espacio e incremento de los niveles de ruido para los operadores. Adicionalmente, en cuanto a aspectos presupuestales, de costos de operación y de nivel de exposición al ruido en este sector se pueden presentar dos escenarios:

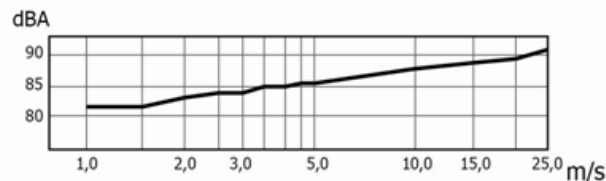
Escenario 1. Se dispone de un limitado presupuesto para desarrollar la solución de accionamiento; el operador trabajará en el recinto donde se encuentra la máquina y los costos de operación actuales son altos.

Escenario 2. Se cuenta con amplia disponibilidad presupuestal; el operador se encuentra en un recinto aislado anexo con amplia visibilidad hacia la máquina y los costos actuales de operación son bajos.

El desarrollo de las soluciones a este caso implica una solución equilibrada entre objetivos o criterios antagónicos como la transmisión de elevados pares debido a la baja velocidad de la máquina con bajo ruido, costo inicial limitado en el escenario 1 y bajos costos de operación en el escenario 2.

Para el desarrollo de las soluciones a este caso se cuenta con la siguiente información técnica.

La Gráfica 1 presenta el nivel de ruido en decibelios (dBA) versus la velocidad en m/s en la línea de paso en transmisiones de engranajes (excepto el sinfín corona, donde la velocidad no tiene un efecto significativo) para potencias mayores que 1/2 kW.



Gráfica 1. Nivel de ruido vs. Velocidad

Continúa en la siguiente página

Continuación CASO 3

En la tabla 1 se muestra la variación del nivel de ruido de los tipos más usuales de engranajes con la potencia a transmitir expresada en kW.

Tipo de engranajes	Potencia sonora en decibelios (Ps - en dBA)
Engranajes helicoidales con rodamientos	$77,1 + 12,3 \times \log [P/(1kW)]$ ^b
Engranajes cilíndricos rectos con cojinetes de deslizamiento	$85,6 + 6,4 \times \log [P/(1kW)]$
Engranajes cónicos rectos y helicoidales	$71,7 + 15,9 \times \log [P/(1kW)]$
Engranajes planetarios	$87,7 + 4,4 \times \log [P/(1kW)]$
Mecanismo sinfín corona	$65,0 + 15,9 \times \log [P/(1kW)]$

Tabla 1. Niveles de ruido típicos en distintas transmisiones de engranajes^a

Notas:

^a: Ps: potencia sonora obtenida a partir de la potencia de salida P expresada en kW

^b: el argumento de la función logaritmo debe dividirse entre 1 kW para que este término resulte adimensional, ya que la potencia de salida P está expresada en kW.

La tabla 2 muestra los valores límites de exposición a ruido continuo, según regulaciones de sanidad laboral, donde NPS corresponde al nivel de presión sonora.

Exposición diaria (hrs)	NPS permitido en dBA
24	80
16	82
8	85
4	88
2	91
1	94
1/2	97
1/4	100

Tabla 2. Valores límites de exposición a ruido continuo

La tabla 3 presenta las eficiencias típicas y velocidades recomendadas en diferentes transmisiones de engranajes

Tipo	Relación de velocidades	Velocidad de paso (m/s)	Rango de eficiencia
Rectos	1:1 a 6:1	25	98 - 99%
Helicoidales	1:1 a 10:1	50	98 - 99%
Bi-helicoidal	1:1 a 15:1	150	98 - 99%
Cónico	1:1 a 4:1	20	98 - 99%
Sinfín corona	5:1 a 75:1	30	20 - 98%, típ. 80%
Helicoidal cruzado	1:1 a 6:1	30	70 - 98%
Tren planetario	Hasta: 50:1	25	>90%

Tabla 3. Eficiencias típicas y velocidades recomendadas en diferentes tipos de engranajes

Pregunta 1

Un ingeniero mecánico debe diseñar un accionamiento que cumpla las especificaciones de diseño para una solución simple, que ofrezca ventaja económica y que satisfaga los aspectos técnicos y económicos definidos para el escenario 1. Para ello, se le pide al ingeniero que, adicionalmente, tenga en cuenta la siguiente información:

1. Los valores límites de exposición a ruido continuo, según regulaciones de sanidad laboral (tabla 2). Las jornadas de trabajo del operario son de 16 horas.
2. Los valores de eficiencias típicas y velocidades recomendadas en diferentes transmisiones de engranajes (tabla 3).
3. Una expresión (**Ec. 1**) para la estimación simplificada de costos de moto-reductores *AC* con potencia inferior a 100 kW. Donde

CI: costo inicial en unidades monetarias (UM),

Pot_(kW): potencia requerida expresada en kW,

i: relación de reducción requerida.

$$CI_{(UM)} = Pot_{(kW)} \cdot (30UM / kW) \cdot (i / 5) \quad \text{Ec. 1}$$

4. Existe disponibilidad de una red *AC* de suministro eléctrico con suficiente capacidad, motores *AC* de 900 rpm, el espacio disponible para el accionamiento no debe superar 15 cm x 10 cm x 20 cm.

De acuerdo con lo anterior, el diseño que cumple con las especificaciones técnicas y económicas requeridas es un accionamiento con alimentación *AC*, con potencia de salida

- A. mayor que 1,5 kW, con nivel de ruido inferior a 90 dB(A), con tamaño inferior a 3 dm³ y costo inferior a 1.350 UM.
- B. mayor que 1 kW, con nivel de ruido inferior a 80 dB(A), con tamaño inferior a 3 dm³ y costo inferior a 900 UM.
- C. mayor que 1,5 kW, con nivel de ruido inferior a 90 dB(A), con tamaño inferior a 2,5 dm³ y con costo inferior a 900 UM.
- D. mayor que 1 kW, con nivel de ruido inferior a 80 dB(A), con tamaño inferior a 2,5 dm³ y con costo inferior a 1.350 UM.

Clave **B**

Afirmación

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.

Justificación

La opción B es correcta porque indica una potencia y velocidad acordes con el problema, se indica un volumen máximo del equipo consistente con las dimensiones definidas, se establece un valor máximo de ruido consistente con los decibelios recomendados para 16 horas de exposición, y coherente con el presupuesto disponible. Asimismo, esta opción indica justo la potencia necesaria, razón por la que no hay sobrecostos de operación por reactiva.

Verificación del volumen del espacio disponible = $15 \times 10 \times 20 \text{ cm}^3 = 3000 \text{ cm}^3 = 3 \text{ dm}^3$
Relación de velocidades requerida = $900/6 = 150$
Verificación del costo máximo: $30 \text{ UM} \times 150/5 = 900 \text{ UM}$

Pregunta 2

Las siguientes especificaciones corresponden a criterios de selección del motor para un accionamiento en el escenario 2:

- Potencia por suministrar 1 kW a 900 rpm.
- Reductor por utilizar armónico con reducción de 150:1 y eficiencia de 0,9.
- Tiempo de servicio diario 18 horas.
- Máquina impulsada encapsuladora con régimen de servicio uniforme con factor de servicio de 1,3.
- Nivel de ruido inferior a 90 dBA.
- Bajo costo inicial.
- Tamaño de motor más reductor inferior a $6 \times 10^{-3} \text{ m}^3$.

El costo inicial del motor se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$CI_{(UM)} = Pot_{(kW)} \cdot (10UM / kW) \cdot k$$

Donde

k : factor de costos del motor.

$k = 3$ para *MPP* (motor paso a paso).

$k = 1$ para motores *AC*.

$k = 2$ para motores *DC*.

De acuerdo con las condiciones señaladas, la mejor solución de motor para el accionamiento requerido, teniendo en cuenta los requisitos técnicos y económicos, es:

- Motor *AC* de 1,5 kW, 900 rpm, factor de potencia de 0,95, y control de velocidad por variador de frecuencias y lazo abierto.
- Motor *MPP* de 1,5 kW, 900 rpm, factor de potencia de 0,95 y control de velocidad por frecuencia de pulsos de corriente y lazo abierto.
- Motor *DC* de 1,5 kW de 900 rpm, factor de potencia de 0,9 y control de velocidad por voltaje de alimentación y lazo abierto.
- Motor *AC* de 1,5 kW, 900 rpm, factor de potencia 0,9 y control de velocidad por frecuencias y lazo cerrado.

Clave A

Afirmación Analiza alternativas de solución y selecciona la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social, ético y ambiental.

La opción A es la correcta

Justificación

- Su costo inicial es 15 UM
- Costos energéticos de 1/0,95

Pregunta 3

En este caso, el ingeniero de diseño mecánico realizó el diseño básico de un banco experimental para la comprobación de la eficiencia del motor, del reductor y global del accionamiento, ya que estos parámetros son determinantes en el consumo de energía del equipo y en sus costos de operación. Este diseño se aprecia en la figura.

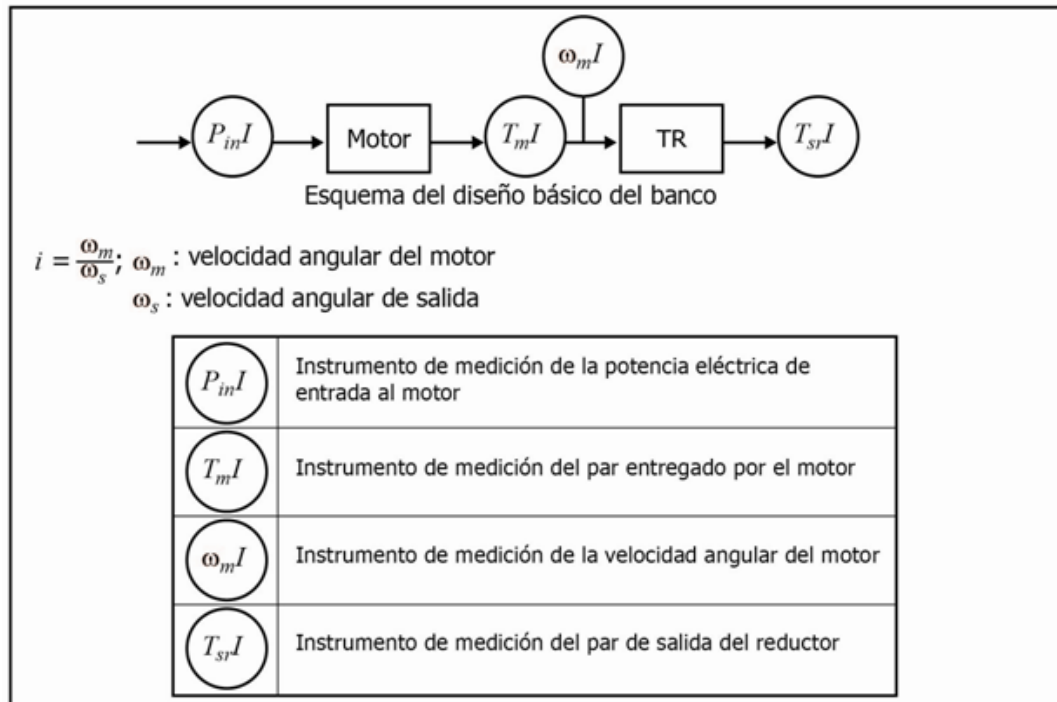


Figura. Esquema del diseño básico del banco para medición de eficiencias con sus instrumentos

Teniendo en cuenta el diseño básico del banco mostrado y que i es la relación de transmisión, la opción que indica las ecuaciones correctas de las eficiencias que debe desarrollar el ingeniero es

- A. eficiencia del motor $\eta_m = \frac{T_m \omega_m}{P_{in}}$, eficiencia del reductor $\eta_r = \frac{T_{sr} \omega_{sr}}{T_m \omega_m} = \frac{T_{sr}}{iT_m}$ y eficiencia global $\eta_g = \frac{T_{sr} \omega_m}{iP_{in}}$
- B. eficiencia del motor $\eta_m = \frac{T_m \omega_m}{P_{in}}$, eficiencia del reductor $\eta_r = \frac{T_{sr} \omega_m}{iT_m \omega_m} = \frac{T_{sr}}{iT_m}$ y eficiencia global $\eta_g = \frac{T_{sr} \omega_m}{iP_{in}}$
- C. eficiencia del motor $\eta_m = \frac{T_m \omega_m}{P_{in}}$, eficiencia del reductor $\eta_r = \frac{T_{sr} \omega_m}{iT_m \omega_m} = \frac{T_{sr}}{iT_m}$ y eficiencia global $\eta_g = \frac{i T_{sr} \omega_m}{P_{in}}$
- D. eficiencia del motor $\eta_m = \frac{T_m \omega_m}{P_{in}}$, eficiencia del reductor $\eta_r = \frac{T_{sr} \omega_m i}{T_m \omega_m} = \frac{i T_{sr}}{T_m}$ y eficiencia global $\eta_g = \frac{i T_{sr} \omega_m}{P_{in}}$

Clave B

Afirmación Aplica 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 opción B es correcta porque indica las ecuaciones correctas, así:

El factor de potencia está determinado correctamente como el cociente entre la potencia mecánica de salida del motor y la potencia eléctrica de alimentación del motor.

La eficiencia del reductor, dados los datos medidos, corresponde al cociente entre potencia de salida del reductor y entre la potencia de entrada, donde la primera corresponde al producto del par de salida del reductor por la velocidad de salida del reductor, la cual se determina como la medida del motor entre i_1 y la segunda, potencia de entrada, que es la potencia de salida del motor y que se determina por el producto del par del motor y la velocidad del motor.

La eficiencia global se determina por el cociente entre la potencia de salida, que es la de salida del reductor, dividida entre la potencia eléctrica de entrada.

Pregunta 4

La segunda etapa de la transmisión del accionamiento del caso descrito debe diseñarse para 20.000 horas de operación. Esta utiliza un mecanismo sinfín corona, como el que se muestra en la figura, en el que se producen las siguientes cargas sobre el eje del sinfín: carga transversal 2.000 N (resultante de la radial y tangencial sobre el sinfín) y carga axial de 5.000 N. Este sinfín girará a 600 rpm (10 rps). Considerando que se deben emplear dos cojinetes de apoyo, de los cuales uno debe tener capacidad de carga axial y radial (A) y el otro solo radial (B), la rosca del sinfín se localiza en la mitad de la luz del eje. Cuando el cojinete tiene una relación de carga axial mayor que el 50% de la carga radial de trabajo, el cojinete debe seleccionarse para una carga equivalente mínima igual a la carga radial más 2,0 veces la axial; de lo contrario debe seleccionarse únicamente con la carga radial.

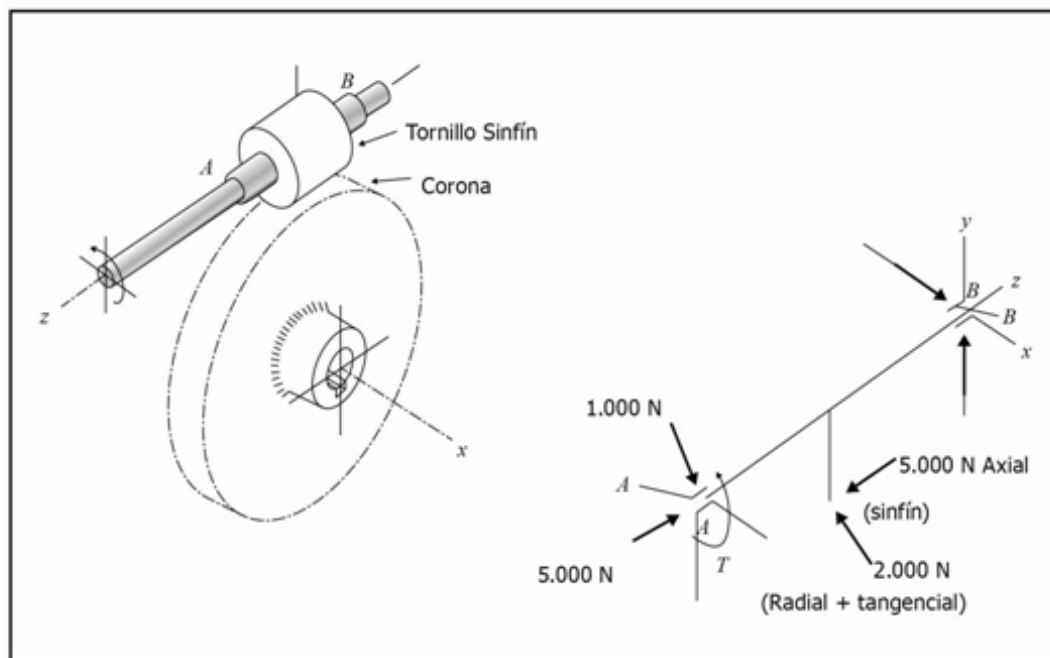


Figura. Diagrama del mecanismo sinfín corona con las cargas sobre el sinfín

Con base en la información anterior, el tipo de cojinete para el apoyo A de la figura que cumple con las condiciones de vida y carga dadas, es un cojinete

- A. con elementos rodantes para carga radial y axial, con carga radial equivalente de 6.000 N y vida de $12E + 06$ revoluciones a fatiga superficial.
- B. hidrodinámico para carga radial y axial, con carga radial equivalente de 11.000 N y vida de $720E + 06$ revoluciones al desgaste adhesivo.
- C. con elementos rodantes para carga radial y axial, con carga radial equivalente de 11.000 N y vida de $720E + 06$ revoluciones a fatiga superficial.
- D. hidrodinámico para carga radial y axial, con carga radial equivalente de 6.000 N y vida de $12E + 06$ revoluciones al desgaste adhesivo.

Clave C

Afirmación Aplica 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 opción C es la correcta porque indica un tipo de cojinete con capacidad de soportar carga axial y radial, como son los rodamientos, asimismo indica un valor correcto de carga radial equivalente de trabajo de 11.000 N adecuadamente determinado ($=5.000 \text{ N} \times 2,0 + 1.000\text{N}$) y una vida en revoluciones consistente con la vida en horas perseguida, la velocidad de trabajo y el mecanismo de falla posible por rodadura ($720\text{E}+06 \text{ rev} = 600 \text{ rev/min} \times 20.000 \text{ h} \times 60 \text{ min/h}$).

Pregunta 5

Se le solicita al ingeniero que realice el diseño cinemático de la primera etapa de la transmisión de un accionamiento escogido para el escenario 2. Se deben evitar las siguientes fallas cinemáticas:

- Un ruido superior a 90 dBA.
- Intermitencia e interferencia.

Esta etapa consta de un par de engranajes cilíndricos, con relación de reducción 3:1, velocidad de entrada de 900 rpm, modulo m de 3 mm y ángulo de presión de $14,5^\circ$.

Para el desarrollo del diseño que se requiere, se debe tener en cuenta la gráfica 1 presentada en la descripción del caso y las figuras 1 y 2 que se presentan a continuación:



Figura 1¹ Razón de contacto (m_c) en función de los números de diente de piñón y engranaje

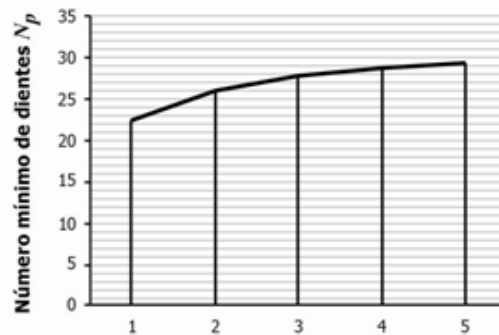


Figura 2¹. Número mínimo de dientes en el piñón para evitar interferencia.
 i : relación de reducción. Ángulo de presión de $14,5^\circ$

¹ Todas estas curvas se derivan de ecuaciones fundamentales para los modos de falla citados, según la literatura. Childs, 2004.

Tenga en cuenta que: N_p : número de dientes del piñón, N_g : número de dientes del engranaje conducido, V_p : velocidad de paso.

Luego de realizar los análisis necesarios, el ingeniero de diseño mecánico concluye que la solución que no presenta fallas cinemáticas y la más compacta es:

- $N_p = 20$ dientes; $N_g = 60$; $V_p = 54\pi$ m/min; $m_c = 1,4$
- $N_p = 15$ dientes; $N_g = 45$; $V_p = 40,5\pi$ m/min; $m_c = 1,15$
- $N_p = 35$ dientes; $N_g = 105$; $V_p = 94,5\pi$ m/min; $m_c > 2,12$
- $N_p = 30$ dientes; $N_g = 90$; $V_p = 81\pi$ m/min; $m_c = 2,12$

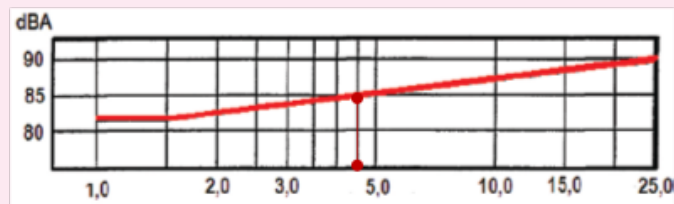
Clave D

Afirmación

Aplica los conocimientos de las matemáticas, las ciencias, la tecnología y las ciencias de la ingeniería para especificar en forma detallada un producto tecnológico.

La opción D es la opción correcta. No falla por interferencia dado $N_p=30 > 28$ que es número mínimo de dientes por interferencia de la figura derecha de la Tabla 1, no se produce intermitencia porque $mC=2,12$ obtenido de la figura de la izquierda, con los N_p y N_g se obtiene una mayor que la razón de contacto que la mínima de 1,2 establecida por la AGMA (American Gear Manufacturers Association) y no se produce un ruido mayor que 90 decibelios, porque en la Figura 1 presentada en la descripción del caso donde la velocidad de paso es aprox. 4,5 m/s, apenas el nivel ruido obtenido es de 85 dBA, esta figura se ha colocado abajo:

Justificación



En conclusión, por las razones expuestas anteriormente no se produce ningún modo de fallo cinemático en esta opción.

Pregunta 6

El ingeniero de diseño mecánico del caso descrito define las siguientes especificaciones para el desarrollo de otra solución del accionamiento de la máquina encapsuladora del escenario 1:

- Tiempo de servicio diario: 18 horas.
- Nivel de ruido máximo: 90 dBA.
- Costo máximo por energía diario, 6,5 UM; este costo incluye las incidencias del factor de potencia del motor y la eficiencia mecánica típica de la transmisión.
- Factor de potencia de los motores *AC* disponibles: 0,9
- Máquina por impulsar: encapsuladora de régimen de servicio uniforme.
- Costo del kW/h = 0,35 UM.
- Factor de servicio recomendado para la selección del motorreductor: 1,3.

Para el desarrollo de la solución requerida, la opción que satisface las especificaciones establecidas es:

- A. Motor *AC* de 2,0 kW a 1.200 rpm acoplado a una transmisión con primera etapa de engranajes helicoidales, de relación de reducción 4:1, eficiencia de 0,99 y una segunda etapa de sinfín corona, con relación de reducción de 60:1 y eficiencia de 0,80.
- B. Motor *AC* de 1,0 kW a 1.200 rpm acoplado a una transmisión, cuatro etapas de engranajes rectos, con ángulo de presión de 20°, con eficiencia individual de 0,90 y relaciones de reducción de 5 para las tres primeras etapas y 2 en la última etapa.
- C. Motor *AC* de 1,0 kW a 900 rpm acoplado a una transmisión de tres etapas de reducción con engranajes cilíndricos, las dos primeras de 5 y la última de 6; cada etapa tiene ángulo de presión de 20° y eficiencia individual de 0,95.
- D. Motor *AC* de 1,5 kW a 900 rpm acoplado a una transmisión con primera etapa de engranajes helicoidales con relación de reducción 3:1, eficiencia de 0,99, más una segunda etapa de sinfín corona con relación de reducción de 50:1 y eficiencia de 0,88.

Clave

D

Afirmación

Analiza alternativas de solución y selecciona la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social, ético y ambiental.

Justificación

La opción correcta es la D porque cumple todas las especificaciones técnicas y económicas definidas y derivadas de acuerdo con el caso, las cuales son:

1) La relación de velocidades requerida para la alternativa se calcula partir como el cociente entre la velocidad de motor ofrecida por la alternativa y las rpm requerida en la máquina $= 900 \text{ rpm} / 6 \text{ rpm} = 150$ es igual a la obtenida por las dos etapas. Relación obtenida por la alternativa en sus etapas por tratarse de dos etapas en serie se obtienen mediante el producto de las relaciones individuales de las etapas: $3 \times 50 = 150$, por tanto esta especificación la satisface.

2) En cuanto a potencia el motor debe tener una potencia nominal mayor que la potencia requerida en el eje del motor, la cual se determina multiplicando la potencia requerida por la máquina por el factor de servicio dado y se divide entre el producto de las eficiencias de las dos etapas de transmisión. Es decir Potencia requerida en el motor $= 1,3 \times 1 \text{ kW} / (99/100 \times 88/100) = 1,2 \times 1002 / (99 \times 85) \text{ kW} \approx 13.000 / 8.800 \text{ kW} = 13/8,8 \text{ kW}$ debemos demostrar que $13/8,8$ es menor que $1,5 = 15/10$, entonces $13 < 15/10 \times 8,8 = 15(0,8 + 0,08) = 12 + 1,2 = 13,2$ por tanto la potencia nominal del motor es mayor que la requerida en el eje del motor.

3) Verificación de costos de energía por día $(13/8,8) \text{ kW} / (9/10) \times 18 \text{ h} \times 0,3 \text{ UM/kWh} = (130/8,8) \times 2 \times 0,30 \approx (40/16,6) \text{ UM} < 6,5 \text{ UM}$ entonces no hay problemas por sobrecosto energético

Como satisface todas esas especificaciones es la mejor opción.

