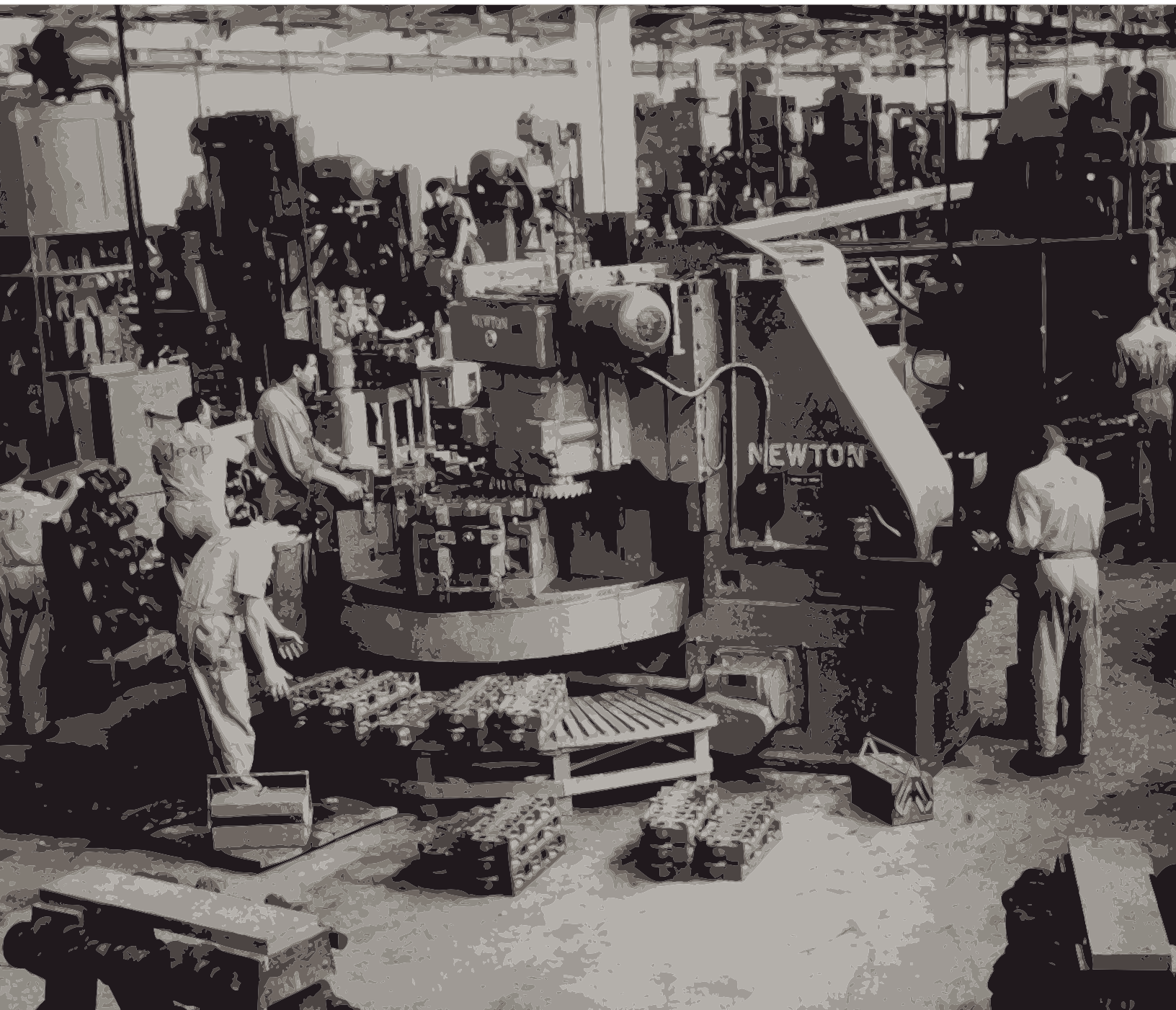




La educación
es de todos

Mineducación

Módulo de Ensamblaje, Mantenimiento y Operación de Maquinaria y Equipos



**MARCO DE REFERENCIA
PARA LA EVALUACIÓN, ICFES** | **2019**

icfes 
mejor saber

Presidente de la República
Iván Duque Márquez

Ministra de Educación Nacional
María Victoria Angulo González

Viceministro de Educación Superior
Luis Fernando Pérez

Publicación del Instituto Colombiano para la
Evaluación de la Educación (Icfes)
© Icfes, 2019.
Todos los derechos de autor reservados.

Autor
Rodrigo Jaimes Abril

Colaboradores
Darío Fernando Andrade Zambrano
Álvaro Alfonso Flautero Urquijo
Óscar Libardo Lombana (Icfes)
Zandra Astrid Parra Niño (Icfes)

Edición
Juan Camilo Gómez Barrera

Diseño de portada y diagramación
Linda Nathaly Sarmiento Olaya

Fotografía portada
Arquivo Nacional do Brasil (2018)

¿Cómo citar?

Icfes, (2019). Marco de referencia del
módulo de Ensamblaje, Mantenimiento y
Operación de Maquinaria y Equipos. Saber
TyT. Bogotá: Dirección de Evaluación, Icfes.

Directora General
María Figueroa Cahnspeyer

Secretaria General
Liliam Amparo Cubillos Vargas

Directora de Evaluación
Natalia González Gómez

Director de Producción y Operaciones
Mateo Ramírez Villaneda

Director de Tecnología
Felipe Guzmán Ramírez

Oficina Asesora de Comunicaciones y Mercadeo
María Paula Vernaza Díaz

Oficina Gestión de Proyectos de Investigación
Luis Eduardo Jaramillo Flechas

Subdirectora de Producción de Instrumentos
Nubia Rocío Sánchez Martínez

Subdirector de Diseño de Instrumentos
Luis Javier Toro Baquero

Subdirector de Estadísticas
Jorge Mario Carrasco Ortíz

Subdirectora de Análisis y Divulgación
Ana María Restrepo Sáenz

ISBN de la versión digital: En trámite

Bogotá, D. C., diciembre de 2019

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.

Tabla de contenido

▶ Preámbulo	5
▶ Introducción	6
▶ 1. Antecedentes	9
1.1 Marco legal	9
1.2 Saber TyT	9
1.3 Alcance de los exámenes de Estado	10
1.4 Normativa relacionada	11
1.5 Referentes teóricos de la prueba	13
1.6 Historia del módulo	17
▶ Diseño de la prueba	20
2.1 Definición de objeto de evaluación	21
2.2 La estructura del objeto de evaluación	21
2.3 Temas o áreas que evalúa el módulo	24
2.4 De qué se trata y de qué no se trata la prueba	33
2.5 Características de los contextos en los que se relacionan las preguntas	34
2.6 Limitaciones del módulo	34
▶ Referencias	37

Lista de ilustraciones y tablas

► Ilustración 1. <i>Diagrama de Venn en el que se describen las ramas que conforman la Mecatrónica</i>	17
► Tabla 1. Especificaciones del módulo	22
Tabla 2. Áreas Conceptuales de Referencia y objetos tecnológicos relacionados	25

Preámbulo

Este marco de referencia ha sido elaborado por Rodrigo Jaimes con la intención de satisfacer las necesidades de evaluación para la comunidad en general. Su construcción se llevó a cabo a partir de reuniones y discusiones en las que participaron investigadores, asesores expertos y los encargados de las pruebas del Icfes. De igual manera, la escritura del marco contó con la participación de Darío Andrade y Álvaro Alfonso Flautero, quienes fungieron como pares académicos en la revisión del documento. Esto permitió garantizar miradas externas que aportaron, desde sus quehaceres y conocimientos, una mayor confiabilidad y calidad académica.

En este marco de referencia, el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (Icfes) presenta los objetivos de evaluación, la estructura y el contenido del módulo Ensamblaje, Mantenimiento y Operación de Maquinaria y Equipos, el cual hace parte de la prueba Saber TyT orientada a evaluar estudiantes que han aprobado mínimo el 75 % de los créditos de sus estudios de un grupo de programas académicos afines de los niveles técnico profesional y tecnológico que ofrecen las Instituciones de Educación Superior colombianas. El documento contiene las competencias evaluadas en el módulo y cómo se evalúan.

Uno de los propósitos del examen Saber TyT es contribuir a que se evalúen y valoren, de manera pertinente y relevante (tal como lo establece la Ley 1324 de 2009)¹, las competencias específicas comunes que deben haber adquirido los estudiantes de un grupo de programas de pregrado que tienen áreas o campos de formación afines, las cuales constituyen la base para el desempeño en el sector productivo nacional o en el ámbito global.

El diseño y el desarrollo del módulo se fundamenta en el Diseño Centrado en Evidencias (en adelante DCE), el cual consiste en una serie de prácticas que definen los procesos de diseño, desarrollo y uso de un instrumento de evaluación en términos de varios estratos, relacionados lógicamente. Estas prácticas ayudan a clarificar y asegurar la validez de las inferencias que se pueden efectuar a partir de la puntuación que obtiene un estudiante en una prueba, así como determinar cómo proveer la evidencia para sustentar estas inferencias, dados

¹ Ley 1324 del 13 de julio 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”.

los constreñimientos y limitaciones propios de la aplicación de una prueba (Mislevy y Riconscente, 2005).

En consecuencia, este marco de referencia sustenta teóricamente las afirmaciones y las evidencias a partir de las cuales se plantean las tareas que deben estar en capacidad de realizar los estudiantes. Con base en ellas, se diseñan las preguntas que se deben responder. Con los resultados obtenidos, se puede inferir lo que saben (conocimientos) y saben hacer (habilidades) los evaluados a partir de la puntuación que obtienen en una prueba y, por ende, de la calidad de la formación específica o profesional recibida. Este marco también incluye las Áreas Conceptuales de Referencia (ACR) tenidas en cuenta para evaluar los programas técnico-profesionales y tecnológicos relacionados con los campos de la electromecánica, la electrónica y la mecatrónica, los cuales tienen implícitas varias competencias transversales en electricidad, mecánica, neumática e hidráulica, entre otras áreas. Se propone incluir dos nuevas ACR relacionadas con la Cuarta Revolución Industrial (conocida también como Industria 4.0 o internet de las cosas) las cuales afectarán todas las esferas de la vida a nivel global.

Este módulo está dirigido a programas como técnico profesional en mantenimiento, tecnología en montajes, técnico profesional en procesos de manufactura, técnico profesional en metalmecánica, tecnología en automatización industrial, tecnología en electromecánica, entre otros. Cabe indicar que la validez y la confiabilidad de la prueba se han venido consolidando a través de la aplicación a diferentes cohortes de los programas técnicos profesionales y tecnológicos de las Instituciones de Educación Superior (IES) del país que los ofertan. En síntesis, el documento parte de relacionar los antecedentes de la prueba, el marco normativo que la sustenta, los referentes teóricos que le subyacen y la historia de la prueba en Colombia. Posteriormente, se trata el diseño de la prueba,

aludiendo al objeto de evaluación, la estructura de la prueba, las categorías conceptuales que lo definen, las variables o atributos evaluados por el instrumento, las especificaciones de la prueba en donde se mencionan las áreas conceptuales de referencia, así como las afirmaciones y evidencias. Por último, se tratan las características de los contextos con los que se relacionan las preguntas y las limitaciones de la prueba, indicando algunos retos en el futuro cercano.

Antecedentes

A continuación, se hace alusión a los antecedentes de la prueba, abordando el marco legal que la sustenta, las normas relacionadas, los referentes teóricos que subyacen y la evolución que ha tenido desde que se implementó en el país.

1.1 Marco legal

Los exámenes de Estado que realiza el Icfes están sustentados en la Ley 1324 de 2009, la cual establece que el objeto del Icfes es “ofrecer el servicio de evaluación de la educación en todos sus niveles y adelantar investigación sobre los factores que inciden en la calidad educativa, con la finalidad de ofrecer información para mejorar la calidad de la educación” (artículo 12.º). Para estos efectos, en esta ley se le asigna al Icfes la función de desarrollar la fundamentación teórica de los instrumentos de evaluación, así como las de diseñar, elaborar y aplicar estos instrumentos, de acuerdo con las orientaciones que defina el Ministerio de Educación Nacional (en adelante MEN) (*ibid.*, numeral 2).

En este marco legal, el Icfes diseña, desarrolla, aplica, califica y entrega resultados de tres exámenes de Estado, Saber 11.º, Saber TyT y Saber Pro. Adicionalmente, realiza un examen nacional por encargo del MEN para las pruebas de la educación básica, Saber 3.º, 5.º y 9.º. Cada una de estas evaluaciones tiene su respaldo en distintas leyes, decretos y normativas. A continuación, se describen brevemente las normas asociadas con el módulo que es objeto de este marco, a partir de lo dispuesto en la Ley 1324 de 2009.

1.2 Saber TyT

El examen de Saber TyT se basa en la Resolución 455 de 2016, fundamentada en la Ley 1324 de 2009 (artículos 1.º, 7.º y 12.º) y el Decreto 3963 de 2009, modificado por el Decreto 4216 de 2009, en donde señala que: “El Icfes dirigirá y coordinará el diseño, la aplicación, la obtención y análisis de los resultados del Examen de Estado de Calidad de la Educación Superior, para lo cual podrá apoyarse en las comunidades académicas, profesionales y el sector productivo del orden nacional o internacional.” En tal resolución, se dictan las disposiciones que establecen la Escala de los Resultados del Examen de Estado de Calidad de la Educación Superior, y se aprueban módulos genéricos para las pruebas Saber TyT y el cambio de escala de dichas pruebas.

Así mismo, en esta resolución se establece el calendario para la aplicación de los Exámenes de Estado de Calidad de la Educación Superior, dirigido a la población de técnicos y tecnólogos, las metodologías de cálculo para la obtención de resultados individuales y agregados y la línea de base para la calificación para los exámenes de las pruebas Saber TyT y Saber Pro. De igual manera, se establece la metodología de cálculo para la obtención de resultados individuales y se determina también que “es conveniente tener todas las anteriores decisiones de la Junta Directiva en un único cuerpo normativo, razón por la cual se derogarán la Resoluciones 892 de 2015 y 126 de 2016, compilando todas las normas vigentes en la presente resolución”.

1.3 Alcance de los exámenes de Estado

Vale la pena señalar qué instancias participan en los procesos de evaluación de la educación y de qué manera lo hacen. Por un lado, las funciones que le competen al Icfes, al MEN y a otras entidades en la evaluación de la educación básica, media y superior, se delimitan de la siguiente manera: el MEN define las políticas, los propósitos y los usos de las evaluaciones, al igual que los referentes de lo que se quiere evaluar, en consulta con los grupos de interés; a la vez que hace seguimiento a estrategias y planes de mejoramiento. A partir de los criterios definidos por el MEN, el Icfes diseña, construye y aplica las evaluaciones; analiza y divulga los resultados, e identifica aspectos críticos a ser abordados, todo esto como insumo para los distintos miembros de la comunidad educativa. Debido al desarrollo de estas funciones, otras entidades —como las secretarías de educación, los establecimientos educativos y las instituciones de educación superior— formulan, implementan y coordinan planes de mejoramiento.

Por otro lado, se cuenta con asesoría académica y técnica como parte fundamental de los procesos propios del desarrollo de las evaluaciones a cargo del Icfes. Teniendo en cuenta que los lineamientos para el diseño de los nuevos exámenes se definieron de acuerdo con la política de formación por competencias del MEN, estas evaluaciones se desarrollaron en todas sus etapas (diseño, construcción de instrumentos, validación y calificación) con la participación permanente de las comunidades académicas y de las redes y asociaciones de facultades y programas, tanto en lo que se refiere a la educación básica y media como a la superior. Además, desde 2014, se han puesto en funcionamiento los Comités Técnicos de Área, una instancia consultiva de la

Dirección de Evaluación para hacer seguimiento a las evaluaciones que realiza el Icfes. Esta instancia está conformada por consultores de alto nivel en las distintas áreas evaluadas en los exámenes Saber.

1.4 Normativa relacionada

En relación con la educación superior de carácter técnico y tecnológico, en la primera década del 2000, las instituciones que trazan la política y regulan la educación superior en Colombia fueron prolíficas en la expedición de normas relacionadas con la calidad de las instituciones y de los programas técnicos profesionales y tecnológicos que ofertaban las IES. Es así como existen varias leyes, decretos, resoluciones y documentos de política, como la Ley 749 de 2002, que organiza el servicio público de la educación superior en las modalidades de formación técnica profesional y tecnológica y define la formación por ciclos y los títulos que se otorgan en estos niveles. El Decreto 1781 de 2003 definió y reglamentó por primera vez los Exámenes de Estado de Calidad de la Educación Superior (ECAES) (actualmente pruebas Saber Pro y Saber TyT) como una prueba de carácter voluntario dirigida a los estudiantes de pregrado. Esta normativa fue declarada inexecutable por la Corte Suprema, quien dio plazo al MEN hasta el 31 de diciembre de 2008 para proceder a la reglamentación, en colaboración con el Icfes, para la realización de las evaluaciones ECAES; es decir, que a partir de ese momento se cuenta con el respaldo jurídico para coordinar y evaluar la calidad del sistema educativo colombiano.

Por otra parte, el Decreto 2566 de 2003 estableció las condiciones mínimas de calidad y demás requisitos para el ofrecimiento y desarrollo de programas académicos de educación superior. La Resolución 3462 de 2003 definió las características específicas de calidad para los programas de formación hasta el nivel profesional por ciclos propedéuticos en las áreas de ingeniería, tecnología de la información y administración y el Decreto 2230 de 2003 modificó la estructura del MEN y creó la Comisión Nacional Intersectorial de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior (CONACES). En el 2005, el Consejo Nacional de Acreditación (CNA) publicó los “Indicadores Específicos para los procesos de autoevaluación con fines de acreditación de los programas de educación superior técnicos y tecnológicos” (Consejo Nacional de Acreditación, 2005) que proporcionan referentes empíricos y verificables de la calidad de estos programas. En estos se precisa las competencias relacionadas con

los dominios cognitivos en un campo de formación particular y con los dominios prácticos de dicho campo donde se usa y aplica el conocimiento en diferentes contextos. De igual manera, el MEN promulgó en 2007 y 2010 los lineamientos de política pública sobre educación superior por ciclos secuenciales y complementarios y por competencias, documentos de trabajo que han guiado el diseño curricular de los programas existentes hasta la fecha, pero que aún no han sido aprobados de manera oficial.

Recientemente, el MEN emitió el Decreto 1330 de 2009 que reglamenta el registro calificado de que trata la Ley 1188 de 2008 y el Sistema de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior. Esta norma integra y da un valor importante a los “resultados de aprendizaje, ...concebidos como las declaraciones expresas de lo que se espera que un estudiante conozca y demuestre en el momento de completar su programa académico” (Ministerio de Educación Nacional, 2009), aspecto que está en concordancia con las competencias evaluadas en la prueba Saber TyT. La normatividad nacional que regula el ciclo de formación comprendido por los niveles técnico profesional y tecnológico indica el carácter secuencial y complementario (propedéutico) de estos y la cualidad de ser teóricamente compatibles con el objeto de conocimiento de la ocupación, disciplina o profesión que se pretende desarrollar. Sin embargo, cabe aclarar que la prueba Saber TyT se aplica tanto a estudiantes de programas organizados por ciclos propedéuticos, como a estudiantes de programas de carácter terminal.

El conjunto de competencias generales y específicas desarrolladas a lo largo de la formación técnica y tecnológica debe brindar a los participantes unos radios de acción laboral y social acordes con sus expectativas e intereses, con las exigencias del mundo del trabajo y con los requerimientos de preservación y conservación de los recursos (sustentabilidad), entre otros aspectos. En el primer nivel (técnico profesional) se acentúa la formación práctica y se sientan las bases de los conocimientos tecnológicos y científicos, así como de la formación en valores y actitudes. En el campo del desempeño laboral se enfatiza sobre la formación en las capacidades para construir, ensamblar, montar, mantener, operar, medir e interpretar datos, información y conocimientos, entre otros elementos; capacidades que han sido tenidas en cuenta en las especificaciones de la prueba (Jaimes, 2005b).

Dado el carácter secuencial y complementario de los niveles técnico profesional y tecnológico, es claro que existen competencias comunes que deben desarrollarse especialmente en el primer nivel, las cuales deben ser objeto de evaluación y valoración tanto interna (por las IES y los programas) como externa (en este caso, por el Icfes, según lo establece la Ley 1324 de 2009). El Examen de Estado de Calidad de la Educación Superior, Saber TyT, está compuesto por módulos de competencias genéricas² 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 ofertan según los grupos de programas con características de formación similares. Por tanto, el presente módulo pertenece a las competencias específicas.

1.5 Referentes teóricos de la prueba

Tanto la formación técnica profesional como la tecnológica tienen dos núcleos: el básico y el específico o profesional; este último es más de carácter teórico-práctico. Además de la fundamentación científica, intelectual y metodológica, y del desarrollo de las competencias propias de la formación técnica o tecnológica, el referente común en estos niveles está constituido por las competencias esenciales en la formación técnica referidas a la construcción y ensamble, operación, montaje y mantenimiento, medición e interpretación, control y reporte de información, aplicación y adaptación de técnicas y tecnologías, entre otras. Por su parte, la formación tecnológica debe abarcar, en profundidad, competencias como la observación, experimentación y análisis, el modelamiento, la representación y el diseño, la innovación, la capacidad para transferir tecnología, administrar, supervisar y auditar procesos entre otras (Consejo Nacional de Acreditación, 2005). En consonancia, las competencias genéricas o transversales.

son competencias requeridas en un amplio campo de profesiones y ocupaciones y aportan las herramientas requeridas por un trabajador profesional para analizar los problemas, evaluar las estrategias a utilizar y aportar soluciones pertinentes en situaciones nuevas. Están presentes por lo general en la mayoría de las labores que se le presentan a un sujeto en los distintos campos profesionales (Ministerio de Educación Nacional, 2007).

2 Junto con el MEN se han definido los constructos y competencias que se evalúan con los módulos genéricos.

Más concretamente, tienen relación con las llamadas competencias instrumentales o procedimentales, las interpersonales y las sistémicas y con las competencias específicas. Las primeras “brindan las herramientas claves tanto para el aprendizaje como para el desempeño en el mundo del trabajo” e incluyen las llamadas competencias sistémicas que se logran, entre otros aspectos, mediante una “combinación de comprensión, sensibilidad y conocimientos que permiten identificar las partes de un todo y las relaciones entre las partes que generan la estructura de totalidad” y las segundas (específicas), “son las requeridas para el desempeño de una ocupación en concreto, están relacionadas más con funciones o puestos de trabajo. Aportan al estudiante o al trabajador los conocimientos, actitudes, habilidades y valores propios de cada profesión y actividad laboral” (Ministerio de Educación Nacional, 2007, págs. 10-11). Un análisis conceptual y taxonómico de competencias se puede consultar también en Jaimes A., (2005a) y Ministerio de Educación Nacional (2010).

Las competencias transversales representan el punto común entre los diseños curriculares basados en el desarrollo de competencias disciplinares o en los referenciados en competencias laborales, como es el caso de las competencias definidas en el Catálogo Nacional de Cualificaciones, promulgado por el MEN. A este respecto, desde hace varios años, el MEN ha venido trabajando en el diseño, desarrollo y la implementación del Marco Nacional de Cualificaciones (en adelante, MNC) y del Catálogo Nacional de Cualificaciones (en adelante, CNC). Ambos instrumentos pretenden, por un lado, reconocer los saberes, habilidades y destrezas que han acumulado las personas a lo largo de toda la vida, estén o no reconocidos por un título y, por otro, determinar y clasificar las competencias que debe tener una persona para desempeñar su labor en el sector productivo de forma eficiente. Además, representan una forma de articular las necesidades sociales y del mundo laboral con los procesos educativos y formativos y promover la movilidad y la comparabilidad internacional (Ministerio de Educación Nacional, 2017).

Hasta ahora se han construido algunos catálogos de cualificaciones que abarcan parcialmente nueve sectores: minero, salud, cultura, agricultura, aeronáutico, transporte, minas y energía, educación y tecnologías de la información y las comunicaciones. Con base en el CNC, las IES podrán crear programas basados en competencias laborales o profesionales, cuyos estudiantes deben también aplicar a las pruebas de estado diseñadas por el Icfes. El MNC para Colombia cuenta con ocho niveles de cualificación, cada uno definido en términos de tres descriptores:

conocimientos, habilidades y destrezas, los cuales se asocian y enuncian en una descripción general de lo que se espera que una persona conozca, comprenda y sea capaz de hacer al final de un proceso de aprendizaje. Estos niveles cubren la educación básica, secundaria y superior (pregrado y posgrado), la educación para el trabajo y el desarrollo humano, la formación profesional integral y los procesos de reconocimiento, evaluación y certificación de competencias adquiridos por vía no formal o informal.

Ensamblar, montar, instalar, mantener y operar máquinas y equipos eléctricos, mecánicos, electrónicos, hidráulicos o neumáticos ya sea de forma aislada o combinada, formando sistemas electromecánicos o mecatrónicos de baja o alta complejidad son actividades que comúnmente deben desarrollar los técnicos, los tecnólogos y los ingenieros encargados de la producción de bienes en empresas manufactureras o industriales o de prestación de servicios en empresas encargadas del suministro de energía, transporte, cuidado de la salud, recreación, defensa, etc. El ensamblaje, el montaje y la instalación involucran acciones de unir, ajustar, armar o acoplar diferentes partes o piezas para configurar máquinas, equipos o sistemas de acuerdo con las especificaciones basadas en normas técnicas nacionales e internacionales de institutos de normalización y metrología, agremiaciones e instituciones que agrupen un reglón específico de la industria y la economía, al igual que normas desarrolladas por las empresas cuando los requerimientos técnicos superan lo indicado en las normas nacionales e internacionales o son mezcla o complemento de requerimientos entre normas. De esta manera, el *mantenimiento* se refiere al conjunto de acciones y cuidados necesarios para el adecuado funcionamiento de las máquinas, aparatos o sistemas, los cuales pueden ser de tipo preventivo o correctivo. De igual manera, la *operación* se refiere a la ejecución de procedimientos, por lo general de tipo secuencial, que permiten poner en marcha, realizar trabajos o parar máquinas, equipos o sistemas de acuerdo con instrucciones precisas.

Por su parte la electromecánica, aunque puede formar parte de sistemas mecatrónicos, se refiere más al diseño, instalación, operación y mantenimiento de máquinas, equipos, accionamientos e instrumentos dedicados a la generación, transmisión, distribución y uso de la energía eléctrica y la energía mecánica en los cuales se involucran también áreas como la neumática y la hidráulica.

Finalmente, el reciente giro mundial hacia la cuarta revolución industrial y el consecuente desarrollo de los sistemas ciberfísicos³ ha traído consigo la integración de áreas como la computación, la sensórica, el control, las redes y las comunicaciones; estos aspectos complejizan el ensamblaje, pero facilitan el mantenimiento y la operación de las máquinas, los equipos y los sistemas. En consecuencia, se precisa considerar a corto plazo la evaluación de las competencias y capacidades requeridas para efectuar estas acciones. Cabe señalar que dieron origen a la industria 4.0⁴, considerada la cuarta revolución industrial y el uso de las redes 5G al internet de las cosas (IoT)⁵.

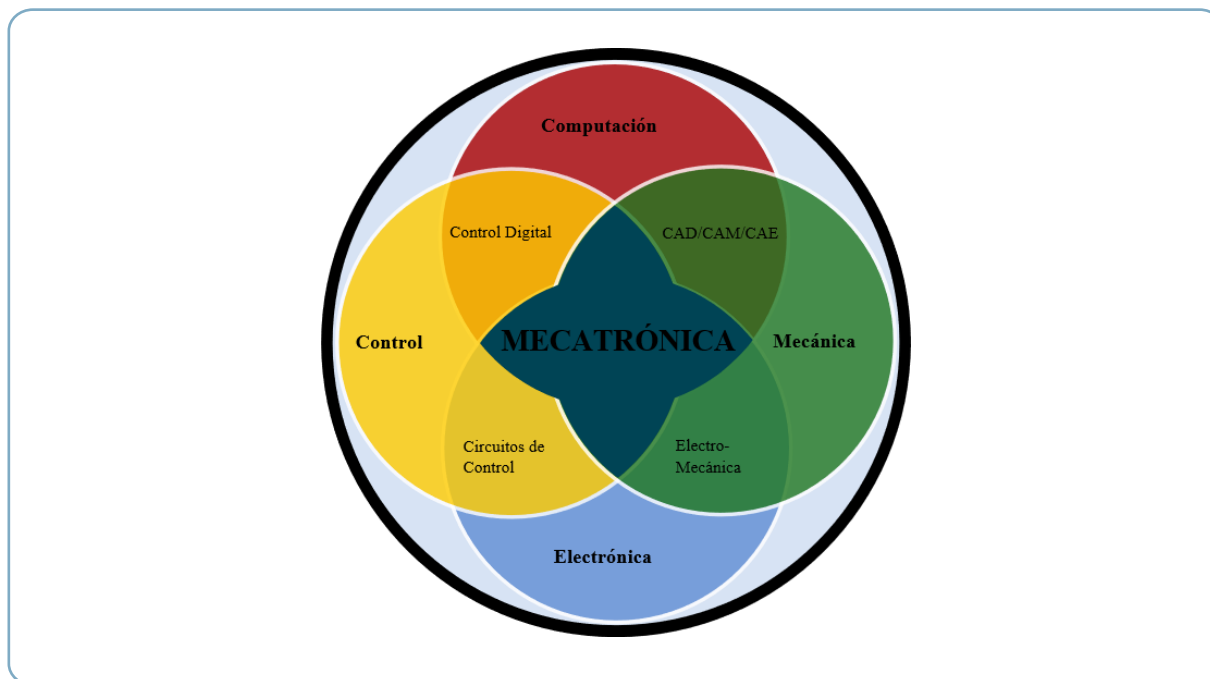
La mecatrónica, es un área del conocimiento que resulta de la combinación de varias disciplinas como la electrónica, el control, la informática, la electricidad y la mecánica. Las intersecciones resultantes entre todas estas áreas contienen las competencias electromecánicas, las de CAD, CAM y CAE (requeridas para el diseño gráfico, el modelamiento y la construcción de piezas), las competencias para el control digital y el control análogo, que son la base de los procesos automatizados. En síntesis, las áreas mencionadas manejan competencias que se pueden considerar transversales a programas técnicos profesionales y tecnológicos en mecánica industrial, mantenimiento mecánico o eléctrico, electricidad, montajes industriales, procesos de manufactura, metalmecánica, automatización industrial y demás programas afines que desarrollen las competencias establecidas en el módulo objeto de este marco de referencia. La robótica, por su parte, es un resultado transdisciplinario de la mecatrónica. En esa medida, la ilustración 1 muestra un diagrama de Venn que contiene las ramas o áreas que conforman la mecatrónica.

3 Denominamos así aquellos sistemas inteligentes interconectados con procesadores, actuadores y sensores embebidos, que son diseñados para interactuar con el mundo físico (incluidos los seres humanos). Estos aparatos realizan, en tiempo real, un desempeño eficiente en condiciones de seguridad crítica.

4 La Industria 4.0 está definida como la introducción de tecnologías de origen digital en el proceso productivo de las industrias o, lo que es lo mismo, la inherente transformación digital de estas.

5 El internet de las cosas (en inglés, *Internet of Things*, abreviado *IoT*; IdC, por sus siglas en español) es un concepto que se refiere a una interconexión digital de objetos cotidianos a través de internet.

Ilustración 1. Diagrama de Venn en el que se describen las ramas que conforman la Mecatrónica



Tomado de: Siddharta-Najera. 2009

1.6 Historia del módulo

Los Exámenes de Estado, como pruebas académicas de carácter oficial que tienen por objeto identificar los niveles mínimos de conocimientos, habilidades y destrezas en estudiantes de los programas de Educación Superior, fueron instaurados en la Ley 30 de 1992, artículo 27. Sin embargo, los ECAES solo se comenzaron a aplicar en el año 2002 a estudiantes de programas académicos de pregrado del nivel universitario. Entre los programas evaluados se encontraban ingeniería mecánica, derecho y medicina (Icfes, 2009).

El ECAES de ingeniería mecánica del año 2002 se estructuró en dos campos: uno de formación básica y el otro de formación profesional. El primer campo de Formación Básica que incluyó las áreas de matemáticas, física, química, humanidades y

área económico administrativa y, un segundo campo de Formación en Ciencias Básicas de Ingeniería y Formación Profesional y el segundo consideró las áreas de Mecánica y Diseño de Máquinas, Termo-Fluidos, Materiales de ingeniería, Procesos de Manufactura, Interdisciplinaria y Pensamiento crítico. Los procesos de pensamiento que se incluyeron en la evaluación de los contenidos fueron comprensión, aplicación y análisis. Este examen se coordinó con la colaboración de la Asociación Colombiana de Ingenieros –ACIEM– y a partir de allí se definieron las especificaciones, la estructura del examen y el tipo de preguntas que se aplicaron a los estudiantes de los programas de Ingeniería Mecánica. En 2003 y 2004 se evaluaron los estudiantes de último año de 43 programas académicos de pregrado, dentro de los cuales se encontraban 15 programas de ingeniería. En noviembre de 2004, el Icfes y la Asociación Colombiana de facultades de ingeniería- Acofi, firman un convenio para la elaboración del Marco de Fundamentación Conceptual y Especificaciones de Prueba para los programas de Ingeniería Mecánica del país, el cual se publica en Julio de 2005. En este mismo año se aplicó por primera vez el ECAES a estudiantes de programas técnicos profesionales y tecnológicos en las áreas de Electrónica y afines, y de Sistemas y afines; y en el 2006, se incluyó el área de administración. La elaboración de los documentos marco y el diseño de las pruebas se efectuó con la colaboración de la Asociación Colombiana de Instituciones de Educación Superior con Programas de Formación técnica profesional, tecnológica o universitaria (ACIET).

En el 2008 se inició la adaptación de un examen de competencias genéricas desarrollado en ACER (Australian Council for Educational Research) para estudiantes de educación superior. El examen fue aplicado preliminarmente entre los años 2008-2009 y de manera definitiva en noviembre de 2009 a los estudiantes de los programas que no contaban con exámenes específicos hasta ese momento (Icfes, 2011). Con la expedición de la Ley 1324 de 2009 se estableció un marco normativo que fijó los parámetros y criterios que rigen la organización y funcionamiento del sistema de evaluación de resultados de calidad de la educación. En virtud de esta nueva reglamentación, la aplicación de Saber Pro, como se denominó la prueba en ese momento, presentó algunas particularidades por el aumento significativo de la población evaluada, consecuencia de la obligatoriedad de su presentación como requisito de grado, y a la incorporación de nuevas competencias evaluadas, definidas en el proyecto de reestructuración del examen.

A comienzos del 2011, se convocó a un grupo de expertos del Instituto Tecnológico de Soledad (ITSA), del Instituto Tecnológico del Putumayo (ITP), de la Universidad tecnológica Simón Bolívar, de la Fundación de educación superior San José, del Tecnológico Pascual Bravo y de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, con el fin de identificar las competencias comunes y los tipos de desempeños asociados a estas, correspondientes a programas relacionados con los campos de la electromecánica, la electrónica y la mecatrónica. Fue así como se establecieron inicialmente diez competencias transversales y 35 desempeños relacionados con los programas mencionados, incluyendo programas de los campos de procesos industriales y agroindustria.

Adicionalmente, se adoptó el enfoque del el DCE. Con ello, se convocó a ACOFI (en el 2010) y a la Red de Instituciones Técnicas Profesionales, Tecnológicas y Universitarias Públicas (REDTTU) (en el 2011) con el objetivo de definir el marco de referencia y las especificaciones de las pruebas de ingeniería para los programas técnicos profesionales y tecnológicos. Estas fueron: administración y turismo; ciencias agropecuarias; diseño; ingeniería, industria y minas; salud, y tecnologías de la información y las comunicaciones.

Como resultado de este último proceso, se elaboraron las especificaciones y se diseñó la prueba piloto, del módulo “Ensamblaje, Mantenimiento y Operación de Maquinaria y Equipos”, la cual se aplicó a finales de 2011 y comienzos de 2012. Esta versión inicial fue aplicada a estudiantes de 70 programas de los niveles técnico profesional y tecnológico de todo el país. Posteriormente, con base en los resultados del 2011 y 2012, se revisaron y actualizaron las especificaciones de la prueba. Para ese proceso, se convocó a un grupo académicos expertos de diferentes áreas, quienes presentaron los resultados del trabajo en agosto de 2013. En diciembre de ese mismo año se hizo un nuevo ajuste a las especificaciones, con base en los resultados de algunas validaciones. En abril de 2014, REDTTU creó un comité técnico para definir las Áreas Conceptuales de Referencia (ACR), ajustar nuevamente las especificaciones, y así proporcionar criterios y elementos más precisos para elaborar las preguntas y elevar la validez y confiabilidad de la prueba. Los lineamientos revisados y ajustados se consolidaron en septiembre de 2014 y son los que han guiado el diseño de las preguntas, el desarrollo, el análisis de la prueba y la presentación de los resultados a la comunidad académica del país.

Diseño de la prueba

El diseño de las pruebas se basa en el DCE. Esta metodología permite concebir, diseñar, aplicar y usar los instrumentos de evaluación o pruebas⁶. Una explicación de los elementos que constituyen el modelo se encuentra en Icfes (2018):

El DCE concibe la evaluación como un proceso de razonamiento que parte de la información (necesariamente limitada) de lo que hacen los estudiantes en la situación de evaluación para llegar a afirmaciones de lo que saben y pueden hacer en el mundo real. El DCE es un conjunto de prácticas que sirven para clarificar las inferencias que se pretenden hacer de los sujetos a partir de sus puntuaciones en las evaluaciones y para determinar cómo proporcionar la mejor evidencia posible para poder realizar con garantías dichas inferencias, dentro del marco de las condiciones particulares de cada programa de evaluación. De algún modo, el DCE constituye una manera de formalizar, documentar y ampliar las mejores prácticas de la construcción tradicional de pruebas o evaluaciones y contribuye de manera decisiva al argumento de validez de la evaluación, al requerir un vínculo explícito y documentado entre el objetivo de la prueba, las afirmaciones que se desea realizar sobre los examinados, la evidencia que hace posible tales afirmaciones y las respuestas de los sujetos a las tareas que proporcionan dicha evidencia (Zieky M., 2014, pág. 85).

Si bien el diseño de evaluación adoptado sigue los pasos o estratos definidos por el DCE, el diseño de las especificaciones de las pruebas que evalúan la calidad de la educación en Colombia se enfoca en cuatro estratos fundamentales: el análisis del dominio; la especificación de las afirmaciones; la definición de las evidencias, y el desarrollo de tareas, a partir de los cuales se construirán las preguntas o ítems de las pruebas. De manera resumida, el *dominio* reúne la información que permite identificar el conjunto de conocimientos, habilidades y destrezas (CHD) que la evaluación pretende medir y, así, determinar el propósito de la prueba. Las *afirmaciones* definen aquello que es posible decir de los CHD de los evaluados. Las *evidencias* apoyan las afirmaciones y describen los aspectos de una conducta o producto observable que sustentan la conclusión de que un individuo tiene los CHD que constituyen el dominio de una prueba. Las *tareas* describen cómo estructurar las situaciones que se necesitan para obtener las evidencias y definen escenarios, o ambientes, normalmente problemáticos, que requieren de una solución mediante una acción o producto observable que manifiesta la posesión de una habilidad que se quiere medir (Icfes, 2018).

⁶ “Instrumento de evaluación” y “prueba” se toman aquí como conceptos similares.

Los rasgos principales que determinan la calidad de un instrumento de evaluación son la confiabilidad y la validez. El primero es un indicador de la consistencia con que una prueba mide un rasgo a través de un periodo de tiempo y diferentes participantes. La validez hace referencia al grado en el que el instrumento mide los CHD, o rasgos latentes para los que fue diseñado. El DCE articula la línea o cadena de razonamiento que explica por qué los resultados de la prueba se relacionan con los CHD que la prueba pretende medir y preserva la prueba a través del tiempo, ya que permite tanto la construcción de nuevas tareas, similares a tareas preexistentes que han sido calibradas estadísticamente, como el armado de nuevas pruebas paralelas a las ya aplicadas (Mislevy *et al.*, 2017, p. 23), mencionado en Icfes, (2018).

2.1 Definición del objeto de evaluación

La competencia general que evalúa el presente módulo es la *Capacidad para comprender el funcionamiento de máquinas y equipos, identificar, evaluar y resolver problemas asociados con la operación y el mantenimiento de estos y, la aplicación de normas técnicas para su ensamble, instalación y mantenimiento, teniendo en cuenta aspectos de seguridad industrial e impacto ambiental*. En general, el módulo se orienta a recopilar evidencias que den cuenta del desempeño en el dominio cognitivo (que involucra categorías tales como recordar, comprender, aplicar, analizar y evaluar) y en el aspecto procedimental, y no considera los dominios afectivo ni psicomotor (relacionado con las destrezas físicas), por la dificultad que implica evaluar estos tópicos en una prueba de lápiz y papel.

Las dimensiones relacionadas con el módulo están asociadas con problemas comunes y con competencias específicas que desarrollan los programas académicos de las áreas de la mecánica, la electricidad, la electrónica y afines que aplican a este módulo y que están inmersos en el área de ingeniería, industria y minas. Estas dimensiones son también parte del desempeño laboral en el sector productivo de los técnicos profesionales y los tecnólogos.

2.2. La estructura del objeto de evaluación

El módulo se estructura en cuatro afirmaciones y doce evidencias. Para abordar este módulo, los estudiantes requieren del manejo y aplicación de conocimientos,

habilidades y destrezas relacionados con las áreas de electricidad, electrónica, mecánica, mecatrónica, hidráulica, neumática, seguridad industrial e impacto ambiental. A continuación, se relacionan las afirmaciones y evidencias que dan cuenta de las competencias que se evalúan en la prueba desagregadas en la tabla 1.

Tabla 1. Especificaciones del módulo

Áreas conceptuales	Electricidad, electrónica, mecánica, mecatrónica, hidráulica, neumática, seguridad industrial, impacto ambiental.
Afirmación	Evidencia
1. Aplicar conocimientos técnicos para identificar y organizar actividades propias del montaje e instalación de equipos y maquinaria, interpretar planos y aplicar normas técnicas.	1.1 Interpreta en planos, diagramas o esquemas, la simbología y los procedimientos que se requieren para el ensamblaje de máquinas y equipos. 1.2 Analiza el funcionamiento de los elementos constitutivos de un sistema eléctrico, electrónico, mecánico, hidráulico y/o neumático. 1.3 Analizar opciones de procedimientos para el ensamble y montaje de maquinaria y equipos, con base en normas y conocimientos técnicos. 1.4 Identifica elementos, dispositivos o equipos de medición y herramientas usados en la instalación y ensamblaje de equipos y analiza resultados de mediciones.

Continúa en la siguiente página

Afirmación	Evidencia
2. Conoce y aplica metodologías de gestión de mantenimiento.	2.1 Selecciona los procedimientos o acciones requeridos en la programación, ejecución o evaluación de un plan de mantenimiento preventivo, predictivo o correctivo. 2.2 Aplica una metodología de análisis para la detección de fallas incipientes y/o catastróficos de un equipo o máquina. 2.3 Interpreta o analiza documentación relacionada con gestión de mantenimiento. 2.4 Compara o evalúa planes y actividades de mantenimiento preventivo y predictivo.
3. Conoce y analiza el funcionamiento básico de máquinas o equipos.	3.1 Identifica secuencias lógicas de la operación de máquinas o equipos. 3.2 Diferencia tipos de equipos y máquinas de uso industrial y su funcionamiento.
4. Conoce y aplica conceptos y normas de Seguridad Industrial, salud ocupacional e Impacto Ambiental.	4.1 Evalúa procedimientos o acciones de seguridad industrial relacionada con el montaje, la instalación, la puesta en marcha y/o el mantenimiento de máquinas o equipos. 4.2 Recomienda acciones para minimizar el impacto ambiental de actividades de ensamblaje, instalación o mantenimiento de máquinas o equipos.

2.3. Temas o áreas que evalúa el módulo

A continuación, se presentan las áreas conceptuales de referencia (ACR). Un ACR, en este caso, corresponde a un campo del conocimiento o a un campo de acción profesional u ocupacional que es transversal a varios programas y que es susceptible de ser evaluados en una prueba de lápiz y papel. Uno de los propósitos de establecer las ACR es aumentar la validez y la confiabilidad de la prueba y brindar a los constructores unos referentes para elaborar los ítems. Para establecer las ACR, se tuvieron en cuenta los campos del conocimiento más relevantes para la mayoría de los estudiantes que aplican la prueba, contenidos en las áreas de electromecánica, electrónica y mecatrónica.

La tabla 2 muestra las ACR relacionadas con electromecánica, electrónica y mecatrónica indicando algunos objetos tecnológicos, actividades o situaciones a los que aplican estas áreas de referencia. Los objetos tecnológicos corresponden a dispositivos, instrumentos, elementos, equipos, máquinas, instalaciones, circuitos o sistemas de tipo eléctrico, electrónico, mecánico, hidráulico o neumático.

Tabla 2. Áreas Conceptuales de Referencia y objetos tecnológicos relacionados

I. Electromecánica

Área conceptual de referencia		Objetos tecnológicos relacionados
	Temas por evaluar	
1. Instalaciones electromecánicas	1.1 instalaciones eléctricas industriales, comerciales y residenciales	Técnicas de instalación. Incluye los aspectos o temas relacionados con símbolos eléctricos, circuitos en serie, paralelos y mixtos (concepto y funcionamiento, aplicaciones de leyes que rigen los sistemas eléctricos, cálculos sencillos de circuitos), puestas a tierra (conceptos, funciones y especificaciones).
		Tableros eléctricos acometidas eléctricas para instalaciones, maquinaria o equipos.
		Motores, tableros eléctricos, transformadores de distribución, equipos electrónicos, interruptores termomagnéticos, interruptores y relés diferenciales, relés térmicos, DPS, varistores, supresores de picos.
		Técnicas y métodos de medición de parámetros eléctricos.
		- Instalaciones eléctricas. - Motores. - Tableros Eléctricos. - Transformadores.

Continúa en la siguiente página

Área conceptual de referencia		Objetos tecnológicos relacionados
	Temas por evaluar	
1.2 Instalaciones mecánicas	Puesta a punto de máquinas. Abarca los tópicos de alineación, nivelación y anclajes.	- Máquinas mecánicas. - Máquinas eléctricas (motores eléctricos, grupos electrógenos y otros).
	Procedimientos secuenciales lógicos para instalaciones mecánicas.	Maquinaria rotativa: que incluye motores eléctricos, compresores, bombas y similares.
1.3 Instalaciones hidráulicas y neumáticas	Selección, instalación y funcionamiento de equipos, dispositivos y elementos electrohidráulicos y electroneumáticos. Simbología, funcionamiento, operación, interpretación de planos.	Maquinaria hidráulica o neumática para procesos industriales

Continúa en la siguiente página

Área conceptual de referencia		Objetos tecnológicos relacionados
	Temas por evaluar	
2. Ensamble electromecánico y operación de máquinas y equipos	Selección, instalación y funcionamiento de máquinas mecánicas, con énfasis en tipos, principios de funcionamiento, aplicaciones.	- Máquinas de elevación y transporte (bandas de transporte, puente grúas y similares). - Bombas (centrifugas, de engranajes y similares). - Máquinas herramientas: tornos, fresadoras, taladros de banco, limadoras, herramientas manuales y similares).
	Selección, funcionamiento, montaje y desmontaje de elementos de máquinas eléctricas y mecánicas con énfasis en tipos, principios físicos y aplicaciones.	- Elementos mecánicos: Rodamientos, engranajes, correas, poleas, mecanismos mecánicos, acoples, tornillería, etc. - Equipos mecánicos: Bombas, compresores, turbinas calderas, sistemas de aire acondicionado, refrigeración y similares. - Elementos eléctricos: Contactores eléctricos, motores eléctricos (monofásicos, bifásicos y trifásicos, relés, interruptores, pulsadores, tableros eléctricos, protecciones eléctricas y similares).
	Sistemas de medición eléctrica y unidades eléctricas (de tensión, corriente, resistencia, impedancia, potencia activa, reactiva, aparente, energía, frecuencia, factor de potencia, corrección del factor de potencia, armónicos).	Voltímetros, amperímetros, vatímetros, <i>megg</i> ers, medidores de puesta a tierra, termógrafos, osciloscopios, generadores de funciones (de onda cuadrada, diente de sierra, sinusoidales, etc.).

Continúa en la siguiente página

Área conceptual de referencia		Objetos tecnológicos relacionados
	Temas por evaluar	
3. Mantenimiento electromecánico	Identificación, localización y solución de fallas en maquinaria electromecánica.	- Maquinaria rotativa y equipos como: motores eléctricos, compresores, motores de combustión, maquinas térmicas, maquinaria de elevación y transporte, hidráulica y neumática y en general maquinaria para procesos industriales.
	Metrología.	- Sistemas de unidades: Internacional, MKS, CGS. Unidades Básicas, derivadas y conversiones. Calibrador pie de rey, micrómetros, calibradores de roscas, indicadores de carátula, manómetros, medidores de temperatura, humedad y demás instrumentos similares de metrología mecánica, eléctrica, electrónica, óptica, acústica, termodinámica, etc.
	Planeación de actividades de mantenimiento.	Actividades de mantenimiento preventivo (incluyendo inspección, lubricación y procedimientos de mantenimiento), actividades de mantenimiento predictivo (incluyendo termografía, análisis de vibraciones, ultrasonido, medición de estado de devanados de motores, mediciones eléctricas y similares) y actividades de mantenimiento correctivo.

Continúa en la siguiente página

Área conceptual de referencia		Objetos tecnológicos relacionados
	Temas por evaluar	
4. Seguridad industrial e impacto ambiental	Riesgos físicos, químicos y ergonómicos.	- Riesgos físicos como ruido, presiones, temperatura, iluminación, vibraciones, radiación electromagnética, etc. - Riesgos químicos provocados por: polvos, vapores y gases nocivos, líquidos nocivos, etc. - Riesgos ergonómicos relacionados con incorrecto diseño de lugar de trabajo e instalaciones, uso inadecuado de muebles, herramientas o equipos, y organización inapropiada de tareas a ejecutar.
	Elementos de protección personal.	Para soldadura, protección contra riesgos eléctricos, protección en operación de máquinas y equipos, protección contra riesgos químicos.
	Manejo de residuos sólidos y líquidos.	Disposición de lubricantes usados, de sustancias químicas líquidas o sólidas usadas o producidas durante un proceso industrial.
	Evaluación de condiciones ambientales.	Nivel de ruido, humos y gases emitidos al ambiente. Procedimientos en caso de derrames o emisión de sustancias que afecten el medio ambiente.

Continúa en la siguiente página

II. Electrónica

Área conceptual de referencia		Objetos tecnológicos relacionados
	Temas por evaluar	
1. Mantenimiento electrónico	Identificación, localización y solución de fallas en sistemas y equipos electrónicos.	- Incluye fuentes de alimentación (Voltaje y corriente), sistemas de regulación y control análogo y digital. - Sistemas de Amplificación discretos e integrados. Sistemas de oscilación discretos e integrados. - Sistemas realimentados. - Sistemas con microcontroladores. - Sistemas con Controladores Lógico-programables (PLC). - Sensores. - Sistemas automatizados.
	Metrología.	Incluye equipos como voltímetros, amperímetros, vatímetros, meggers, medidores de puesta a tierra, termógrafos, osciloscopios, etc.
	Planeación de actividades de mantenimiento.	Incluye actividades de mantenimiento preventivo (mediciones eléctricas, programas de inspección y evaluación) y mantenimiento predictivo (incluye termografía e inspección de tarjetas electrónicas).

Continúa en la siguiente página

Área conceptual de referencia		Objetos tecnológicos relacionados
	Temas por evaluar	
	Sistemas de medición electrónicos para prácticas de mantenimiento correctivo y preventivo, medición y control.	- Osciloscopios analógicos y digitales, multímetros, generadores de frecuencia AF y RF, generadores de funciones, amperímetros, voltímetros, termógrafos, equipos de medición láser (interferómetros) - Vectoroscopios.
	Componentes, simbología electrónica y circuitos básicos de rectificación, fuentes de alimentación, amplificación, regulación, oscilación, componentes digitales, tecnologías TTL y CMOS, lógica combinacional, lógica secuencial, sistemas programables, componentes especiales para control y potencia (SCR, TRIAC, UJT PUJT y otros), microcontroladores, lectura de planos.	Fuentes de alimentación, amplificadores de audio, osciladores, controles industriales, sistemas de cálculo, sistemas temporizadores digitales, circuitos digitales combinacionales y secuenciales, sistemas de memorización de datos.
	Montaje y desmontaje de elementos de tarjetas impresas, equipos para soldar y desoldar, tipos de soldadura en tarjetas impresas.	Estaciones de soldadura y desoldadura, cautines, soldaduras para electrónica, controles de temperatura.

Continúa en la siguiente página

III. Mecatrónica⁷

Área conceptual de referencia		Objetos tecnológicos relacionados
	Temas por evaluar	
1. Robótica móvil	Diseño y ensamble de robots móviles según parámetros de competencia (seguidores de línea, seguidores de luz, etc.)	Motores DC, motores paso a paso, Servomotores, Sensores, microcontroladores, Programación, Mecanismos, Sistemas de transmisión de movimiento.
2. Domótica	Automatización del hogar. Estándares y normatividad. Sensores y actuadores.	- Sensores: capacitivos, inductivos, de presencia, detectores de humo, infrarrojos, motores DC, AC y paso a paso. - Programación de Microcontroladores. - Control por PC.
3. Programación de dispositivos electrónicos	Programación de dispositivos electrónicos para la automatización de procesos.	- PLC. - Microcontroladores - FPGA.

⁷ Se propone adicionar una ACR denominada Industria 4.0 que incluya los siguientes temas por evaluar: características de la industria 4.0, diferencias entre la industria 3.0 y la 4.0, sistemas ciber-físicos, identificación por radio-frecuencia (RFID), mantenimiento inteligente, condiciones de monitoreo, comunicación Máquina-Máquina, cooperación hombre-robot, pirámide de la automatización, Internet de las cosas (IoT). Los objetos tecnológicos relacionados serían: sistemas industriales inteligentes, redes inteligentes, edificios inteligentes y medidores inteligentes.

2.4. De qué se trata y de qué no se trata la prueba

Este módulo no evalúa competencias de diseño, invención o innovación y no se trata de una prueba en línea basada en *software* de simulación o modelación. El examen no se basa en el conocimiento de normas técnicas particulares de fabricantes, empresas o *clusters* de empresas, normas locales o regionales no reconocidas o aprobadas a nivel nacional o internacional. Los estudiantes no se someten a la interpretación de planos, esquemas o diagramas muy complejos o sofisticados ni al análisis de casos o ejemplos que involucren conceptos avanzados o complejos de estadística o de ingeniería. Tampoco deben asumir o inferir datos o informaciones que no estén explícitos en los enunciados, excepto la información que es de conocimiento básico, por ejemplo, la equivalencia entre unidades para pasar de un sistema a otro. Tampoco debe analizar actividades técnicas de alta complejidad, que podrían desglosarse en actividades más simples.

Cuando se trata de visualizar y analizar despieces, vistas o *renders* de equipos, máquinas o sistemas para efectos de determinar secuencias, etapas o acciones de montaje, instalación, mantenimiento u operación, se procura que los planos, gráficos, esquemas, o demás formas de representación sean sencillos, claros y de tamaño adecuado para facilitar la comprensión y la visualización de los detalles. No se contempla el análisis de equipos o máquinas muy específicos o especializados que involucren *software* o *hardware* de alta tecnología que solo se encuentra en algunas empresas o instituciones, aun cuando se pueden presentar casos de evaluación de conceptos de tecnologías emergentes o de tendencias tecnológicas que se posicionan aceleradamente, como es el caso de la industria 4.0. En el módulo tampoco se abordan aspectos de logística, de gestión ni programación de la producción, de máquinas o equipos. Como ya se ha mencionado, esta prueba evalúa competencias transversales a varios programas de los campos de la electromecánica, la electrónica, la mecatrónica y otros programas afines, y recopila evidencias a través de la ejecución de tareas. Cabe indicar que la simbología utilizada en las tablas o listados de partes de máquinas o equipos de los enunciados y respuestas de las preguntas son las convencionales y normalizadas, por esto son cortos y con un contenido preciso y claro.

2.5. Características de los contextos en los que se relacionan las preguntas

Las preguntas que se aplican en este módulo son individuales y no se vinculan a situaciones problema de las que se desprenden varias preguntas. En ellas se especifican los conceptos, actividades, decisiones, opciones y demás resultados que pueden llevar a la realización de una o varias actividades que dan cuenta del desarrollo de las competencias que se quieren evaluar. Las preguntas se enmarcan en situaciones y problemas comunes que deben resolver los evaluados más que en contenidos curriculares específicos.

El contexto de las preguntas puede incluir la presentación y el análisis de diagramas, planos, esquemas, gráficos, circuitos eléctricos o electrónicos de mando, fuerza o control, componentes, ecuaciones, símbolos, ciclos de trabajo, máquinas o despieces de estas, tablas, descripción de casos, situaciones o problemas de funcionamiento, montaje, instalación o mantenimiento, etc. Sobre estos elementos, los estudiantes deben identificar acciones (correctas o incorrectas), conexiones, fallas, sistemas, partes, estructuras, equipos, procedimientos, impactos (económicos, laborales, ambientales, técnicos), aplicar conceptos, analizar causas de fallas, estados o tipos de funcionamiento, resultados de mediciones, realizar diagnósticos o pronósticos, tomar decisiones, seleccionar equipos, máquinas o herramientas o secuencias de operación, montaje, instalación o mantenimiento, aplicar normas generales y de aplicación regular en higiene, seguridad industrial, salud ocupacional o normas técnicas generales aplicadas al montaje, mantenimiento u operación de maquinaria y equipos, entre otros. Las competencias que se evalúan corresponden a capacidades o conocimientos desarrollados durante la formación y no a resultados propios de la experiencia en el sector productivo o de servicios.

2.6. Limitaciones del módulo

Dada la complejidad logística que implica evaluar directamente en campo o en ambientes productivos reales las capacidades de los estudiantes para realizar, instalación, ensamble, mantenimiento u operación de maquinarias o equipos, el presente módulo no permite observar ni evaluar el desempeño en las acciones o

tareas mencionadas, sino que, mediante la construcción y aplicación de enunciados o preguntas que evocan situaciones de la vida real o la aplicación de conocimientos a determinadas circunstancias, a través de las respuestas, dadas se obtienen evidencias que permiten inferir si un estudiante posee conocimientos o puede resolver tareas fundamentales o significativas relacionadas con su profesión.

Este módulo tampoco evalúa habilidades de razonamiento complejo como sintetizar o argumentar, solucionar problemas complejos que involucran múltiples variables o la fluidez técnica o tecnológica de los participantes, ni las capacidades para crear, diseñar o innovar procesos, aparatos, equipos o máquinas, ya sea de manera individual o colectiva. De igual manera, la prueba no está dirigida a evaluar capacidades en ambientes de aprendizaje en donde se pueden realizar simulaciones de ensamblaje, mantenimiento y operación de máquinas o equipos que permitan observar desempeños de los evaluados en este tipo de situaciones en donde se pueden involucrar acciones imprevistas que complejizan aún más la labor de la evaluación y la recopilación de las evidencias.

Con el advenimiento de la cuarta revolución industrial, se generarán cambios drásticos a nivel tecnológico, industrial, social, económico y en los mercados laborales, ya que surgirán nuevas ocupaciones o profesiones que requieren competencias especializadas en los campos de la realidad aumentada, *Big Data*, la realidad virtual, el conocimiento y manejo de sistemas ciberfísicos y pirámides de automatización, la digitalización de imágenes, procesos y empresas, la integración horizontal y vertical, la profundización de la comunicación hombre-máquina y máquina-máquina, la creciente cooperación entre humanos y robots, la intensificación de las comunicaciones por Radio Frecuencia (soportada en tecnología de quinta generación, 5G), el surgimiento de las fábricas inteligentes, el mantenimiento inteligente, las redes inteligentes y los sistemas de medición inteligentes, entre otros, ver (Regber y Christian, 2017). Todos estos elementos generan cambios disruptivos en las interacciones entre personas, empresas y el Estado, en los métodos de diseño, fabricación y comercialización, lo que provocara que se ensanchen las brechas tecnológicas entre los países y, por ende, surgirán nuevos retos para los organismos encargados de realizar evaluaciones de CHD.

De otra parte, la implementación del Marco Nacional de Cualificaciones colombiano representa para las IES nuevos retos y campos de formación y evaluación y, por

tanto, se debe pensar pensar (en el mediano plazo) en diseñar y construir pruebas específicas que evalúen las competencias que configuran cualificaciones en los niveles que corresponden a la educación superior, considerando, desde luego, principios y criterios de pertinencia, relevancia y consistencia estadística. Para finalizar, cabe indicar varias experiencias y retos futuros para la evaluación de CHD de forma multidimensional y la utilización de los resultados de la evaluación para guiar procesos de aprendizaje y el mejoramiento de los currículos como los planteados por Arieli-Attali, Ward, Thomas, Deonovic, y Von Davier (2019), Zalles, Haertel y Mislevy (2010), Behrens, Mislevy, DiCerbo y Levy (2010), Strain-Seymour, Way y Dollan (2009) y Snow *et al.* (2010).

Referencias

- An Introduction to Evidence-Centered Design. (2015). En R. G. Almond, R. Mislevy, L. Steinberg, D. Yan, & D. Willianson, *Bayesian Networks en Educational Assessment* (Vol. XXXIII, pág. 662). Springer. Recuperado el 17 de abril de 2019, de <http://www.springer.com/978-1-4939-2124-9>
- Arieli-Attali, M., Ward, S., Thomas, J., Deonovic, B., & Von Davier, A. (26 de Abril de 2019). The Expanded Evidence-Centered Design (e-ECD) for Learning and Assessment Systems: : A Framework for Incorporating Learning Goals and Processes Within Assessment Design. *Frontiers in Psychology*, 10, 17. doi:10.3389/fpsyg.2019.00853
- Arquivo Nacional do Brasil. (2018). *Fábrica de motores*. Flickr. Recuperado de: <https://www.flickr.com/photos/arquivonacionalbrasil/43249281064/in/photolist-28TMStJ-m1KWMz-ybMNUr-26hAKSw-W3DRfG-4snnwN-2c9Esdv-25bWQSN-bpzqi9-aLtn9c-P8DQrD-LhxSq4-4TrfXX-bx8uf6-2522J5Y-bLnCUM-63irsy-p1Poir-GcXvb1-UA9ZSJ-dgV5Qa-XCUeFi-amZcsM-TerINQ-dJTLue-2fExaY2-MyQuja-HGJQiq-njGanw-2gjNw8V-yjJ53o-QeYBeN-bTGKve-QX2XYs-RwvbhZ-bYDv75-RkHCaD-GKpbRw-iYkz63-2dfen6i-drbiq5-7vMoos-28eWJXx-hatVhP-QmfitQ-28utWHM-TqbBRv-ekrGh8-eVbsTe-23A8c3p>
- Behrens, J., Mislevy, R., DiCerbo, K., & Levy, R. (December de 2010). *An evidence centered design for learning and assessment in the digital world*. University of California, The National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student Testing, Los angeles. Recuperado el 8 de junio de 2019, de <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED520431.pdf>
- Congreso de la República de Colombia. (8 de Febrero de 1994). Ley 115 de 1994. *Por la cual se expide la ley general de educación*. Bogotá, Colombia: Diario Oficial No. 41.214. Obtenido de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0115_1994.html

Congreso de la República de Colombia. (19 de julio de 2002). Ley 749 de 2002. *Por la cual se organiza el servicio público de educación superior en las modalidades de formación técnica profesional y tecnológica*. Bogotá, Colombia: Diario oficial N° 44.872.

Congreso de la República de Colombia. (13 de julio de 2009). Ley 1324. *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 E*. Colombia. Recuperado el 20 de junio de 2019

Consejo Nacional de Acreditación. (abril de 2005). *Mineduccion. gov. co*. Recuperado el 13 de mayo de 2019, de Guías e Indicadores: https://www.mineduccion.gov.co/CNA/1741/aticles-186376_indicadores_4.pdf

Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (Icfes). (2018). Recuperado el 2 de junio de 2019, de Guía Introductoria al Diseño Centrado en Evidencias: <http://www.icfes.gov.co/documents/201443/516332/Guia+introdutoria+al+diseño+centrado+en+evidencias+2018.pdf>

Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación -ICFES-. (2009). Exámenes de calidad de la educación superior. Técnico profesional en sistemas y afines. *Guía de orientación*, 27. Bogotá, Colombia.

Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación -ICFES-. (marzo de 2011). *Orientaciones par el examen de estado de la educación superior Saber Pro (ECAES)*. Prueba de competencias comunes del área de ingeniería. Bogotá, Colombia.

Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación -Icfes-. (Agosto de 2017). Recuperado el 15 de mayo de 2019, de Guía de orientación-Saber TyT-Competencias Específicas-Módulo de Ensamblaje, mantenimiento y operación de maquinaria y equipos-2017-2.

Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación -Icfes-. (junio de 2019). Recuperado el 25 de junio de 2019, de Guía de orientación Saber TyT 2019-2.

Jaimes A, R. (Marzo de 2005). Globalización y Competencias Profesionales. Profesionales. *Riesgo*(1), 90-104.

Jaimes A, R. (24 y 25 de Noviembre de 2005). Memorias del Seminario de cierre del proyecto MEN-ICFES-INTEP “Centro Piloto de Formación Técnica y Tecnológica en Colombia”. *Un modelo de formación por ciclos propedéuticos en ingeniería y referentes de calidad*. Roldanillo, Valle, Colombia.

Ministerio de Educación Nacional. (2007). Mineducación. Recuperado el 2 de junio de 2019, de Glosario de la Educación Superior: https://www.mineduacion.gov.co/sistemasdeinformación/1735/articles-213912_glosario.pdf

Ministerio de Educación Nacional. (21 de Agosto de 2007). *Política Pública sobre Educación superior por ciclos y por competencias*. Recuperado el 15 de junio de 2019, de Política Pública sobre Educación superior por Ciclos y por Competencias: https://www.mineduacion.gov.co/sistemasdeinformacion/1735/articles-230065_doc_interes1.doc

Ministerio de Educación Nacional. (25 de julio de 2009). Decreto 1330. *Por el cual se sustituye el Capítulo 2 y se suprime el Capítulo 7 del Título 3 de la Parte 5 del Libro 2 del Decreto 1075 de 2015 -Único Reglamentario del Sector Educación*. Colombia. Recuperado el 25 de agosto de 2019

Ministerio de Educación Nacional. (Mayo de 2010). Mineducación. Recuperado el 20 de mayo de 2019, de https://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-239511_archivo_pdf_politica_ciclos.pdf

Ministerio de Educación Nacional. (Diciembre de 2012). Documento Metodológico. *Sistema Nacional de Información de la Educación Superior-SNIES*-,328. Bogotá, Colombia. Obtenido de https://redes.colombiaaprende.edu.co/ntg/men/pdf/Documento_Metodologico_SNIES_2012.pdf

Ministerio de Educación Nacional. (2017). *Introducción al Marco Nacional de Cualificaciones*. Bogotá, Colombia: Eco Emprendedores creativos. Recuperado el 5 de Julio de 2019, de Marco Nacional de Cualificaciones: https://www.mineduacion.gov.co/1759/articles-362828_recurso.pdf

Ministerio de Educación Nacional. (2017). *Marco Nacional de Cualificaciones-Subsector Eléctrico*. Bogotá, Colombia: Eco Emprendedores Creativos. Obtenido de https://www.mineduacion.gov.co/1759/articles-362824_recurso.pdf

Ministerio de Educación Nacional. (s.f.). *Mineduación*. Recuperado el 25 de mayo de 2019, de Educación Técnica y Tecnológica-Diseño de currículos por ciclos propedéuticos: <https://www.mineduacion.gov.co/1759/w3-article-299213.html>

Ministerio de Educación Nacional y Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central. (Noviembre de 2013). Lineamientos para fomentar las Especializaciones Técnicas Profesionales y Tecnológicas en el nivel de educación Superior. Bogotá, Colombia.

Mislevy , R., Haertel , G., Riconscente, M., Rutstein, D., & Zicker, C. (2017). *Assessing Model-Based Reasoning using Evidence- Centered Design: A Suite of Research-Based Design Patterns*. Springer.

Mislevy, R. J., & Riconscente, M. M. (2005). *Evidence-centered design: Layers, structures, and terminology*. Menlo Park: SRI International.

Regber, H., & Christian, M. (2017). *TCM261: Introduction to Industry 4.0 – core elements and business opportunities*. (Festo Didactic SE, Ed.) Denkendorf, Alemania. Recuperado el 2 de Mayo de 2019, de www.festo-tac.de

Riconscente, M., Mislevy, R., & Corrigan , S. (2015). Evidence-Centered Design. En S. Lane, M. Raymond, & T. M. Haladyna (Edits.), *Handbook of Test Development* (2nd ed., págs. 40-63). Obtenido de <https://www.routledgehandbooks.com/doi/10.4324/9780203102961.ch3>

-
- Snow, E., Fulkerson, D., Feng, M., Nichols, P., Mislevy, R., & Haertel, G. (2010). *Leveraging Evidence-Centered Design in Large- Scale Test Development*. SRI International, Center for Technology in Learning, Menlo Park. Recuperado el 20 de junio de 2019
- Strain-Seymour, E., Way, W., & Dollan, R. (2009). *Strategies and Processes for Developing Innovative Items in Large-Scale Assessments*. Pearson. Pearson. Recuperado el 13 de junio de 2019
- Zalles , D., Haertel, G., & Mislevy, R. (2010). *Using Evidence-Centered Design to Support Assessment, Design, and Validation of Centered Progressions*. SRI International.
- Zieky, M. (2014). An introduction to the use of evidence-centered design in test development. *Psicología Educativa*, 20, 79-87.
- Zieky, M. (2016). Evidence-Centered Design. En L. L. Neil J. Dorans (Ed.), *Fairness in Educational Assessment and Measurement*. New York: Taylos & Francys group.



La educación
es de todos

Mineducación