



Análisis de la articulación del diseño curricular del programa de ingeniería electrónica, en relación con los objetivos de aprendizaje asociados a metrología

Jose Eduin Culma Caviedes

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de ingeniería, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Bogotá D.C., Colombia
2019

Análisis de la articulación del diseño curricular del programa de ingeniería electrónica, en relación con los objetivos de aprendizaje asociados a metrología

Jose Eduin Culma Caviedes

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ingeniería – Automatización Industrial

Director:

Ph.D. Oscar Germán Duarte Velasco

Codirector:

Ph.D. Jhon Jairo Ramírez Echeverry

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de ingeniería, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Bogotá D.C., Colombia

Año 2019

(Dedicatoria)

*A Dios por su presencia en todos los
mementos de mi vida, ya que es él quien guía
mis pensamientos y mi actuar.*

A mi familia:

*A mi papá
A mi mamá
A mis hermanos*

*El conocimiento es la mejor inversión que se
puede hacer.*

Abraham Lincoln

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco a los profesores Oscar Germán Duarte Velasco y Jhon Jairo Ramírez, director y codirector. Quienes con su guía y apoyo han hecho posible este trabajo iniciando como investigador en un programa de maestría. Sus aportes y conocimientos a lo largo del desarrollo de esta tesis fueran y serán de gran utilidad en mi formación como investigador.

Agradezco también a los profesores del departamento de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá quienes con su participación en las encuestas realizaron un aporte valioso para este trabajo.

Un gran agradecimiento a los expertos en metrología del sector estado, academia e industria quienes con sus varios aportes en las encuestas aportaron a este trabajo.

Un especial agradecimiento a la Ingeniera Nataly Angélica Barahona Garcia por sus conocimientos en metrología y automatización.

Finalmente, un gran y querido agradecimiento a mi familia por su comprensión, compañía y apoyo a lo largo del desarrollo del estudio de mi maestría. Sus oraciones y consejos impulsaron a estar motivado para el desarrollo como investigador.

Resumen

La integración de metrología en programas como el de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá es importante por su relación con el desempeño del egresado. Por tanto, la evaluación de la articulación de contenidos metrológicos se hizo a través de la construcción de una estructura general (4 fuentes consultadas), la búsqueda de los conceptos de tal estructura dentro de 12 asignaturas seleccionadas, y la comparación cognitiva de éstos (usando taxonomía de Bloom) con los requerimientos de expertos en industria, estado y academia. A partir de los conceptos hallados, se aplicó un DOFA que permitió tanto la construcción de matrices de estrategias para cada sector consultado como una matriz general. La estructura general contó con 5 ejes y 290 conceptos: aproximadamente 47% fueron hallados y cerca de un 18% están articulados adecuadamente en las asignaturas evaluadas (al nivel o por encima de las sugerencias de los expertos). Con DOFA, se destacaron ciertos elementos que el programa podría considerar: integración de un mayor número de contenidos prácticos, conocimiento más profundo de las necesidades de los sectores a través de la consulta a expertos, y reconocimiento de áreas como calidad, metrología industrial y calibración como ejes requeridos por la sociedad. En definitiva, surge una preocupación relativa a la falta de cooperación entre los sectores importantes para metrología, y esto puede ser una amenaza o una oportunidad de mejora que el programa de ingeniería electrónica no debería ignorar en su papel como ente formador.

Palabras clave: Metrología, ingeniería electrónica, taxonomía de Bloom, DOFA.

Abstract

Integrating metrology into curricula, like in the case of Electronic Engineering at Universidad Nacional de Colombia (Bogotá), is important because of its connection with graduate's professional development. Therefore, evaluation of how integrated metrological contents are was carried out through three main activities: building a general conceptual structure using four bibliographical sources, searching those concepts into twelve selected classes syllabuses, and comparing cognitively (by Bloom's taxonomy) the concepts versus requirements by experts in the industry, government, and academia. From found concepts, it was possible to develop a SWOT analysis to create specific strategies matrixes for each sector and a global general matrix. The general conceptual structure has 5 sections and 290 concepts: 47% of the concepts were found into the syllabuses, and about 18% of them were fully integrated, having the required or a higher cognitive level, according to the consulted experts. SWOT analysis allowed to highlight certain elements that the Electronic Engineering program should consider: adopting a more numerous practical content, deepening its knowledge on the different sectors' needs (getting feedback from diverse experts), and acknowledging areas such a quality, industrial metrology, and calibration, as areas that society needs. In conclusion, there is a constant concern from experts about the lack of cooperation among sectors that are metrologically important. This could be considered as a threat or as an opportunity for improvement and, having in mind its role as an educational program, Electronic Engineering at Universidad Nacional de Colombia (Bogotá) should not ignore this.

Keywords: Metrology, Electronic Engineering, Bloom's taxonomy, SWOT.

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Lista de figuras.....	XIV
Lista de tablas	XVII
Introducción	1
Capítulo 1 Marco teórico	5
1.1 Estructura general de conceptos asociados a metrología	5
1.1.1 Documentos internacionales de referencia	7
1.1.1.1 CCT BOK	7
1.1.1.2 Test and Measurement Fundamentals Curriculum Overview by Agilent Accelerated Education Curriculum	9
1.1.1.3 Metrology Handbook, Segunda Edición	9
1.1.2 Documentos nacionales de referencia	10
1.1.2.1 Cursos del INM.....	10
1.2 Generalidades del plan de estudios de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá y relación con metrología	13
1.3 ¿Qué es taxonomía de Bloom?: ¿cómo se relaciona la taxonomía de Bloom con un perfil profesional y sus requerimientos?.....	15
1.4 Cuantificación de perfil profesional y perfil ideal a través de una herramienta computacional.....	18
1.5 Análisis DOFA aplicado a educación: panorama de instituciones de educación superior e ingeniería electrónica.....	19
1.5.1 Definición y generalidades del análisis DOFA: ¿cómo está relacionado con educación?.....	19
1.5.2 DOFA Aplicado a planeación estratégica en educación superior en Colombia: universidades y facultades	22
1.5.3 DOFA Aplicado a programas de ingeniería electrónica en Colombia ..	26
Capítulo 2 Metodología propuesta	29
2.1 Construcción de estructura general de conceptos asociados a metrología....	29
2.2 Evaluación de requerimientos metrológicos con taxonomía de Bloom, aplicada a la estructura general de conceptos.....	32
2.2.1 Determinación de asignaturas para evaluación	33
2.2.2 Selección de expertos en metrología	34
2.2.3 Construcción de encuestas para evaluación de asignaturas y requerimientos por parte de los expertos y análisis de resultados	35

2.2.3.1	Construcción de encuestas para evaluación de conceptos metrológicos abordados en asignaturas del plan de estudios	37
2.2.3.2	Construcción de encuestas para requerimientos por parte de los expertos 38	
2.2.3.3	Análisis de resultados de encuestas	39
2.3	Aplicación de herramienta computacional para resultados de conceptos requeridos por parte de expertos versus conceptos hallados en asignaturas del programa de ingeniería electrónica	39
2.4	Análisis DOFA aplicado a conceptos hallados de acuerdo con los requerimientos de expertos	41
2.4.1	Construcción de encuesta DOFA.....	43
Capítulo 3	Resultados	45
3.1	Estructura general de conceptos de metrología	45
3.2	Resultados de entrevistas.....	51
3.2.1	Resultados de entrevistas a docentes	51
3.2.2	Resultados de entrevistas a expertos en metrología	52
3.3	Resultados de la herramienta computacional.....	53
3.4	Evaluación de requerimientos metrológicos con taxonomía de Bloom, aplicada a la estructura general de conceptos.....	54
3.4.1	Eje 1: Metrología general	55
3.4.2	Eje 2: Sistemas de medida o medición	59
3.4.3	Eje 3: Sistemas de calibración	62
3.4.4	Eje 4: Incertidumbre de medida o medición y matemática aplicada	65
3.4.5	Eje 5: Sistemas y estándares de calidad	69
3.4.6	Análisis global de conceptos metrológicos de acuerdo: comparación total de conceptos sugeridos versus conceptos hallados	72
3.5	Resultados de análisis DOFA	74
3.5.1	Matrices DOFA y de estrategias FO, DO, FA y DA para cada sector..	74
3.5.1.1	Matriz DOFA y de estrategias FO, DO, FA y DA para sector industria	74
3.5.1.2	Matriz DOFA y de estrategias FO, DO, FA y DA para sector estado...	77
3.5.1.3	Matriz DOFA y de estrategias FO, DO, FA y DA para sector academia	80
3.5.2	Matrices DOFA y de estrategias FO, DO, FA y DA global	83
Capítulo 4	Análisis de resultados	87
4.1	Análisis de resultados para estructura general de conceptos de metrología .	87
4.1.1	Análisis metodológico y de resultados para nubes de palabras	87
4.1.2	Análisis de resultados metodológicos para estructura general de conceptos metrológicos.....	92
4.2	Análisis de resultados para evaluación de requerimientos metrológicos con Taxonomía de Bloom aplicada a la estructura general de conceptos	95
4.2.1	Comparación metodológica: perfiles profesionales evaluados con Taxonomía de Bloom	95
4.2.2	Comparación de resultados: resultados internos versus resultados por otros autores.....	100
4.3	Análisis de resultados para análisis DOFA.....	103
4.3.1	Comentarios de expertos durante análisis DOFA.....	103
4.3.2	Comentarios por experto en industria	104

4.3.3	Comentarios por experto en estado	104
4.3.4	Comentarios por experto en academia	105
4.3.5	Comparación con recomendaciones DOFA por PTB.....	105
4.3.6	Comparación con matriz DOFA para la estrategia nacional de la república de Croacia en el campo de la metrología	106
4.4	Fortalezas y oportunidades de mejora.....	107
Conclusiones y recomendaciones		111
5.1	Conclusiones	111
5.2	Recomendaciones	112
A. Anexo 1: Contenidos temáticos en metrología.....		113
B. Anexo 2: Estructura general de conceptos de metrología		146
C. Anexo 3: Estructura de los dos tipos de entrevistas aplicadas		161
D. Anexo 4: Resultados de las entrevistas docentes		169
E. Anexo 5: Resultados encuestas expertos		254
F. Anexo 6: Resultados de la herramienta computacional		270
G. Anexo 7: Resultados sugeridos versus hallados		275
H. Anexo 8: Entrevista DOFA		287
Bibliografía		295

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1: Macro estructura.....	4
Figura 2: Diagrama de proceso para la construcción de estructura general de conceptos asociados a metrología.....	30
Figura 3. Diagrama de proceso para la evaluación de perfiles requerido y hallado a partir de software basado en ontologías y operadores de agregación	40
Figura 4: Árbol conceptual de contenidos metrológicos para CCT.....	46
Figura 5: WordleTM para CCT.....	46
Figura 6: Árbol conceptual de contenidos metrológicos para Agilent	47
Figura 7: WordleTM para Agilent	47
Figura 8: Árbol conceptual de contenidos metrológicos para Metrology Handbook	48
Figura 9: WordleTM para Metrology Handbook.....	49
Figura 10: Árbol conceptual de contenidos metrológicos para Cursos ofrecidos por INM.....	49
Figura 11: WordleTM para Cursos ofrecidos por INM	50
Figura 12: Árbol conceptual de contenidos metrológicos para la estructura general de conceptos de metrología.....	51
Figura 13: Interfaz cabecera de configuración y resultados a primer nivel.....	54
Figura 14: Comparación entre conceptos sugeridos y conceptos hallados para eje 1 (metrología general).....	57
Figura 15: Profundidad de niveles cognitivos de acuerdo a Taxonomía de Bloom para conceptos hallados en eje 1	58
Figura 16: Comparación entre conceptos hallados al nivel, por encima o por debajo del nivel cognitivo sugerido por los expertos para eje 1	59
Figura 17: Comparación entre conceptos sugeridos y conceptos hallados para eje 2 (sistemas de medida o medición)	60
Figura 18: Profundidad de niveles cognitivos de acuerdo a Taxonomía de Bloom para conceptos hallados en eje 2	61
Figura 19: Comparación entre conceptos hallados al nivel, por encima o por debajo del nivel cognitivo sugerido por los expertos para eje 2	62
Figura 20: Comparación entre conceptos sugeridos y conceptos hallados para eje 3 (sistemas de calibración)	63
Figura 21: Profundidad de niveles cognitivos de acuerdo a Taxonomía de Bloom para conceptos hallados en eje 3	64
Figura 22: Comparación entre conceptos hallados al nivel, por encima o por debajo del nivel cognitivo sugerido por los expertos para eje 3	65

Figura 23: Comparación entre conceptos sugeridos y conceptos hallados para eje 4 (incertidumbre de medida o medición y matemática aplicada)	66
Figura 24: Profundidad de niveles cognitivos de acuerdo a Taxonomía de Bloom para conceptos hallados en eje 4.....	68
Figura 25: Comparación entre conceptos hallados al nivel, por encima o por debajo del nivel cognitivo sugerido por los expertos para eje 4	69
Figura 26: Comparación entre conceptos sugeridos y conceptos hallados para eje 5 (sistemas y estándares de calidad).....	70
Figura 27: Profundidad de niveles cognitivos de acuerdo a Taxonomía de Bloom para conceptos hallados en eje 5.....	71
Figura 28: Comparación entre conceptos hallados al nivel, por encima o por debajo del nivel cognitivo sugerido por los expertos para eje 5	72
Figura 29: Análisis global de conceptos metrológicos hallados versus nivel de sugerencia por parte de los expertos	73
Figura 30: WordleTM de conceptos metrológicos esenciales presentado por Harris y Peña [1].....	89
Figura 31: WordleTM de conceptos metrológicos y manufactureros presentado por EPSRC Centre For Innovative Manufacturing In Advanced Metrology [46].....	89
Figura 32: Ejemplo de mapeado de conceptos para el concepto de incertidumbre en la medición [47]	94
Figura 33: Esquema metodológico seguido por Quezada-Sarmiento et al. en [20].....	99
Figura 34: Análisis global de conceptos metrológicos hallados versus nivel de sugerencia por parte de los expertos	101

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1. Estructura de la Dimensión de procesos cognitivos, de la Taxonomía de Bloom revisada, de acuerdo con [17].	16
Tabla 2. Situación de aplicación de análisis DOFA a instituciones de educación superior en Colombia	22
Tabla 3. Asignaturas del programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, tenidas en cuenta en la evaluación de la estructura general de conceptos metrológicos	34
Tabla 4. Análisis DOFA de los contenidos metrológicos hallados en el programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá: Industria	74
Tabla 5. Análisis de estrategias a partir de DOFA para los contenidos metrológicos hallados en el programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá: Industria	76
Tabla 6. Análisis DOFA de los contenidos metrológicos hallados en el programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá: Estado	77
Tabla 7. Análisis de estrategias a partir de DOFA para los contenidos metrológicos hallados en el programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá: Estado	79
Tabla 8. Análisis DOFA de los contenidos metrológicos hallados en el programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá: Academia	81
Tabla 9. Análisis de estrategias a partir de DOFA para los contenidos metrológicos hallados en el programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá: Academia	82
Tabla 10. Análisis DOFA de los contenidos metrológicos hallados en el programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá: Global	84
Tabla 11. Análisis de estrategias a partir de DOFA para los contenidos metrológicos hallados en el programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá: Global	85
Tabla 12. Comparación entre las palabras más frecuentes de WordlesTM consultados con los obtenidos en 4.1.	91

Introducción

No es un secreto que la importancia de la metrología reclama un rol cada vez más relevante en nuestro país. Esto no pudo haber sido dicho de una mejor manera que con las palabras que ha usado María Isabel Peña [1]: De dónde vengo, un misterioso y encantador país de Suramérica, llamado Colombia, un país que ha estado creciendo rápidamente, se ha entendido la función vital que tiene la metrología. Colombia está preparada para hacer frente a la integración de la metrología y así asegurar un mejor futuro para sus habitantes y su industria: soy prueba de ello.

Con semejante afirmación es obvio que la integración de la metrología a todos los aspectos que toca y a la manera en cómo beneficia a la sociedad es uno de los pilares fundamentales que ha reconocido el país. De esta forma, es posible llevar este reconocimiento hacia el sector de educación que, como ente formador, tiene la responsabilidad de dar a los profesionales las bases metrológicas esenciales que les ayudarán en su desempeño posterior en diferentes sectores, como lo son industria, estado y academia.

Sin embargo, a pesar de la preponderancia que evidencia Peña y del establecimiento y fortalecimiento de institutos especializados en metrología como el INM, en nuestro país no hay programas de formación metrológica y los cursos que se ofrecen no superan las 120 horas. Esto representa un contraste muy abismal con casos como el de Estados Unidos, en dónde, muy a pesar de la disminución que se ha visto en los currículos de formación en metrología en los últimos años, hay tres programas activos [1].

De esta forma, la importancia de trabajos de investigación como el del presente documento es vital, ya que muestra que es posible evaluar el estado metrológico de los contenidos programáticos de programas profesionales y hacer una comparación con los requerimientos específicos por parte de industria, estado y academia. Y mucho más allá de dicha evaluación, la verdadera importancia radica en cómo el perfil profesional del egresado en ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá

puede beneficiarse de una integración metrológica más estrecha que considere lo que la sociedad, a partir de los diferentes sectores que la integran, necesita.

Para poder llevar a cabo la evaluación de la articulación de los conceptos metrológicos en el programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, se hace necesario reconocer un referente metrológico que condense los conceptos necesarios fundamentales en la formación educativa del profesional de este programa. Este es el primer objetivo, a partir del cual pueden desprenderse otros dos: la comparación de los conceptos encontrados en las asignaturas consideradas con los requerimientos de los diversos expertos consultados, entendiéndose como experto a aquellas personas que por sus formación y experticia en metrología tiene una opinión de valor, por eso se eligieron los expertos en metrología como muestra representativa para este estudio, y el establecimiento de un análisis DOFA que ayude a determinar estrategias efectivas que contribuyan a mejorar los conceptos metrológicos considerados tanto fuertes como débiles.

Convine aclarar que este trabajo de investigación no pretende ser un ejercicio de evaluación del plan de estudios de ingeniería electrónica, sino que brinda una mirada sobre la presencia de un concepto en particular, en este caso: metrología, dentro de las asignaturas obligatorias del plan de estudios. Si bien los estudiantes pueden complementar su formación dentro de los laboratorios, como es el caso del espacio que se brinda el LABE (Laboratorios de Ensayos Eléctricos –UNAL) sede Bogotá. Esta mirada que queremos hacer se enfoca en el contenido mínimo que se espera que tenga un egresado de ingeniería electrónica sobre metrología. Este enfoque es particularmente interesante porque cuando se diseñó el programa de ingeniería electrónica no se consideró la metrología como un campo de acción, porque en su momento no lo era, esto permite realizar un ejercicio con miras de complementar la formación, bien sea cursos electivos, diplomados entre otros.

Ahora, como en todo estudio, las limitaciones no han de faltar y en este caso corresponden a no poder evaluar todo el contenido programático de materias que se dictan en el programa de ingeniería electrónica. Esto se trata de compensar con la elección de 12 asignaturas cuyos contenidos curriculares están más cercanos a metrología, incluyendo también contenidos prácticos de aplicación de conocimientos en laboratorios. Esto brinda un alcance que tiene una relevancia mayor, y permite también obtener resultados más conectados a lo que se busca.

Por ende, la metodología a emplear tiene en cuenta una serie de consideraciones que la hacen única. Por ejemplo, la construcción de la estructura general de conceptos representa un aspecto llamativo en este documento, ya que se tienen en cuenta referencias bibliográficas de peso en el mundo metrológico, todo esto acomodado al caso puntual del programa a evaluar. De la misma forma, la consulta de expertos, a través de entrevistas y por medio de la herramienta DOFA es revolucionaria ya que se trata con esto de cerrar la brecha que existe entre los sectores en cuestión, escuchando sus inquietudes, preocupaciones y recomendaciones que afectan positiva y negativamente el perfil profesional del ingeniero electrónico. Con esto, cada objetivo que se plantea está fundamentado en una metodología basada en una bibliografía que se considera lo suficientemente sólida y que entrega resultados como los obtenidos.

Por último, hay que resaltar la aplicación y significado de los resultados obtenidos en este documento. Tener la posibilidad de representar cuantitativa y cualitativamente los hallazgos con relación a la articulación de los conceptos metrológicos del programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá es un gran avance que permite tomar posteriores acciones desde diferentes perspectivas: por parte de la universidad, por parte de los sectores involucrados que actúan como requeridores de las necesidades metrológicas de la sociedad, por parte de la sociedad misma, por parte de todos y cada uno de los que participamos en el proceso. Ya en definitiva queda una pregunta crucial: ¿qué se puede hacer para mejorar la articulación metrológica? El abordaje a esa respuesta, compleja pero no exenta de resolver, aguarda en estas páginas.

Para una mayor navegación en este documento se presenta la Figura 1.

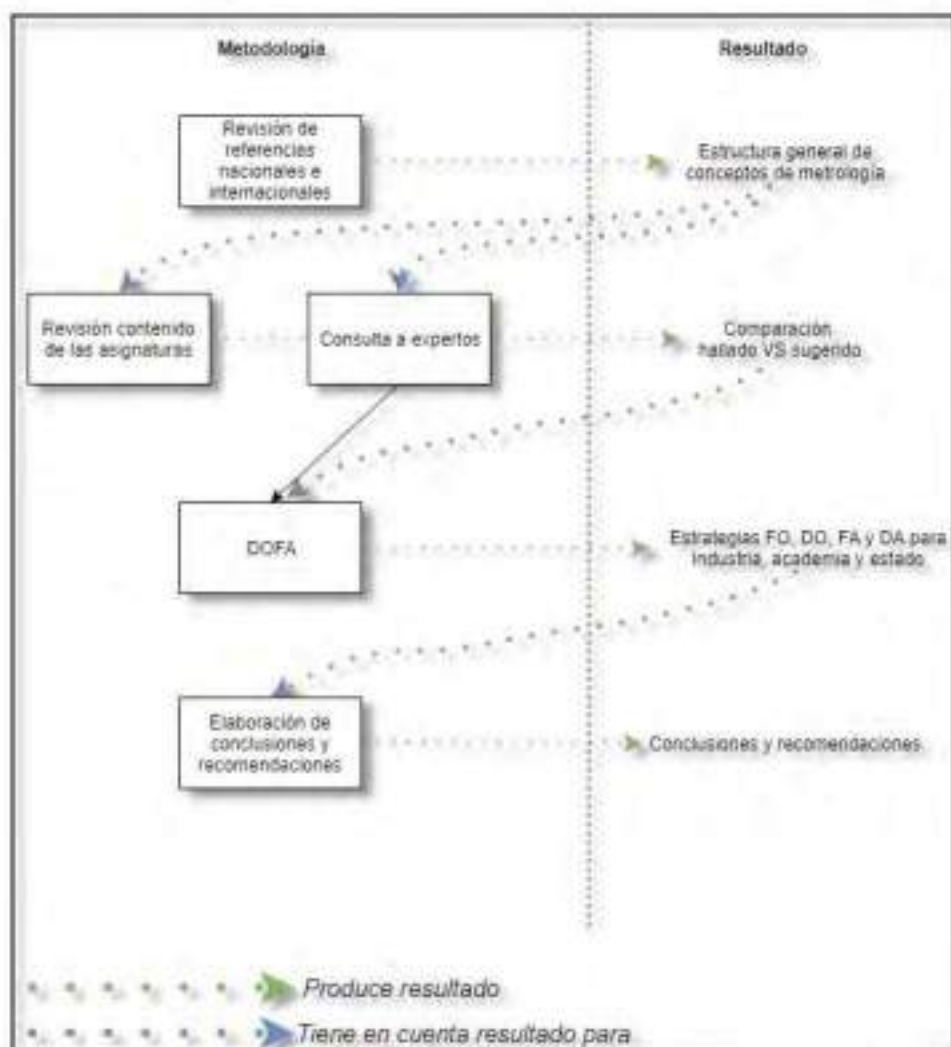


Figura 1: Macro estructura

Capítulo 1 Marco teórico

En este capítulo se hace una revisión de los principales conceptos referentes al marco teórico de este trabajo, el cual se compone de 5 subsecciones que abarca, la estructura general de conceptos de metrología, las generalidades del plan de estudio de ingeniería electrónica, ¿qué es la taxonomía de Bloom?, Cuantificación de perfil profesional y perfil ideal a través de una herramienta computacional y el análisis DOFA aplicado a educación.

1.1 Estructura general de conceptos asociados a metrología

Desde un punto de vista general, la metrología, como ciencia de las mediciones y sus aplicaciones, tiene un rango considerablemente amplio de acción. Esto quiere decir que sus elementos integrativos son usados en diferentes áreas, siendo las más reconocidas industria, gobierno e instituciones estatales, y academia.

Al considerar estos elementos integrativos, es entendible que cada área emplea sólo aquellos conceptos que le son necesarios. De esta forma, al momento de construir una estructura general de conceptos asociados a metrología, es obvio que se necesiten gran parte de los conceptos de las áreas involucradas, tanto en Colombia, que es el caso particular en este documento, como internacionalmente.

De acuerdo con lo anterior, se entiende que una estructura general de conceptos no es más que un cúmulo de elementos conceptuales que delimitan un área de conocimiento en particular. Este tipo de herramienta conceptual es similar al contenido curricular de un programa académico (*syllabus*, como se conoce en inglés), pero a diferencia de este, no necesariamente debe estar asociado a un programa de formación. De esta forma, una estructura general de conceptos se vuelve un referente que sirve de consulta y base para estudiantes, profesionales, instituciones, público en general, y todos los participantes involucrados en el área de conocimiento específica. Finalmente, una estructura general de

conceptos puede equipararse con un BOK (*Book of Knowledge*, por sus siglas en inglés), por lo que para su construcción deben tenerse en cuenta, en la forma más incluyente posible, diferentes fuentes (documentos, artículos científicos, libros, manuales, consulta a autoridades en el tema, entre otros).

Así, en la construcción de la estructura general de conceptos de metrología se tomaron cuatro documentos referenciales que intentan cubrir las áreas de rango de acción de esta ciencia:

1. CCT BOK (Certified Calibration Technician Body of Knowledge, Cuerpo de Conocimiento para Certificación en Técnico de Calibración): Documento creado por ASQ (American Society for Quality, Asociación Americana para la Calidad) en 2017 y disponible en línea desde 2018. Este representa las necesidades en metrología de una de las entidades privadas de certificación más reconocidas en los Estados Unidos con presencia internacional en más de 130 países, más de 28 programas de asociación, y énfasis en entrenamiento [2].
2. Test and Measurement Fundamentals Curriculum Overview by Agilent Accelerated Education Curriculum (Revisión de Conceptos Fundamentales para Evaluación y Medición, por Currículo de Educación Acelerada de Agilent): Creado en 2002 por Agilent Technologies. Este documento hacía parte de un currículo de cursos que ofrecía Agilent como entrenamiento a ingenieros recién contratados o que cambiaban de departamento dentro de la compañía. Como tal, este Fundamentals Curriculum Overview representa las necesidades en metrología de una empresa privada líder en fabricación de instrumentos de medición que, desde 2014, se conoce bajo el nombre de su subsidiaria Keysight Technologies [3].
3. Metrology Handbook (Manual de Metrología), Segunda Edición: Documento creado en 2012 por la División de Calidad en Medidas de ASQ. A diferencia del Cuerpo de Conocimiento para CCT, este documento representa un cúmulo de conceptos más amplio y específico dirigido a profesionales con una experiencia intermedia o avanzada en el área de metrología. Como referencia, tiene una validez que cubre áreas de academia e industria.
4. Cursos ofrecidos por INM (Instituto Nacional de Metrología de Colombia): Como institución estatal técnica-científica en Colombia, los cursos del INM son un

referente que conecta las necesidades del Estado Colombiano, con los requerimientos de industria y academia en el país.

1.1.1 Documentos internacionales de referencia

1.1.1.1 CCT BOK

La importancia del Libro de Conocimiento: Técnico Certificado en Calibración (*Certified Calibration Technician Book of Knowledge* or CCT BOK, por sus siglas en inglés), radica en que este documento es una guía compilatoria que permite a diferentes profesionales (teniendo en cuenta que las áreas relacionadas con metrología son interdisciplinarias) revisar y alcanzar los conocimientos necesarios para el desempeño de las actividades específicas en calibración [4]–[6].

Así, este documento está estrechamente conectado a la evaluación que los profesionales pueden tomar para obtener su título como CCT: la temática evaluada en el examen de certificación está basada en el contenido temático del libro [4]–[6]. No obstante, también se hace claro que su trascendencia va mucho más allá de dicha evaluación: por ejemplo, el BOK puede ser usado como material de referencia, consulta o estudio por profesionales que se desempeñan en el área de metrología, estudiantes, o el público en general; asimismo, puede ser una herramienta fundamental en la definición de los conceptos básicos a incluir en programas curriculares, cursos, contenido específicos de asignaturas, entre otros, que guarden relación con metrología. Es esto último lo que justifica su uso en el presente documento: la estructura básica del BOK es la que representa el esqueleto primario de la estructura general de conceptos metrológicos que se desarrollará más adelante.

Ahora, vale la pena destacar cómo se define a un Técnico Certificado en Calibración, los requisitos que debe cumplir y ciertas características generales del examen que un aspirante a esta certificación debe tener en cuenta.

De acuerdo con lo definido por [5]–[7], un Técnico Certificado en Calibración (CCT) es un profesional que evalúa, calibra, hace mantenimiento y repara instrumentos y equipos eléctricos, mecánicos, electro-mecánicos y analíticos, además de aquellos usados para mediciones, toma de datos, e indicaciones electrónicas. Todo esto debe hacerlo en concordancia con los estándares establecidos de calibración y los procedimientos de

calibración basados en prácticas metrológicas aceptadas que se derivan de las teorías fundamentales de la física, la química, las matemáticas, etc [8].

Asimismo, se considera que un Técnico Certificado en Calibración debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Tener experiencia y conocimientos en matemáticas aplicadas, álgebra y estadísticas básicas.
- Tener un conocimiento más profundo en al menos uno de los campos de metrología, y por lo menos algo de familiaridad con relación a los demás.
- Tener un título técnico, entrenamiento militar, o al menos un título profesional de dos años de estudio.
- Manejar buenas habilidades de comunicación oral y escrita.
- Tener habilidades de manejo de computadores [8].

Para otorgar esta certificación, el profesional interesado debe tomar un examen. Este examen y el Cuerpo de Conocimientos asociado a él, es el que usó como referenciación en este documento y del cual se hablará con mayor énfasis (listado de temáticas a evaluar) en metodología.

La evaluación para CCT es un examen computarizado que se hace en una sesión de 4 horas y media, consta de 135 preguntas de opción múltiple y sólo se ofrece en inglés. 125 de las preguntas son calificadas, mientras 10 no lo son. Esta certificación también puede evaluarse en un examen hecho en versión papel y lápiz, la cual tiene todas las características mencionadas con excepción que su duración es un poco más reducida (4 horas) [5]–[7].

Vale la pena destacar que esta certificación tiene una gran importancia ya que se considera como una señal de excelencia en calidad por muchas industrias. Un profesional certificado tiene más oportunidades de avanzar en sus objetivos laborales y las empresas pueden impulsar sus resultados globales a través del dominio en habilidades de calidad. Por lo tanto, un profesional certificado en calibración muestra su compromiso con la calidad y al tiempo ofrece un impacto positivo dentro de las organizaciones [5]–[7].

1.1.1.2 Test and Measurement Fundamentals Curriculum Overview by Agilent Accelerated Education Curriculum

En primera instancia, es necesario destacar el papel de Agilent Technologies, como empresa líder en fabricación de equipos de medición de alta precisión. De acuerdo con esto, Agilent Accelerated Education Curriculum, en la actualidad mucho más específico y ofrecido a través de su subsidiaria Keysight, tiene especial importancia ya que sus contenidos están enfocados de manera particular a profesionales involucrados en el área de ingeniería electrónica.

El Currículo completo tenía como objetivo brindar de forma rápida la experticia necesaria para resolver problemas metrológicos, efectiva y eficientemente. Como se había mencionado anteriormente, el currículo estaba enfocado al entrenamiento de profesionales recién contratados o que cambiaban de cargos laborales dentro de la compañía. Con este, era posible que ellos tuvieran una base sólida de conceptos básicos y habilidades requeridas de manera global por la industria electrónica. Adicionalmente, se buscaba que, luego del manejo de estos conceptos, el profesional pudiera completar su preparación más específica de acuerdo al área puntual de sus conocimientos o labor [9].

A pesar que el Currículo no tiene vigencia en la actualidad, su uso se justifica en lo siguiente: Como se verá de forma más detallada en metodología, el cúmulo de conceptos que ofrecía estaba muy enfocado a metrología en ingeniería electrónica, aunque desde una perspectiva mucho más amplia que en la actualidad (Keysight Technologies sigue ofreciendo cursos, pero estos están demasiado enfocados en necesidades puntuales, como puede apreciarse en su Technical Training Catalog, versión 2014 [10]).

1.1.1.3 Metrology Handbook, Segunda Edición

El Manual de Metrología, en su segunda edición de 2012, es uno de los documentos guía más generales e importantes con los que se cuenta hoy en día. De esta forma, el propósito fundamental del libro es el desarrollo de una referencia práctica para los profesionales en calibración y metrología. Para conseguir esto, se hizo un énfasis, de manera intencional, en la vasta mayoría de áreas del conocimiento en las que se practican y aplican conceptos relacionados con esta ciencia.

El Manual es particularmente útil para todo tipo de profesionales:

- Para aquellos que quieren entrar a la comunidad creciente de la metrología, sirve de ayuda introduciendo los conceptos fundamentales de una manera clara y precisa.
- Para aquellos que ya son profesionales en metrología, ofrece una guía ideal que complementa y expande sus conocimientos.
- Para aquellos que trabajan en gerencia de laboratorios de metrología y calibración, cubija las operaciones esenciales que respectan a este tipo de instituciones.

Cuenta con los componentes básicos de la práctica metrológica hasta el momento, y representa el esfuerzo de ASQ por mantener a los profesionales relacionados al día en lo que refiere a su labor: ya que la metrología es una ciencia cambiante en sus conceptos (incertidumbre, sistemas de calidad, estadística, prácticas de gerenciamiento de laboratorios, etc.), incluir todos estos cambios en un documento guía hace que se lleve a cabo una mejor práctica metrológica.

Finalmente, este documento provee información y conocimiento que puede ser usado para diferentes propósitos:

- Cambiar de disciplina en la carrera profesional.
- Certificarse en un estándar nuevo o diferente.
- Aceptar nuevas responsabilidades como supervisor o gerente metrológico.
- Prepararse para obtener un título CCT, entre otros [8]

1.1.2 Documentos nacionales de referencia

1.1.2.1 Cursos del INM

La referencia documental de los cursos de metrología del INM corresponde a cursos de capacitación para el fortalecimiento del trabajo que ofrece este instituto en Colombia y países latinoamericanos.

De acuerdo al Decreto 4175 de 2011 [11], artículo 14, incisos 7 y 11, dentro de las obligaciones del INM están: *“Establecer estrategias y mecanismos para la producción y venta de bienes y servicios resultantes de las actividades de divulgación, promoción, y*

capacitación y de programas formulados por el Instituto” y “Establecer y apoyar programas de capacitación técnica y propiciar formación en materia metroológica”. Teniendo en cuenta esto, para 2017, el INM ofrece 29 cursos que fomentan la metrología física y química, como también las normas y estándares propios de la metrología para los laboratorios interesados de formar sus profesionales en metrología en Colombia.

El catálogo de cursos incluye la siguiente oferta [12]:

1. Norma ISO/IEC 17025:2005: 3 días: norma desde la perspectiva metroológica.
2. ISO 10012:2003 Sistema de Gestión de medición: 2 días: etapas del proceso de confirmación metroológica.
3. Metrología Básica: 3 días: terminología y conceptos básicos relacionados con metrología.
4. Estadística Básica: 3 días: estadística descriptiva, variables aleatorias e inferencia estadística.
5. Incertidumbre en las mediciones: 3 días: conceptos básicos y avanzados de incertidumbre en medición (dominancia, coeficientes de sensibilidad, estimación de incertidumbre en una calibración, etc.).
6. Metrología de masa nivel I: 5 días: magnitud masa, instrumentos de pesaje, calibración y estimación de incertidumbre. Actividad práctica.
7. Metrología de masa nivel II: 3 días: instrumentos en metrología industrial (selección y evaluación de catálogos), calibración, incertidumbre, conformidad metroológica, trazabilidad, entre otros.
8. Metrología de masa nivel III: 7 días: patrones, características físicas y metroológicas, masa y masa convencional, densidad y volumen, calibración y procesos que la afectan, incertidumbre y trazabilidad. Actividades prácticas.
9. Calibración de pequeños volúmenes: 3 días: medición con instrumentos de vidrio, cálculo de densidad de agua y capacidad de instrumentos de vidrio, determinación de incertidumbre. Actividades prácticas.
10. Metrología de densidad: 3 días: conceptos de densidad, medición de densidad y calibración de equipos usados en la medición de densidad. Actividades prácticas.
11. Metrología de presión: 3 días: conceptos básicos y guía de calibración, procesamiento de datos, transductores, transmisores y balanzas de presión. Actividades prácticas.

12. Mediciones geométricas: 2 días: calibración y determinación de incertidumbre para sistema óptico, tamiz, anillo patrón y rosca cilíndrica externa.
13. Metrología dimensional nivel I: 4 días: calibración y determinación de incertidumbre para cinta métrica, regla graduada, pie de rey, micrómetro, comparador de carátula. Actividades prácticas.
14. Metrología dimensional nivel II: 3 días: calibración y determinación de incertidumbre para bloques patrón, regla de rectitud, planitud de superficie, nivel de burbuja e inclinómetro.
15. Fuerza: 4 días: conceptos básicos y vocabulario, NTC ISO 7500-1, equipos y maquinaria de medición y procesamiento de datos.
16. Par torsional: 3 días: conceptos básicos, medición, instrumentos, calibración y análisis de resultados. Actividad práctica.
17. Metrología de corriente continua y alterna: 3 días: generalidades, instrumentos, calibración y estimación de incertidumbre. Actividad práctica.
18. Calibración de medidores de energía eléctrica: 2 días: conceptos básicos y revisión de términos, transformadores de potencial en tensión y corriente, calibración y estimación de incertidumbre.
19. Patrones de medición de energía eléctrica y equipos probadores de medidores de energía eléctrica (EPM): 2 días: conceptos básicos, NTC 2423, incertidumbre y calibración. Actividad práctica.
20. Metrología de tiempo y frecuencia: 2 días: relojes, escalas de tiempo, hora legal, incertidumbre y calibración de diferentes instrumentos (tacómetro óptico, contador de frecuencia, generados de frecuencia, osciladores).
21. Metrología de temperatura y humedad: 5 días: temperatura y termómetros, humedad e higrómetros, calibración y determinación de incertidumbre. Actividades prácticas.
22. Conceptos básicos en metrología química: 2 días: VIM (vocabulario internacional de medidas), materiales de referencia, entre otros.
23. Buenas prácticas de medición de la magnitud química pH: 1 día: medición de pH (metodología), calibración, análisis de resultados e incertidumbre. Actividad práctica.

24. Buenas prácticas de la medición de la magnitud de conductividad electrolítica: 1 día: conceptos relacionados, medición y metodología (potenciometría), calibración, análisis de resultados e incertidumbre. Actividad práctica.
25. Validación de métodos químicos cuantitativos: 3 días: plan de validación, métodos de regresión, límites de detección y cuantificación, robustez.
26. Incertidumbre de medición en análisis químico cuantitativo: 3 días: método GUM en química, método Kragten, incertidumbre en métodos volumétricos y gravimétricos.
27. Calibración de grandes volúmenes: 3 días: ecuación Tanaka, OIML R-111-1, OIML R-043, OIML R-120, ISO/TR 20461. Actividades prácticas.
28. Calibración de espectrofotómetro UV-Vis: 2 días: principios básicos, espectrofotómetros (calibración y mediciones), estimación de incertidumbre, trazabilidad. Actividades prácticas.
29. Introducción a las buenas prácticas de pesaje en química: 1 día: conceptos generales, pesas, balanzas y básculas. Actividad práctica.

1.2 Generalidades del plan de estudios de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá y relación con metrología

Ingeniería Electrónica, como programa perteneciente a la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, tiene una historia relativamente reciente: fue creado en 1997 y tuvo comienzo de actividades académicas durante el primer semestre de 1998. Es una carrera de formación universitaria de pregrado que hace parte de la Facultad de Ingeniería. Adicionalmente, cuenta con una duración de 10 semestres en jornada diurna y confiere el título de Ingeniero Electrónico [13].

De acuerdo con datos de la universidad, el número de admitidos por semestre es cerca de 57 estudiantes [14], mientras que para el período 2005-2012 [15], el promedio de egresados por semestre fue aproximadamente de 40 profesionales. Dichos egresados se desempeñan en diversas áreas, tales como: medicina, educación, agricultura, minería, industria automotriz y aeroespacial, instituciones militares e instrumentales, inteligencia artificial y multimedia, entre otras. Así, el objetivo primordial del programa es la formación de egresados de alta calidad compatibles con el desarrollo del país, a partir de un empeño

constante de la universidad en los procesos de mejoramiento continuo. De esta forma, desde 2014 hasta 2022 (8 años), el programa cuenta con la renovación de la acreditación otorgada por el CNA. Asimismo, tanto a nivel institucional como a nivel individual, el programa ha obtenido los mejores resultados en pruebas encaminadas a valorar la calidad de la educación, como ECAES [13].

El programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá cuenta con un plan de estudios y actividades que contribuyen a la formación integral y a la autonomía del estudiante [13]. El Acuerdo 36 de 2017 corresponde al documento legal más reciente concerniente a este plan curricular. De acuerdo a este documento, el número total de asignaturas del programa es de 67: 33 obligatorias y 34 no obligatorias, las cuales pueden clasificarse bajo tres componentes básicos: fundamentación, formación profesional y profundización [16].

Se hace necesario en este punto considerar la relación existente entre los contenidos metrológicos y el plan curricular de Ingeniería Electrónica establecido por el Acuerdo 36 de 2017: este análisis es el que nos permitirá justificar, en capítulos posteriores, la relevancia de evaluar la articulación de dichos conceptos con el programa en sí.

De esta manera, a partir de un análisis básico se tomaron todas las asignaturas del contenido curricular del programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá y se sometieron a la opinión de un experto en metrología (docente y también ingeniero electrónico, con lo que fue posible concluir que 43 asignaturas (aproximadamente un 64% de la totalidad del plan curricular) guardan una relación con contenidos de metrología, los cuales pueden estar presentes de manera teórica, o con inclusión de contenidos prácticos.

Ahora, de los componentes de formación profesional (29 asignaturas en total), hay 27 materias conectadas con metrología: 18 de 20 asignaturas obligatorias, y 9 de 9 asignaturas no obligatorias. Esto hace de este componente el más relevante en términos metrológicos, ya que cerca del 93% de sus contenidos tocan de alguna forma conceptos de metrología.

Por su parte, de los componentes de profundización (16 asignaturas en total), el 50% de las materias poseen contenidos metrológicos: 8 de las 16 asignaturas no obligatorias.

Finalmente, de los componentes de fundamentación (22 asignaturas en total), hay 8 materias conectadas con metrología: 5 de 14 asignaturas obligatorias, y 3 de 8 asignaturas no obligatorias. Esto quiere decir que tan sólo un 37% de esas materias consideran contenidos metrológicos.

1.3 ¿Qué es taxonomía de Bloom?: ¿cómo se relaciona la taxonomía de Bloom con un perfil profesional y sus requerimientos?

De acuerdo con Krathwohl [17], la taxonomía de objetivos educacionales, o Taxonomía de Bloom, es un marco con el cual se clasifican enunciados de lo que se espera o pretende que los estudiantes aprendan como resultado de una instrucción.

Desde una perspectiva general, la Taxonomía de Bloom puede tener diferentes propósitos [17], dentro de los cuales debemos considerar:

- Constituir un lenguaje común, con relación a objetivos de aprendizaje, que ayude a facilitar la comunicación que conecte personas, materias de estudio y niveles educativos.
- Servir de base para determinar el significado específico de los objetivos generales de educación, dentro de un curso en particular o currículo. Ejemplos pueden ser aquellos correspondientes a los estándares locales, estatales o nacionales.
- Representar un medio por el cual se determine la congruencia de los objetivos educacionales, actividades y evaluaciones en una unidad, curso o currículo.
- Visualizar el rango de las posibilidades educacionales versus el alcance y profundidad de cualquier curso educacional en particular o currículo.

La Taxonomía de Bloom está dividida en dos categorías: *Dimensión de conocimiento* (subdividida a su vez en *hechos*, *conceptos*, *procedimientos* y *metacognición*) y *Dimensión cognitiva* (que es la que particularmente nos interesa aquí y que, por tanto, se estudiará más a fondo) [17]. La siguiente tabla muestra la organización de la dimensión cognitiva, dividida en seis categorías jerarquizadas:

Tabla 1. Estructura de la Dimensión de procesos cognitivos, de la Taxonomía de Bloom revisada, de acuerdo con [17].

1. Recordar: Rememorar conocimiento relevante a partir de memoria a largo plazo. 1.1. Reconocer. 1.2. Rememorar.
2. Entender: Determinar el significado de los mensajes instructivos, dentro de los que se incluyen todos los tipos de comunicación oral, escrita o gráfica. 2.1. Interpretar. 2.2. Ejemplificar. 2.3. Clasificar. 2.4. Resumir. 2.5. Inferir. 2.6. Comparar. 2.7. Explicar.
3. Aplicar: Llevar a cabo o usar un procedimiento en una situación dada. 3.1. Ejecutar. 3.2. Implementar.
4. Analizar: Descomponer un material en sus partes constitutivas y reconocer cómo dichas partes se relacionan entre sí y con una estructura general o propósito. 4.1. Diferenciar. 4.2. Organizar. 4.3. Atribuir.
5. Evaluar: Hacer juicios basados en criterios y estándares. 5.1. Revisar. 5.2. Criticar.
6. Crear: Armar un todo nuevo y coherente a partir de elementos, o hacer un producto original. 6.1. Generar. 6.2. Planear. 6.3. Producir.

La verdadera importancia de la Taxonomía de Bloom dentro de este documento radica en el hecho que esta herramienta guarda una poderosa relación con otros conceptos presentados: es la Taxonomía de Bloom la que conecta la estructura general de conceptos de metrología que se construirá con los requerimientos metrológicos de los tres sectores que se tendrán en cuenta (estado, industria y academia) y que el perfil profesional del ingeniero electrónico de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá debe satisfacer.

De esta forma, es posible citar a [18] y hacer un análisis más profundo de la relación referenciada anteriormente: *Un perfil profesional corresponde a las características que deben ser adquiridas o desarrolladas por los egresados durante su proceso de formación profesional. Suelen referirse a objetivos específicos establecidos por las instituciones educativas. El perfil puede ser considerado como un punto de vínculo entre la sociedad y la educación, por tanto, se deben tener en cuenta el nivel con el que llegan los estudiantes recién ingresados, así como las exigencias de la sociedad.*

Cuando una institución educativa hace el establecimiento del perfil profesional de un egresado (aterricemos el análisis al caso puntual de un egresado en ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá), no puede ignorar el vínculo que tiene con la sociedad (que puede representarse a través de dos de sus componentes más representativos: industria [como empleador] y estado [como ente regulador]).

De esta forma, hay una relación de retroalimentación entre estos tres componentes: academia, industria y estado. Cada componente juega un rol importante en la determinación de los objetivos que establece la institución educativa, ya que es esta última la que debe acomodarse a los requerimientos que estos tres componentes piden. Así es como el perfil profesional de un ingeniero electrónico puede entenderse como un cúmulo de exigencias que la sociedad necesita y que el profesional debe satisfacer. Aquí surge una pregunta fundamental: ¿cómo es posible medir que dichos requerimientos sean satisfechos por el profesional?

La respuesta radica en la Taxonomía de Bloom. La jerarquía de la Dimensión cognitiva presentada anteriormente (recordar, entender, aplicar, analizar, evaluar y crear), aplicada a los conceptos específicos que un plan de estudios tiene, es una herramienta útil que

permite determinar en qué nivel de satisfacción se cumplen los conceptos que los componentes de la sociedad necesitan.

En pocas palabras, es a través de la Taxonomía de Bloom como se relacionan la estructura general de conceptos de metrología aplicada para el programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá; los requerimientos metroológicos de los sectores industria, estado y academia; y el nivel de satisfacción de dichos requerimientos por parte del perfil profesional del egresado de este programa.

1.4 Cuantificación de perfil profesional y perfil ideal a través de una herramienta computacional

Para el análisis de información cualitativa (Conceptos de metrología) llevada a una forma cuantitativa (Niveles de taxonomía de Bloom) es necesario contar con herramientas de software por la cantidad del volumen de información a procesar, en este caso, la cantidad de los conceptos de metrología y el nivel cognitivo hallado en las asignaturas seleccionadas (12) y el nivel requerido por los expertos, se hace útil, la herramientas de software desarrolladas en los trabajos del “Tutor académico automatizado basado en ontologías, para la selección de rutas de aprendizaje personalizadas en un programa curricular”[19] y “Metodología para la definición de perfiles de egresados de un programa curricular, basado en ontologías y el historial de sus egresados”[18], la cual, es de gran utilidad, ya que permite por sus características de definición de perfiles de egresado como:

- Estructura de conocimientos y habilidades
- Estructura de un perfil ideal
- Obtención de un perfil profesional
- Obtención de un grado de satisfacción

Estas caracterices están presente en el desarrollo de este trabajo, por lo cual se usará el software propuesto en [18] definido como “Editor integral de objetivos de aprendizajes universitarios” permitiendo a través de su modelo matemático de cuantificación de perfiles, obtener el resultado de la comparación entre los datos del nivel cognitivo hallado en las asignaturas como el nivel cognitivo requerido por los expertos.

1.5 Análisis DOFA aplicado a educación: panorama de instituciones de educación superior e ingeniería electrónica.

1.5.1 Definición y generalidades del análisis DOFA: ¿cómo está relacionado con educación?

Una de las herramientas más populares en planeación estratégica es el análisis DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas): sin importar el área en el que nos desempeñemos, de alguna forma u otra, o hemos participado en un grupo de trabajo que la considere, o hemos sido el centro del ejercicio en sí, o simplemente la hemos escuchado sin profundizar demasiado al respecto. Ventajas como la rapidez con la que se obtiene un diagnóstico específico de una organización/individuo/situación, y la posibilidad de integrar diversos elementos humanos para tener una visión amplia de tal diagnóstico, son sólo algunos de los puntos a favor de este método.

Sin embargo, es tal popular esta herramienta que ha traído igualmente confusión al respecto: se cree que este análisis está limitado exclusivamente a organizaciones, empresas o sector financiero, lo cual se debe en parte al origen en sí que tiene DOFA (años 60 y 70 en convenciones que trabajaban datos de las empresas pertenecientes al listado *Fortune 500* [20]). Por lo tanto, en áreas como ingeniería, academia y educación, refuerzan la idea que este tipo de análisis puede realizar aportes significativos que puedan traducirse en resultados tangibles o relacionables con otros procesos generales que conlleven a mejoramiento en contenidos curriculares, programas de estudio, desarrollos metodológicos, etc.

Acercándose a la utilidad de esta herramienta, se podrá ver en capítulos posteriores, las posibilidades que ofrece DOFA, en ingeniería y educación, son muy atractivas. Por lo pronto, veamos una definición detallada de esta herramienta: definición que permita tener claridad en su aplicación. Igualmente, esto facilitará entender cómo DOFA puede conectarse con el sector educativo.

Un análisis DOFA corresponde a una herramienta bastante extendida, que sirve como diagnóstico para la generación de estrategias a partir del reconocimiento de los factores organizacionales internos y externos. Su nombre corresponde a un acrónimo relacionado con dichos factores analizados: Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas. El

objetivo básico de la herramienta es identificar las áreas y actividades que tienen el mayor potencial para desarrollo y mejora y que permitan minimizar los impactos negativos del contexto en el que se desenvuelve la organización [21].

De forma resumida, en un análisis DOFA se determinan en primer lugar los cuatro componentes de la matriz, divididos en los aspectos internos (fortalezas y debilidades) y externos (oportunidades y amenazas) [21]. A partir del establecimiento de la matriz, se obtiene como resultado un plan de trabajo conjunto e integrado que cubre toda la organización, de tal manera que todas las actividades y compromisos se complementen para que todos los esfuerzos organizacionales vayan en un solo sentido [22].

Para una ejecución correcta del análisis se hacen necesarias dos condiciones esenciales:

1. Debe haber una delimitación de la situación problemática o el objetivo a alcanzar por la organización. De acuerdo a Amaya [22], esta identificación debe ser muy precisa para no pasar a divagar sobre circunstancias que no hacen parte del problema u objetivo central, o que no son relevantes organizacionalmente hablando. Asimismo, debe hacerse un esfuerzo por considerar entorno, causas y consecuencias del problema u objetivo a abordar.
2. Adicionalmente, los conceptos de la herramienta deben ser claros para los agentes participantes. Con esto se busca que no se llegue a una *tormenta* de ideas: una distracción ligada a temas que no tienen mucho que ver con el problema u objetivo a considerar [22].

Históricamente, este tipo de herramienta funcionó como un estudio de vulnerabilidad para empresas y su posible desempeño frente a una situación crítica específica. Así, debido a la facilidad en su aplicación, el análisis comenzó a emplearse ampliamente para estudiar problemas técnicos críticos en áreas muy distintas para la cual fue diseñado inicialmente [22]. De esta manera, hoy en día, DOFA no está limitado a empresas, sino que también abarca cualquier situación de toma de decisiones, en la que previamente se ha definido un objetivo deseado, por lo que incluye organizaciones sin ánimo de lucro, instituciones gubernamentales e incluso individuos. Desde esa consideración, DOFA se ha aplicado con éxito en diferentes ámbitos: planeamiento pre-crisis, creación de recomendaciones en estudios de factibilidad [20], procesos de planta, logística, penetración de mercados,

preparación de portafolios de inversión, estructuración empresarial, aplicación de políticas internas, nuevas inversiones, implementación de procesos, evaluación de nuevas tecnologías, planeación estratégica, entre otras [22].

Es el sector de planeación estratégica el que permite conectar esta herramienta con el área de educación. El fin último de DOFA es llevar a cualquier organización a integrar procesos que se anticipen o minimicen las amenazas del medio, el fortalecimiento de las debilidades organizacionales, el potenciamiento de las fortalezas internas y el real aprovechamiento de las oportunidades [22]. Todo esto puede traducirse efectivamente a las necesidades de las instituciones educativas, en especial cuando se comprometen a alcanzar cualquier tipo de objetivo. Por ejemplo, la matriz podría tener las siguientes características [23]:

- o Factores internos:
 - Fortalezas: Atributos o características que tiene la institución educativa/programa educativo/escuela para alcanzar los objetivos de un proyecto.
 - Debilidades: Características o condiciones de la institución educativa/programa educativo/escuela que representan limitaciones para el alcance de los objetivos de un proyecto.
- o Factores externos:
 - Oportunidades: Condiciones externas que pueden favorecer que la institución educativa/programa educativo/escuela alcance los objetivos de un proyecto.
 - Amenazas: Condiciones externas que pueden dificultar que la institución educativa/programa educativo/escuela alcance los objetivos de un proyecto.

Como podrá verse más adelante, DOFA se ha aplicado exitosamente en instituciones educativas, tomándolas como entes organizacionales, o en sus programas de estudio, en forma mucho más específica. La adaptabilidad del método lo hace particularmente útil, al punto de ser considerado como una herramienta constitutiva en instituciones internacionales de metrología como el PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt) [24].

Finalmente, todos estos elementos, considerados para el caso puntual de las instituciones educativas, pueden evaluarse mucho más específicamente con relación a los conceptos inicialmente sugeridos, por expertos de academia, estado e industria, en metrología,

basados en la estructura general de conceptos que se construyó. Así, en capítulos posteriores, el análisis DOFA que se aplicará trabajará en el contraste que habrá entre los resultados hallados para tales conceptos sugeridos por los expertos.

1.5.2 DOFA Aplicado a planeación estratégica en educación superior en Colombia: universidades y facultades

En relación con lo considerado en el subcapítulo anterior, la herramienta DOFA es de gran utilidad en el sector educativo ya que ayuda a evaluar las condiciones de las instituciones de educación ante posibles circunstancias que enfrentarán a futuro. Esto contrarresta en que este tipo de análisis es de uso exclusivo de alta gerencia, empresas e industrias: sectores en los que ha sido utilizado amplia y tradicionalmente.

Las instituciones de educación superior en Colombia no son ajenas a los beneficios que ofrece DOFA, por lo que a continuación se presentará un listado de ejemplos en los que el análisis ha sido aplicado en Planes Estratégicos, Planes de Desarrollo, Planes Administrativos Generales, Facultades, Programas Académicos específicos, y otros casos. Con esto, se muestra la importancia de la herramienta en el sector, para luego hacer un enfoque más puntual (en 2.4.3.) en ejemplos enfocados a ingeniería electrónica en el país, lo que nos ayudará a entender más profundamente el porqué de su aplicación posterior en este documento.

Tabla 2. Situación de aplicación de análisis DOFA a instituciones de educación superior en Colombia

Institución de educación superior	Uso de DOFA	Particularidad
Universidad de Pamplona [25]	DOFA hace parte del análisis diagnóstico de la universidad dentro del Plan de Desarrollo Institucional 2012-2020.	El análisis se subdivide en los procesos misionales de la institución: Academia, Investigación e Interacción Social.
Universidad de la Sabana [26]	DOFA hace parte del análisis diagnóstico de la universidad	Con DOFA, fue posible obtener conclusiones del estado actual de la

	dentro del Plan Estratégico Institucional 2018-2029.	universidad frente a los objetivos del Plan Estratégico.
Universidad Autónoma de Colombia [27]	DOFA fue usado como evaluación del estado preliminar del estado inicial de la universidad. Cinco subcomisiones fueron responsables de las siguientes áreas: Pregrado y Posgrado, Investigación e Innovación, Extensión, Proyección Social y Egresados, Imagen corporativa y Sostenibilidad Financiera, y Tecnología e Infraestructura.	DOFA fue utilizado en conjunto con el análisis PESTEL, de forma que luego de sus aplicaciones fue posible la redefinición de ejes, objetivos y construcción del Mapa Estratégico. Posteriormente, sus resultados fueron socializados a la comunidad académica.
Universidad EAFIT [28]	DOFA hace parte de las actividades iniciales en la construcción del Plan Estratégico de la institución: adicionalmente se evalúan tanto el Plan Estratégico anterior como tendencias actuales en la educación colombiana.	La herramienta está fundamentada en tres ejes: 1. Preservar la excelencia académica. 2. Consolidar la universidad de docencia con investigación. 3. Mejorar la proyección nacional e internacional de la institución.
Universidad del Valle [29], [30]	DOFA hizo parte del Plan Estratégico UniValle 2005-2015. El análisis tuvo en cuenta como actores participantes, tanto a directivos universitarios como a representantes de diversos sectores externos, en la construcción de dos posibles escenarios futuros para la	La Facultad de Ciencias de la Administración de la Universidad del Valle también aplicó la herramienta considerando de manera específica los siguientes ejes: Académico, Investigación, Extensión y Proyección Social, Gestión Administrativa, Recursos y Planta Física, y Gestión Financiera. Todos ellos están clasificados en

Análisis de la articulación del diseño curricular del programa de ingeniería electrónica, en relación con los objetivos de aprendizaje asociados a metrología

	universidad: uno tendencial y uno optimista.	Aspectos misionales y Aspectos organizacionales.
Facultad de Ingeniería de la Universidad Surcolombiana [31]	DOFA es un componente esencial del Plan de Desarrollo de la Facultad: 2013-2018, con proyección a 2027.	En el análisis, los resultados se presentan en matrices Fortalezas-Oportunidades, Fortalezas-Amenazas, Debilidades-Oportunidades, Debilidades-Amenazas.
Universidad de Nariño [32]	DOFA forma parte del Plan de Desarrollo Institucional 2008-2020: Construcción Participativa.	Con la construcción de la matriz fue posible establecer el diseño de la orientación estratégica de la universidad: visión, misión, objetivos y estrategias. Con estos elementos pudo llevarse a cabo el Plan de Acción, dependiente de la aprobación del Plan de Desarrollo Institucional.
Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas [33]	DOFA es un componente aplicado al Plan de Desarrollo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital: 2017-2028.	De forma puntual, el análisis sirvió como un elemento fundamental en la construcción del Plan Maestro de Investigaciones que se desarrolló en 2013. Así se complementó con encuestas en la plataforma Web, un diagnóstico de la producción científica y académica de los grupos de investigación de la institución.
Pontificia Universidad Bolivariana – Sede	DOFA fue parte del antiguo Plan de Desarrollo de la universidad para el período 2011-2015.	El análisis consideró dos aspectos. Para el componente externo, se evaluaron las siguientes perspectivas: Comunidad o Grupos

Bucaramanga [34]		de interés, Procesos Estratégicos, Aprendizaje y Crecimiento, y Administración y Recursos. En el análisis externo se tuvieron en cuenta las Tendencias a nivel educativo, investigativo y tecnológico, socio-cultural y político-económico.
Universidad del Cauca [35]	La herramienta DOFA se usa en la definición de problemas centrales del componente de Ciencia, Tecnología e Innovación del Departamento del Cauca, aunque esto se hace desde una perspectiva de diagnóstico territorial.	El Plan de Desarrollo Departamental de Ciencia, Tecnología e Innovación del Cauca es un ejemplo particular ya que no sólo considera a una institución educativa de educación superior sino también al ente gubernamental en la aplicación del análisis DOFA.
Universidad Popular del Cesar [36]	DOFA hace parte del Plan de Desarrollo de la Universidad Popular del Cesar 2017-2026: Por una universidad transformada.	Se utiliza la herramienta como fuente en la construcción del Plan Decenal, por lo que se integran resultados anteriores de la misma en otros planes decenales.
Facultad de Ingeniería de la Universidad del Bosque [37]	El análisis se empleó dentro del Plan de Desarrollo de la Facultad de Ingeniería: 2016-2021, como parte del diagnóstico y diseño del Plan de Acción del Programa de Ingeniería Ambiental.	La aplicación en el Programa de Ingeniería Ambiental estuvo en línea con el Plan de Mejoramiento de la misma, de acuerdo con la renovación de la Acreditación de Alta Calidad otorgada en 2014.
Institución Universitaria CESMAG [38]	DOFA hizo parte del análisis situacional de la institución universitaria para el año 2012, dentro del marco del Plan de Desarrollo Institucional 2013-	Se abarcaron diferentes áreas como Docencia, Investigación, Extensión y Apoyo, tanto para los factores externos como internos. Los resultados fueron socializados

	2019: Con calidad hacia el reconocimiento como universidad. La herramienta permitió el establecimiento de los objetivos estratégicos de la institución.	en diferentes dependencias e incluyeron los resultados evaluados por actores como estudiantes, docentes, egresados, directivos y administrativos.
Institución Universitaria Antonio José Camacho [39]	Como parte del Acuerdo 22 de 2012, del Consejo Directivo de la Institución, DOFA se estableció como herramienta esencial en el proceso de Planeación Estratégica.	El análisis consideró diferentes actores, entre los cuales están directivos, académicos y administrativos, profesores, funcionarios administrativos y estudiantes.

1.5.3 DOFA Aplicado a programas de ingeniería electrónica en Colombia

La herramienta DOFA no solo hace parte activa de los contenidos estratégicos de universidades, facultades y diferentes programas curriculares en Colombia: también es posible citar ejemplos de su aplicación en programas específicos de ingeniería electrónica en el país, dentro de los que destacan dos casos particulares: el de la Universidad del Quindío y el de las Unidades Tecnológicas de Santander (UTS).

En el caso del programa de ingeniería electrónica de la Universidad del Quindío, la herramienta DOFA es un componente fundamental dentro del Proyecto Educativo del Programa (PEP) establecido en 2016 [40].

DOFA se utilizó en el planteamiento del Plan de Acción del programa 2016-2025. A partir de los resultados de la matriz, fueron establecidas acciones estratégicas que se revisaron y complementaron con las acciones estratégicas del Plan de Desarrollo Institucional 2016-2025, y que están, a su vez, relacionadas con el quehacer del programa. Las acciones estratégicas están enfocadas a seis áreas pertinentes con los componentes del programa:

Docencia, Investigación, Proyección Social, Construcción e Interacción con Redes Académicas, Planeación Académica y Acreditación, y Administración y Gestión Curricular.

Asimismo, en relación con los pilares del Plan de Desarrollo Institucional de la Universidad del Quindío, los resultados del análisis DOFA aplicado a ingeniería electrónica están alineados con los 8 pilares y 3 ejes estratégicos de la institución: Universidad pertinente (Calidad académica pertinente, Investigación pertinente, Extensión y Desarrollo social pertinente), Universidad creativa (Gestión creativa, Bienestar y Cultura creativa), y Universidad integradora (Integradora con el egresado, Integradora con la internacionalización y movilidad, Integradora con el entorno).

Desde una perspectiva general, DOFA sirvió para identificar los siguientes aspectos: importancia de la iniciativa CDIO, inglés como segunda lengua e iniciativas virtuales dentro del programa; fortalecimiento de los grupos de investigación y redes de liderazgo estudiantil; y vinculación con movilidad internacional y sector productivo.

Ahora, DOFA también es una herramienta fundamental dentro del Plan Estratégico Prospectivo del Programa de Tecnología en Implementación de Sistemas Electrónicos Industriales e Ingeniería Electrónica 2019-2023 de las Unidades Tecnológicas de Santander, elaborado en noviembre de 2017 [41].

En esta institución, coordinación, docentes, investigaciones, estudiantes, y personal administrativo, fueron los actores participantes en la construcción de la matriz de debilidades, fortalezas, oportunidades y amenazas.

De forma muy similar que con los resultados obtenidos para la Universidad del Quindío, como resultados generales, la matriz DOFA para los programas considerados en UTS pudo determinar que se hacen necesarios los siguientes aspectos: mejorar los procesos de internacionalización, innovación y desarrollo tecnológico; implementar programas de colaboración con varios departamentos internos de la institución; fortalecer convenios con otras instituciones educativas y sector empresarial; e invertir en desarrollo tecnológico y semilleros.

Con estos dos ejemplos, puede hacerse énfasis en la importancia de la aplicación de la herramienta DOFA como un diagnóstico que permite evaluar las condiciones específicas de un programa (en nuestro caso más puntual, los elementos de metrología hallados

dentro del programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá), en relación con los requerimientos de los sectores relevantes con los que interactúa (estado, industria y academia).

Capítulo 2 Metodología propuesta

En este capítulo se presenta la metodología propuesta para este trabajo, el cual se compone de 4 subsecciones que abarca, la construcción de la estructura general de conceptos de metrología, la evaluación de requerimientos metroológicos con taxonomía de Bloom, aplicada a la estructura general de conceptos de metrología, la aplicación de la herramienta computacional para resultados de conceptos requeridos por parte de expertos versus conceptos hallados en asignaturas del programa de ingeniería electrónica y análisis DOFA aplicado a conceptos hallados de acuerdo a requerimientos de expertos.

2.1 Construcción de estructura general de conceptos asociados a metrología

La construcción de la estructura general de conceptos metroológicos tomó como referenciación base el trabajo realizado por Barrera y Duarte [42]: Se consideró a la metrología como un concepto que puede representarse como un árbol con diferentes ramas (ejes), tal cual como los autores lo hicieron para la representación de las habilidades, conocimientos y perfil. Sin embargo, la aproximación de este trabajo fue mucho más simple, ya que hay sólo un eje central (metrología), y a partir de éste, se desprenden los 5 ejes que se definirán más adelante. También se tuvieron en cuenta las recomendaciones de Harris y Peña [1] respecto a la importancia de la herramienta Wordle™

Esta última herramienta, también conocida en español de forma específica como *nube de palabras* o *listado ponderado*, no es más que una representación gráfica de información textual que se usa para representar palabras claves asociadas a metadatos: en una nube de palabras, las palabras pueden visualizarse de forma individual, y su importancia se refleja en el tamaño de la fuente y el color en el que se representan [43]. Asimismo, tal

prominencia está asociada a la frecuencia con que dichas palabras aparecen en el texto, documento, o sitio web que se usa como base para crear el Wordle™[44]. A pesar de ser una herramienta relativamente nueva, su aparición se remonta mucho tiempo atrás a su uso en mapas (recordemos que en ellos el tamaño de una ciudad se representa con un tamaño de letra específico), y a la década de los noventa. A partir de entonces, su uso se ha extendido en sitios web y como gráficos de categorización de información [43] aplicables en diferentes áreas.

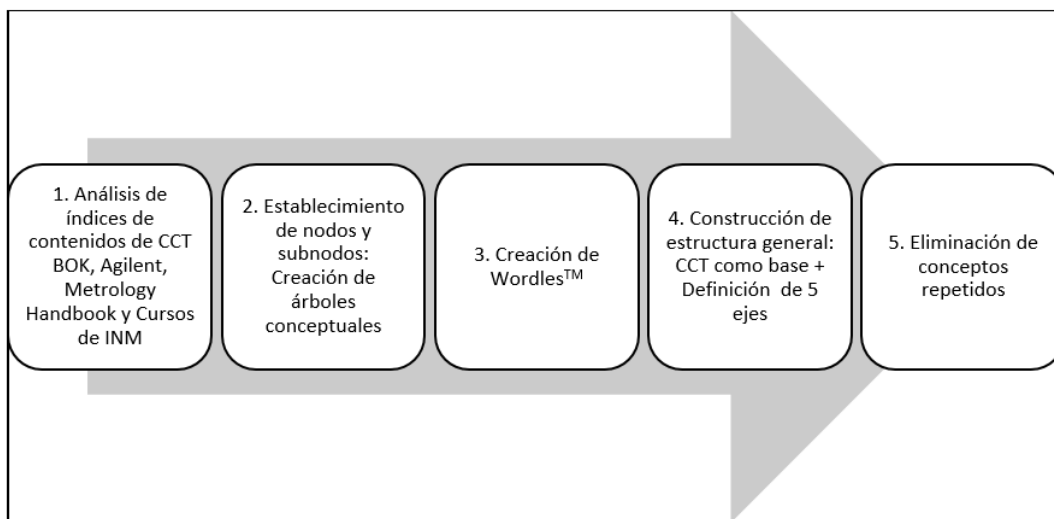


Figura 2: Diagrama de proceso para la construcción de estructura general de conceptos asociados a metrología

En el proceso de creación de la estructura general de conceptos metrológicos (ilustración en la Figura 2), se llevaron a cabo los siguientes pasos:

1. Se hizo un análisis de los índices de contenido de los cuatro materiales de referencia: CCT BOK (Certified Calibration Technician Body of Knowledge, Cuerpo de Conocimiento para Certificación en Técnico de Calibración); Test and Measurement Fundamentals Curriculum Overview by Agilent Accelerated Education Curriculum (Revisión de Conceptos Fundamentales para Evaluación y Medición, por Currículo de Educación Acelerada de Agilent); Metrology Handbook (Manual de Metrología), Segunda Edición; y Cursos ofrecidos por INM (Instituto

Nacional de Metrología de Colombia). Los contenidos temáticos de cada una de las fuentes se pueden observar en Anexos ([ANEXO 1](#)).

2. Considerando las subdivisiones internas de cada uno de los materiales de referencia, fue posible establecer los nodos y sub-nodos para cada uno, con lo que se crearon cuatro árboles conceptuales. Por ejemplo, en el caso del documento de Agilent, hay cuatro nodos correspondientes a los cuatro cursos de orientación ofrecidos: *Metrology Basics*, *Measurement Uncertainties*, *Measurement Automation*, y *Measurement Process Fundamentals* [9]. Esto se repitió en el caso del resto de materiales.
3. Con las palabras más frecuentes de los árboles conceptuales, se crearon Wordles™, para cada uno de ellos, resaltando la importancia de las palabras a través del tamaño de la fuente usada en ellas.
4. Para la construcción de la estructura general y la definición de los ejes específicos, se tuvieron en cuenta las palabras repetidas en los Wordles™, y se tomó la decisión de utilizar la estructura de ejes de CCT como base, e integrar a ella conceptos adicionales abarcados por las otras fuentes de referencia. Vale la pena resaltar que, de los documentos consultados, CCT es el que tiene la actualización más reciente, realizada en 2017. Así, la estructura general de conceptos presentada en este documento corresponde a una estructura extendida de CCT que se acomodó a las condiciones específicas de metrología en nuestro país y más puntualmente al caso del programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Adicionalmente, no hay que olvidar que otros autores también han utilizado el documento de CCT como referencia para metodologías análogas a la usada en este documento [1]. De esta forma, el número de ejes considerados se estableció en cinco: *General Metrology* (Metrología general), *Measurement Systems* (Sistemas de medición), *Calibration Systems* (Sistemas de calibración), *Measurement Uncertainty and Applied Math* (Incertidumbre de medida y aplicación de matemáticas), y *Quality Systems and Standards* (Sistemas y estándares de calidad) [5]–[7].
5. Finalmente, se realizó un barrido de la estructura general de conceptos formada, para evitar la repetición de conceptos que pudieron solaparse en las diferentes fuentes usadas.

2.2 Evaluación de requerimientos metroológicos con taxonomía de Bloom, aplicada a la estructura general de conceptos

Con el establecimiento de la estructura general de conceptos asociados a metrología fue posible compaginar dichos conceptos metroológicos con los requerimientos específicos de las áreas relacionadas más importantes: industria, estado y academia.

En primera instancia, se llevó a cabo el *proceso de selección de asignaturas del programa de ingeniería electrónica, relevantes desde una perspectiva metroológica*, a través de ciertos parámetros que se explicarán en detalle en 2.2.1.

Luego, la *compaginación de los conceptos versus áreas relevantes se hizo a través de la herramienta de Taxonomía de Bloom en una etapa de dos grupos de entrevistas* (subcapítulo 2.2.2.):

- Una exploración inicial de jerarquización cognitiva de los conceptos metroológicos presentes en la actualidad para las asignaturas seleccionadas, a partir de la cual se tomaron todos los resultados para construir *un resultado general correspondiente al estado actual del perfil general del ingeniero electrónico desde una perspectiva metroológica*.
- Una exploración para los sectores (representados por expertos) con relación a la jerarquización cognitiva de los mismos conceptos, que permitió seleccionar el nivel más alto de requerimientos para, de la misma forma que con el estado actual del perfil general del egresado, crear un *perfil general del egresado ideal que pueda suplir las necesidades de todos los sectores*.

La comparación de los resultados de los dos grupos de encuestas permitió realizar un análisis de la articulación de los contenidos metroológicos en el programa curricular de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.

Dicha articulación se mostrará haciendo énfasis en los cinco ejes temáticos de la estructura general de la siguiente manera:

- Comparación entre conceptos sugeridos por expertos versus conceptos hallados a partir del análisis de las asignaturas.
- Análisis de los niveles cognitivos de los conceptos hallados, incluyendo un análisis global dónde se compararon conceptos con niveles iguales o superiores a lo sugerido versus conceptos con niveles por debajo de lo sugerido.

Vale la pena destacar que pudieron encontrarse metodologías similares a la aplicada en la evaluación de requerimientos metrológicos con Taxonomía de Bloom, lo cual refuerza metodológicamente la elección de las actividades en esta sección. De acuerdo con Harris y Peña [1], en la actualidad, en los Estados Unidos existe un proceso denominado DACUM (Developing a Curriculum, teniendo en cuenta su procedencia en inglés), el cual consiste en un acercamiento estandarizado que busca analizar el conocimiento, las habilidades y las labores conectadas con posiciones de trabajo; y que es comúnmente usado como un criterio en el desarrollo de programas educativos.

Así, un facilitador entrenado trabaja con equipo de expertos para identificar las competencias críticas. De esta forma, una comparación puede llevarse a cabo entre las habilidades y conocimiento crítico requeridos en ingeniería, y aquellas habilidades y conocimiento necesarios para el área de metrología, tomando como base ciertas publicaciones de la NCSL (National Conference of Standards Laboratories), como el Laboratory Management (LM) 13: Calibration Laboratory Personnel Qualifications (Manejo de Laboratorio 13: Requisitos de Calibración para el Personal de Laboratorio), o estudios formales como los reportes de Developing a Curriculum Competency Profile (Desarrollo de un Currículo con Perfiles de Competencia) [1].

En pocas palabras, procesos como DACUM, en dónde se hace la consulta de expertos para poder comparar las necesidades en ingeniería versus las necesidades en metrología, sirven como referentes metodológicos en las consideraciones que se tuvieron en cuenta en esta sección.

2.2.1 Determinación de asignaturas para evaluación

En la determinación del grupo de asignaturas a evaluar con el primer grupo de entrevistas jugaron un papel relevante los siguientes criterios:

- Obligatoriedad.

- Contenido de laboratorio.

De esta forma, se presenta un listado de las 12 asignaturas seleccionadas (correspondiente aproximadamente a un 18% del total de asignaturas del programa de ingeniería electrónica y a un poco más del 36% del contenido obligatorio de dicho programa curricular), estas asignaturas se pueden ver en la Tabla 3, donde la columna de semestre se espera que el estudiante tome tal asignatura:

Tabla 3. Asignaturas del programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, tenidas en cuenta en la evaluación de la estructura general de conceptos metroológicos

Asignatura	Semestre
1. Fundamentos de mecánica	Segundo
2. Fundamentos de electromagnetismo/Electricidad y magnetismo	Tercero
3. Fundamentos de oscilaciones, ondas y óptica	Quinto
4. Electrónica de potencia	Octavo
5. Control	Séptimo
6. Electrónica análoga I	Cuarto
7. Circuitos eléctricos	Quinto
8. Líneas y antenas	Sexto
9. Electrónica digital	Sexto
10. Electrónica análoga II	Sexto
11. Instrumentación y medidas	Quinto
12. Taller de ingeniería electrónica	Primero

2.2.2 Selección de expertos en metrología

Es importante considerar las limitaciones de tiempos y recursos de un trabajo de investigación como este, lo cual, necesita conocer opiniones diferentes de los tres sectores, industria, Estado y academia. Igualmente, ante la carencia de trabajos previos es necesario dar un primer paso para buscar voces en estos sectores para los requerimientos en metrología. Claramente una consulta completa a cada uno de esos tres

sectores, excede con mucho este trabajo de investigación y probablemente cada uno de estos sectores daría origen a todo un proyecto más gigante. Por esas limitaciones se buscan tres voces provenientes de cada uno de estos sectores, por ende, son opiniones individuales, y por eso es muy importante de la selección de la persona, la cual, posee tiempo de experiencia y conocimientos en metrología desde su sector, y esta característica también permitió que asumieran una postura de trabajo como representante del sector al cual pertenece. Dentro del documento, si se llega a decir que es el sector industria, Estado y academia, el que dice realiza la opinión, se debe interpretar como la opinión del experto que viene de cada uno de los sectores.

2.2.3 Construcción de encuestas para evaluación de asignaturas y requerimientos por parte de los expertos y análisis de resultados

El corazón de este trabajo de grado consiste en la determinación de la articulación de los conceptos metrológicos, definidos en la estructura general, dentro del programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, teniendo en cuenta los requerimientos de los tres sectores más importantes: industria, estado y academia.

De acuerdo con Harris y Peña [1], la determinación de los niveles de integración de los conceptos de metrología en los currículos de ingeniería corresponde a una medida potencial que evalúa el impacto del alcance metrológico dentro de las actividades educativas a futuro. En este documento, este impacto a futuro corresponde al establecimiento de las posibles brechas y oportunidades de mejora del estado actual del perfil del ingeniero electrónico, desde una perspectiva metrológica, a través de la herramienta DOFA que se explicará más adelante.

Como se había mencionado anteriormente, la articulación de conceptos metrológicos requirió dos etapas de entrevistas que permitieron obtener dos tipos de resultados:

- Entrevistas a docentes de las asignaturas seleccionadas cuyos resultados pudieron ayudar en *la construcción de un estado actual general del ingeniero electrónico desde una perspectiva metrológica.*
- Entrevistas a expertos que permitieron *la construcción de un perfil general del egresado ideal que pueda suplir las necesidades metrológicas de todos los sectores involucrados.*

La comparación entre resultados hallados (perfil actual general) versus resultados sugeridos (perfil general del egresado ideal) es la que pudo mostrar la articulación de los conceptos metroológicos.

Ahora, para ambas etapas de obtención de resultados, se aplicaron entrevistas semiestructuras-abiertas (cuyos modelos pueden observarse en Anexos) ([ANEXO 3](#)). En palabras de Díaz-Bravo *et al.*, “la entrevista es más eficaz que el cuestionario porque obtiene información más completa y profunda, además presenta la posibilidad de aclarar dudas durante el proceso, asegurando respuestas más útiles” [45]. Por esta razón, se seleccionó este tipo de método de recolección de datos, ya que sus características se acomodaron perfectamente a lo que se necesitaba en esta etapa metodológica [45]:

- Se partió de algunas preguntas planeadas, pero estas se ajustaron a los entrevistados, tanto docentes como expertos. Con esto pudo conseguirse una *adaptación a los sujetos entrevistados*, motivándolos a interactuar, sin dejar de lado la posibilidad de identificar ambigüedades y reducir formalismos.
- Como hubo cierta planeación en las temáticas a abordar (ejes de la estructura general de conceptos, sobre todo), esto permitió *mantener una uniformidad suficiente para alcanzar interpretaciones acordes con los propósitos de este estudio*.
- Ya por fuera de las preguntas consideradas, también se dio la oportunidad a los entrevistados de *dar sus puntos de vista particulares*, así estuvieran por fuera de las temáticas específicas que debían tocarse. Esto fue valioso y se reflejará en los contenidos del capítulo de comentarios finales.

Para las dos etapas de entrevistas se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros, basados en las recomendaciones de Miguel Martínez, recopiladas por Díaz-Bravo *et al.* [45]:

1. Se elaboraron dos guías de entrevistas: una para los docentes de las 12 asignaturas a considerar y otra para los expertos. Ambas guías contaron con preguntas agrupadas por categorías, correspondientes a los objetivos puntuales de los resultados específicos que se buscaban obtener con ellas. A pesar de existir las

guías, se tuvieron en cuenta modificaciones pertinentes al orden de las mismas, de forma que pudieron fluir bajo las condiciones dadas por la interacción entre el entrevistador y el entrevistado.

2. Se explicaron a los entrevistados los objetivos del proyecto, al tiempo que se solicitaron autorizaciones para poder recolectar la información, tanto de forma oral (grabaciones) como escrita (diligenciamiento de los formatos de entrevista).
3. Las entrevistas se llevaron a cabo en lugares tranquilos y agradables, que facilitaron el diálogo con los entrevistados. Esto fue considerado un punto esencial, ya que la longitud de la temática a tocar fue extensa, por lo que la actitud de los entrevistados debía ser la mejor en todo el espacio destinado a la entrevista.
4. El entrevistador tuvo en cuenta mantener una actitud receptiva y abierta, sin interrupciones al entrevistado, y con la prudencia suficiente como para invitar al mismo a ahondar en conceptos u opiniones que consideró necesarias durante el proceso.

Los resultados de las encuestas aplicadas a los docentes de las doce asignaturas del plan de estudio de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá y los expertos de academia, industria y estado, se pueden ver en el 3.2

2.2.3.1 Construcción de encuestas para evaluación de conceptos metrológicos abordados en asignaturas del plan de estudios

En la primera etapa de entrevistas dedicadas a las doce asignaturas seleccionadas en 2.2.1, se tuvieron en cuenta los siguientes pasos específicos:

1. En primera instancia, la estructura general de los conceptos metrológicos fue explicada a cada uno de los entrevistados. Dentro de esa explicación, se incluyeron aspectos básicos como la subdivisión de la estructura en los 5 ejes fundamentales: metrología general, sistemas de medición, sistemas de calibración, incertidumbre de medida y aplicación de matemáticas, y sistemas y estándares de calidad. De la misma forma, se presentó el currículo suministrado por la universidad para cada una de las asignaturas. Con esto se pudo corroborar si dicho currículo correspondía al contenido temático enseñado o si había modificaciones pertinentes a tener en cuenta.

2. Luego de la introducción, se preguntaba qué ejes de la estructura general metrológica eran tratados en la asignatura. Para cada eje que el entrevistado afirmaba tocar en su enseñanza, se ahondó en los contenidos temáticos (conceptos). Esto permitió saber qué conceptos metrológicos fueron hallados por asignatura: los que luego se integrarían para la construcción de un perfil general de conceptos encontrados.
3. Finalmente, se hizo un análisis particular de la profundidad cognitiva de la asignatura (Taxonomía de Bloom) en relación con los conceptos metrológicos de la estructura general.

2.2.3.2 Construcción de encuestas para requerimientos por parte de los expertos

En la segunda etapa de entrevistas a los expertos de industria, estado y academia, pudieron hallarse ciertas similitudes en los pasos específicos para su abordaje:

1. Hubo una explicación preliminar de los ejes, sub-ejes y conceptos de la estructura general metrológica. No obstante, no hubo un comparativo con conceptos de currículos temáticos. De esta forma, el abordaje inicial correspondió a la respuesta a la siguiente pregunta básica: De acuerdo con su área de experticia, de los siguientes ejes, sub-ejes y conceptos metrológicos, ¿cuáles son los que usted considera que un egresado en ingeniería electrónica debe tener?
2. Ya al considerar los conceptos específicos requeridos, se pasó a hacer una evaluación de acuerdo a la profundidad cognitiva ofrecida por Taxonomía de Bloom: ¿a qué nivel cognitivo usted requeriría estos conceptos que necesita?

La presentación de los resultados se hizo a través de gráficas comparativas (por cada uno de los ejes). En estas, se pudieron observar las diferencias entre los conceptos hallados en las 12 asignaturas versus los conceptos sugeridos por los expertos. Tanto para los conceptos hallados en las 12 asignaturas como para los conceptos sugeridos por los expertos, se tuvo en cuenta el nivel cognitivo encontrado, respectivamente, para cada uno de ellos: es decir, si un concepto fue hallado en varias asignaturas al tiempo, se tomó el

nivel cognitivo de Taxonomía de Bloom que el estudiante debe alcanzar de acuerdo con lo que se consultó a los docentes; de la misma forma, si un concepto fue requerido por varios expertos al tiempo, sólo se tomó el mayor nivel cognitivo que se pide a un egresado. En definitiva, esto es lo que corresponde al contraste entre *estado actual del perfil general del ingeniero electrónico desde una perspectiva metrológica* versus *perfil general del egresado ideal que pueda suplir las necesidades metrológicas de todos los sectores*.

2.2.3.3 Análisis de resultados de encuestas

En el análisis específico de cada eje se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Comparación entre conceptos totales de la estructura general metrológica versus conceptos metrológicos sugeridos por expertos y conceptos metrológicos hallados en las asignaturas.
- Evaluación de la profundidad cognitiva de acuerdo con Taxonomía de Bloom de los conceptos hallados: Porcentaje de conceptos hallados para cada uno de los seis niveles cognitivos.
- Agrupación de los conceptos en tres sectores: conceptos hallados por encima del nivel requerido (sugerido) por expertos, conceptos hallados al nivel sugerido, y conceptos hallados por debajo del nivel sugerido.

Al final, se hace un análisis global, en el que se integran los porcentajes individuales de los ejes, para tener una idea global de cómo estos aspectos reflejan la articulación de los conceptos metrológicos para un ingeniero electrónico de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.

2.3 Aplicación de herramienta computacional para resultados de conceptos requeridos por parte de expertos versus conceptos hallados en asignaturas del programa de ingeniería electrónica

Desde una perspectiva general, la metodología seguida para el procesamiento de los datos jerarquizados bajo Taxonomía de Bloom y obtenidos a partir de las encuestas a expertos metrológicos versus los datos concernientes a los resultados hallados a partir de las

encuestas a docentes, se basó en la herramienta computacional para ontologías y operadores de agregación desarrollada en el documento de Sarmiento-González: “*Editor integral de objetivos de aprendizajes universitarios*” [19]. Esta metodología usada puede resumirse en el siguiente gráfico:

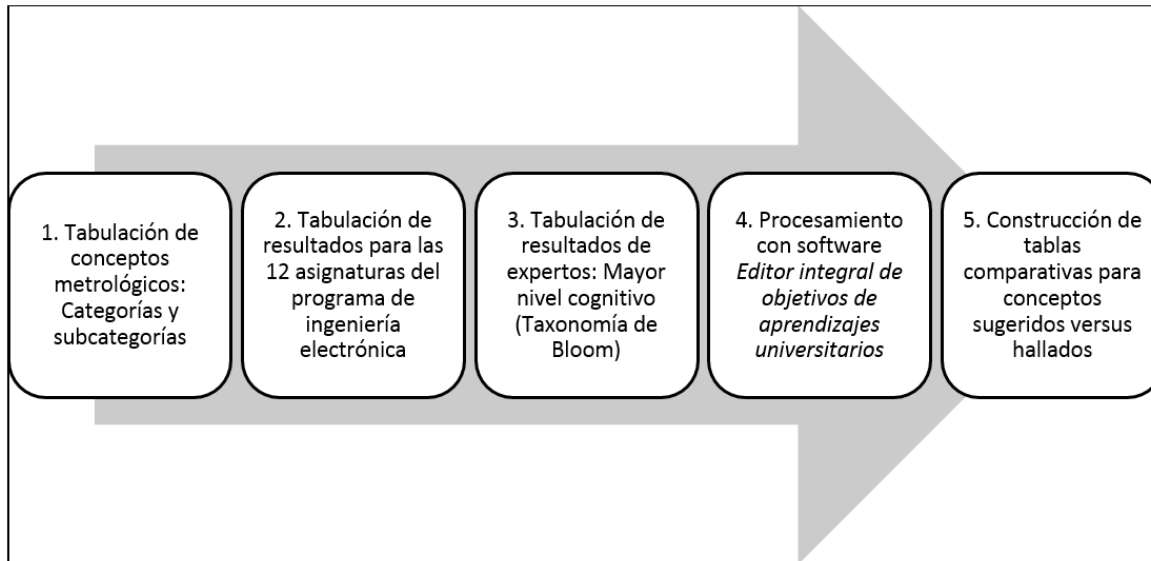


Figura 3. Diagrama de proceso para la evaluación de perfiles requerido y hallado a partir de software basado en ontologías y operadores de agregación

De forma más específica, se emplearon operadores OWA (Ordered Weighted Averaging operators), como parte de la modelación cuantitativa de los dos perfiles a obtener a partir de los resultados de las encuestas. Así, se siguieron los siguientes lineamientos metodológicos:

1. Se llevó a cabo la tabulación, en un archivo Excel, de toda la estructura general de conceptos metrológicos: una tabla organizada que respetó las categorías y subcategorías de la estructura. Se consideraron tres niveles: el primero con los 5 ejes, y dos subniveles adicionales con las subdivisiones de los 48 ejes y los 290 conceptos de la estructura general.

2. En el mismo archivo Excel, pero en una hoja diferente, se hizo la tabulación de los resultados de los niveles cognitivos, de acuerdo con Taxonomía de Bloom, para cada una de las doce asignaturas del programa de ingeniería electrónica.
3. En una tercera hoja del archivo Excel, se tabularon los resultados de los niveles cognitivos, de acuerdo con Taxonomía de Bloom, sugeridos por los expertos en industria, estado y academia. Sin embargo, se tuvo en cuenta el mayor valor cognitivo para cada uno de los conceptos sugeridos, tal cual como se estableció en 2.2.2.2.
4. Los resultados tabulados fueron cargados al software "*Editor integral de objetivos de aprendizajes universitarios*" [19]: Se seleccionó una categoría nueva en la que los Objetivos de aprendizaje de los cursos correspondieron a los resultados de las doce asignaturas del programa de ingeniería electrónica. El software procesó la información arrojando los resultados para la cuantificación de los dos perfiles: el relacionados con conceptos requeridos por expertos versus el concerniente a las doce asignaturas.
5. Los resultados suministrados por el software se pasaron nuevamente a un archivo Excel de dos columnas donde se evidencia el valor cognitivo hallado versus el sugerido. Estos resultados particulares permitieron hacer los análisis específicos y las comparaciones por eje y cada uno de los conceptos puntuales de la estructura general metrológica.

2.4 Análisis DOFA aplicado a conceptos hallados de acuerdo con los requerimientos de expertos

En el presente documento, el análisis de debilidades, fortalezas, amenazas y oportunidades, estuvo enfocado a los resultados hallados en etapas anteriores, más específicamente en la comparación entre los contenidos metrológicos hallados de acuerdo a la taxonomía de Bloom y los contenidos sugeridos por cada uno de los expertos en los sectores considerados: industria, estado y academia. Así, es posible determinar tres objetivos básicos que consideró este análisis [23]:

1. Responder a las necesidades e intereses de los tres sectores de los expertos.
2. Ayudar a un uso más eficiente de los recursos destinados por la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá a la formación de los profesionales de su programa de ingeniería electrónica.

3. Tener en cuenta el contexto particular en el que están inmersos tanto los sectores participantes como el programa curricular de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.

De esta forma, el primer paso para la aplicación de la herramienta DOFA fue la *creación de tres tablas comparativas (una para cada sector), en las cuales fue posible mostrar, de forma rápida y sencilla, los resultados hallados en los contenidos metrológicos versus las recomendaciones generales que cada uno de los expertos dio inicialmente*. Cada una de las tablas comparativas es única ya que es aplicable exclusivamente al sector en cuestión, por lo que el experto puede dar sus impresiones con relación a DOFA considerando su área de experiencia. Estas tablas pueden observarse más puntualmente en Anexos ([ANEXO 5](#)).

En segundo lugar, de forma paralela a la elaboración de las tablas comparativas, *se creó una encuesta general DOFA, basada en el documento [46], teniendo en cuenta ciertas modificaciones que se explicarán en el subcapítulo 2.4.1*. De esta manera, las respuestas de los expertos se clasificaron para construir tres matrices DOFA correspondientes a los sectores industria, estado y academia.

En tercer lugar, con los resultados de las entrevistas para cada uno de los expertos, *se pudieron construir tres matrices de estrategias y acciones*, con base en el enfrentamiento por pares de los siguientes factores [21]:

- Estrategias y Acciones FO: Conducentes al uso y potencialización de las fortalezas internas de los resultados hallados, con el objetivo de aprovechar las oportunidades externas.
- Estrategias y Acciones DO: Dirigidas a mejorar cada una de las debilidades utilizando las oportunidades identificadas.
- Estrategias y Acciones DA: Conducentes a minimizar los peligros potenciales en el sector donde las debilidades se encuentran con las amenazas. Es importante destacar que estas acciones deben ser muy precisas y su nivel de prioridad debe ser considerado como muy alto [22].

- Estrategias y Acciones FA: Dirigidas a estrategias para prevenir el impacto de las amenazas identificadas utilizando las fortalezas existentes en el programa curricular. Al igual que con el caso de las Estrategias y Acciones DA, su prioridad debe ser muy alta [22].

Las matrices para las estrategias se presentan en un cuadro 2x2, dónde la columna uno y dos corresponden a las oportunidades y amenazas respectivamente, mientras que las filas superior e inferior son para las fortalezas y debilidades [22]; [21]. Es esencial llamar la atención hacia el hecho que, como lo indica Amaya [22], las estrategias deben corresponder a acciones lo suficientemente preparadas para que estas sean objetivas, controlables, cuantificables o susceptibles de hacerles seguimiento. Esto se hará con la finalidad de evitar caer en actividades genéricas o intangibles, con baja capacidad de control, no gestionables o imposibles de verificar.

Finalmente, con los puntos en común de los resultados obtenidos tanto para las matrices DOFA, como para las matrices de estrategias y acciones, se construyeron dos matrices de resultados generales. En esta sección final, se seguirá la recomendación puntual de Amaya [22], por lo que se tomarán los puntos de más alto impacto: dando una perspectiva de los ejes de mayor importancia en los resultados hallados.

2.4.1 Construcción de encuesta DOFA

Para la construcción de la encuesta DOFA, se usó como punto de referencia el documento [21]. De esta forma, a diferencia de las encuestas anteriores, esta encuesta-entrevista fue estructurada ya que, para la construcción específica de las matrices, fue necesario focalizar la información requerida a los expertos, y considerar sus limitaciones de tiempo. Así, se hicieron ciertas modificaciones pertinentes a las condiciones específicas del caso de estudio:

- Reducción en el número de preguntas, para un enfoque puntual de la entrevista.
- Limitación en las respuestas de los expertos, con la finalidad de lograr un análisis rápido de los resultados y enfocar a los mismos a la entrega de información específicamente relacionada con lo que les requería la entrevista.

En el capítulo de Anexos, es posible observar la entrevista aplicada a los expertos con ciertas recomendaciones puntuales que se tuvieron en cuenta al momento de aplicarlas ([ANEXO 8](#)).

Vale la pena destacar el orden en el que se llevó a cabo la entrevista, el cual siguió las recomendaciones bibliográficas de [22]. De esta manera, se discutieron primero fortalezas y oportunidades, y luego debilidades y amenazas. De acuerdo con Amaya [22], hay una justificación basada en psicología empresarial, ya que hay una tendencia a comentarios pesimistas si la herramienta se concentra partiendo de las amenazas y debilidades. Por ende, hay resultados más receptivos cuando se sigue el orden sugerido.

Capítulo 3 Resultados

En este capítulo se hace la presentación de los resultados de este trabajo, el cual se compone de 5 subsecciones que abarca, el resultado de la estructura general de conceptos de metrología, los resultados de las entrevistas de docentes y expertos, los resultados de la herramienta computacional, los resultados de la evaluación de requerimientos metrológicos con taxonomía de Bloom, aplicada a la estructura general de conceptos y los resultados del análisis DOFA.

3.1 Estructura general de conceptos de metrología

A continuación, se muestran, en primera instancia, los árboles conceptuales de las cuatro fuentes de información referencial consultadas: CCT, Agilent, Metrology Handbook y Cursos del INM, con sus respectivas nubes de palabras para las palabras más frecuentes encontradas en las mismas. En la sección de Anexos([ANEXO 1](#)), podrán observarse con mayor detalle todos los subtemas y conceptos correspondientes a cada una de las referencias.

1. CCT BOK (Certified Calibration Technician Body of Knowledge, Cuerpo de Conocimiento para Certificación en Técnico de Calibración): Este documento posee cinco sub-ejes temáticos: metrología general, sistemas de medida, sistemas de calibración, incertidumbre de medida y matemáticas aplicadas, y estándares y sistemas de calidad. En total, hay 36 subtemas pertenecientes a los sub-ejes, que engloban 156 conceptos asociados a metrología. Esto se puede ver en la Figura 4.

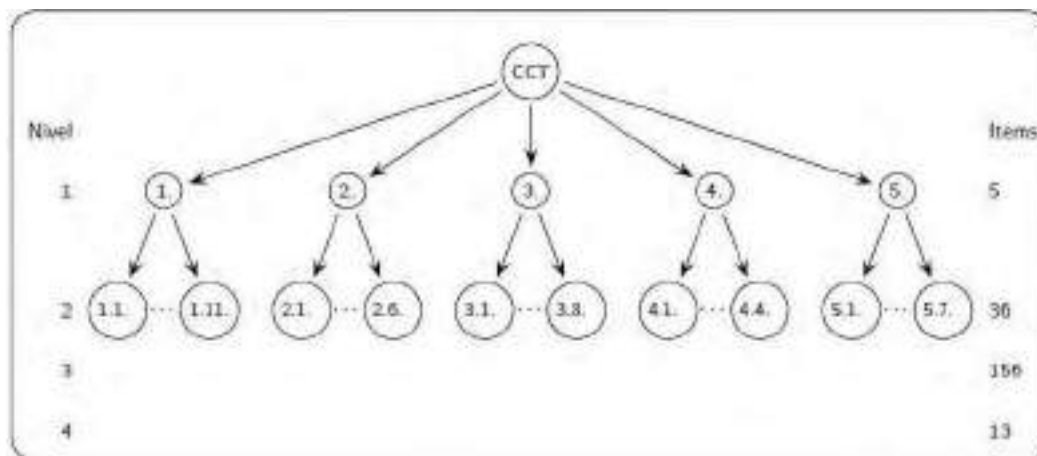


Figura 4: Árbol conceptual de contenidos metroológicos para CCT

Del análisis detallado de las palabras frecuentes en el árbol conceptual, pudo crearse una nube de palabras, que consideró un número total de 449 palabras, en el que se destacan términos como incertidumbre, medición, calibración, calidad, error, prueba, equipo, etc. Esto se puede ver en la Figura 5.



Figura 5: Nubes de palabras para CCT

1. Test and Measurement Fundamentals Curriculum Overview by Agilent Accelerated Education Curriculum (Revisión de Conceptos Fundamentales para Evaluación y Medición, por Currículo de Educación Acelerada de Agilent): Esta referencia tiene

1. Metrology Handbook (Manual de Metrología), Segunda Edición: Este documento posee siete sub-ejes temáticos: antecedentes en metrología, sistemas de calidad, conceptos de metrología, matemáticas y estadística: su uso en la medición, incertidumbre en la medición, parámetros de medición, y administrar un departamento de metrología o laboratorio de calibración. En total, hay 42 subtemas pertenecientes a los sub-ejes, que engloban 100 conceptos asociados a metrología. Esto se puede ver en la Figura 8.

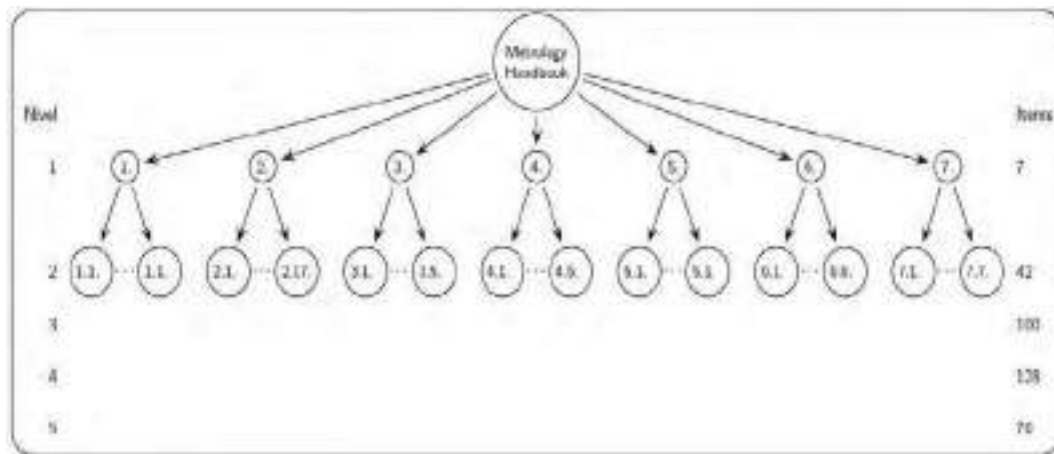


Figura 8: Árbol conceptual de contenidos metrológicos para Metrology Handbook

Del análisis detallado de las palabras frecuentes en el árbol conceptual, pudo crearse una nube de palabras, que consideró un número total de 1541 palabras, en el que se destacan términos como medición, calibración, incertidumbre, distribución, estándares, métodos, calidad, ISO, etc. Esto se puede ver en la Figura 9.



Figura 9: Nube de palabras para Metrology Handbook

1. Cursos ofrecidos por INM (Instituto Nacional de Metrología de Colombia): Esta referencia tiene veintinueve sub-ejes temáticos, correspondientes a cada uno de los cursos ofrecidos por la institución y que pueden consultarse en el marco teórico. En total, hay 299 subtemas pertenecientes a los sub-ejes, que engloban 98 conceptos asociados a metrología. Esto se puede ver en la Figura 10.

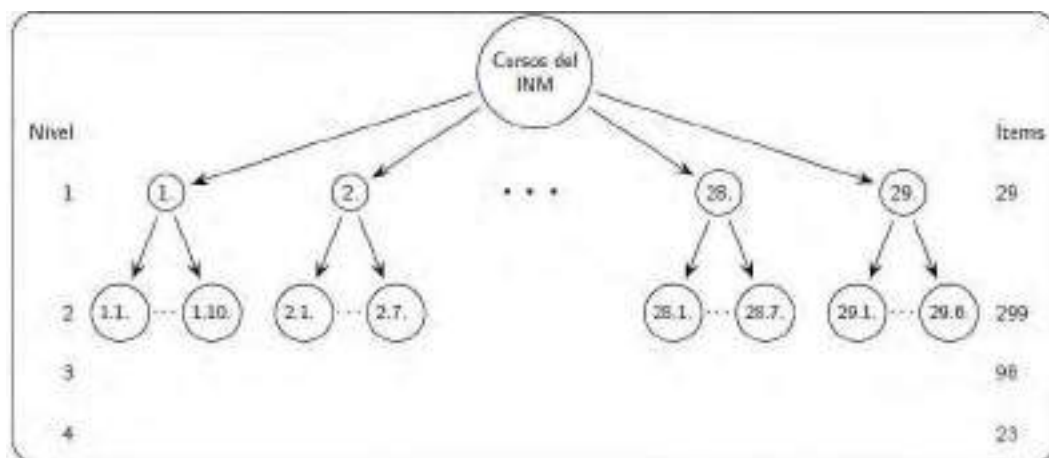


Figura 10: Árbol conceptual de contenidos metrológicos para Cursos ofrecidos por INM

Del análisis de las palabras frecuentes en el árbol conceptual, pudo crearse una nube de palabras, con un número total de 3164 palabras, en el que se destacan términos como incertidumbre, calibración, metrología, estimación, conceptos básicos, prácticas, entre otros. Esto se puede ver en la Figura 11.



Figura 11: Nubes de palabras para Cursos ofrecidos por INM

Para la construcción del árbol unificado de conceptos (estructura general), se tomaron como bases los cinco sub-ejes de CCT. Sin embargo, para los subtemas y, por ende, los conceptos, se integraron elementos del resto de árboles unificados teniendo en cuenta la afinidad. Este proceso permitió que los conceptos incluidos en cada uno de los nodos principales compartieran las mismas características. De esta forma, cada sub-eje posee elementos de todos los materiales referenciados. La estructura general tiene 48 subtemas y un total de 293 conceptos asociados metrológicamente con el programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Esto se puede ver en la Figura 12. Para una consulta detallada de los subtemas y conceptos de la estructura general, por favor consultar Anexos ([ANEXO 2](#)).

a un nivel cognitivo 3 de Taxonomía de Bloom. Esto se puede apreciar en el [Anexo 4](#). Para otras asignaturas, como *Fundamentos de mecánica*, se estableció que 31 conceptos de los 95 pertenecientes al Eje 5 de incertidumbre se manejan a un nivel cognitivo 5 de Taxonomía de Bloom. Estos valores reflejan que los conceptos asociados a incertidumbre alcanzan el nivel requerido por los expertos, como se observa en [Anexo 5](#).

Resultados análogos fueron obtenidos para las doce asignaturas evaluadas, de tal forma que se obtuvieron valores relacionados con los niveles cognitivos de Taxonomía de Bloom para todos los conceptos de la estructura general, en preparación para los datos considerados en 2.3.

3.2.2 Resultados de entrevistas a expertos en metrología

Los resultados de las entrevistas de los expertos en metrología es una muestra representativa de los sectores estado, academia e industria presentes en este trabajo, la encuesta realizada el representante del sector estado se realizó con el ingeniero Miguel Angel Rincon Barrera, el cual, cuenta con una experiencia de 6 años de trabajo en el Instituto nacional de Colombia INM de los cuales 5 de esos años de experiencia los ha ejercido en el proceso de automatización de mediciones de las áreas misionales del INM. Para el experto en academia la encuesta se realizó con la ingeniería Wendy Patricia Hernández Acosta, ingeniera de pruebas del laboratorio de metrología y supervisora de calidad del laboratorio de ensayos eléctricos de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá LABE, ella cuenta con experiencia de 6 años en el área de metrología. Para el experto de industria la encuesta se realizó con el ingeniero Luis Gonzalo Rojas, el cual, cuenta con 11 años de experiencia en metrología, él es representante comercial y coordinador de laboratorio de calibración de la empresa SEISA S.A., que es la empresa representante de instrumentos Fluke para Colombia. Para mayor detalle se puede observar en el [Anexo 5](#)

Los resultados de las entrevistas con expertos se definieron de forma más directa, ya que se hizo la revisión de cada uno de los conceptos de la estructura general con lo que se sugirió el nivel cognitivo requerido de acuerdo con cada una de las áreas de experticia consultadas.

Por ejemplo, en el Eje 1 (metrología general), de los 59 conceptos evaluados en las entrevistas para los sectores academia y estado, 58 son requeridos. De esta misma forma, para industria, todos los conceptos son necesarios. Una situación análoga, se puede evidenciar en los otros cuatro ejes, que dependiendo del sector consultado, reflejan un nivel cognitivo requerido. Puede verse más de estos resultados puntuales en el [ANEXO 5](#).

Lo anterior llevó a los resultados de industria, estado y academia, como se explica en 2.2.2.2. Posteriormente, que se tuvo en cuenta el mayor nivel cognitivo y se prepararon los datos para 2.3.

3.3 Resultados de la herramienta computacional

La Figura 13 muestra, de forma global, el resultado arrojado por el software *Editor integral de objetivos de aprendizajes universitarios*, en el cual pueden compararse los resultados jerarquizados, de acuerdo con Taxonomía de Bloom, para el perfil requerido (Metrología) versus el perfil hallado (Objetivos de los cursos). De igual manera, la tabla muestra los resultados de Taxonomía de Bloom para cada una las doce asignaturas consideradas en este estudio.

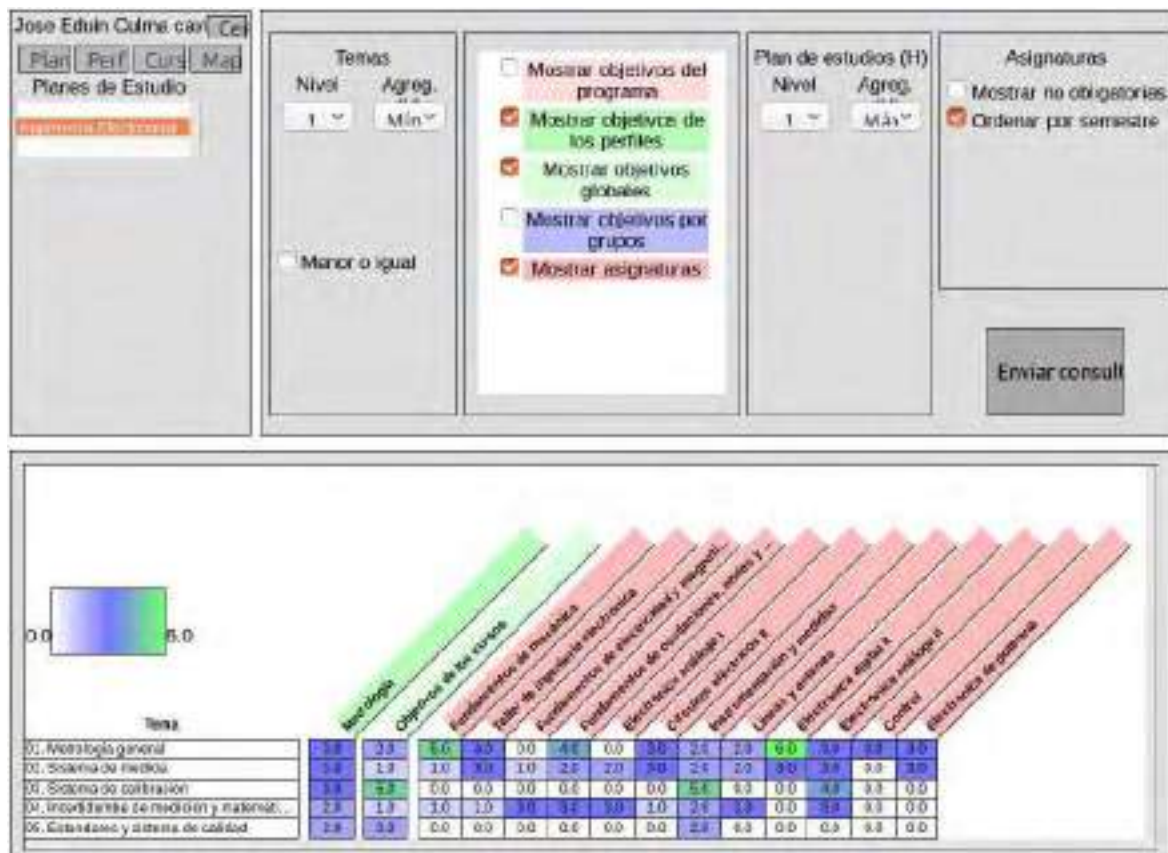


Figura 13: Interfaz cabecera de configuración y resultados a primer nivel

Los resultados puntuales para cada uno de los 290 conceptos de la estructura metrológica se mostrarán en Anexos. ([ANEXO 6](#))

Finalmente, vale la pena destacar que estos resultados puntuales se usarán para la construcción de las cinco tablas comparativas entre conceptos sugeridos y hallados, así como los gráficos derivados de estas.

3.4 Evaluación de requerimientos metrológicos con taxonomía de Bloom, aplicada a la estructura general de conceptos

Como se estableció en metodología, la evaluación de los requerimientos metrológicos usando la herramienta de Taxonomía de Bloom, se hizo con énfasis en los cinco ejes temáticos de la estructura general de la siguiente manera ([ANEXO 7](#)):

- Comparación entre conceptos sugeridos por expertos versus conceptos hallados a partir del análisis de las asignaturas.
- Análisis de los niveles cognitivos de los conceptos hallados, incluyendo un análisis global dónde se compararon conceptos con niveles iguales o superiores a lo sugerido versus conceptos con niveles por debajo de lo sugerido.

3.4.1 Eje 1: Metrología general

El eje temático metrología general, contiene 59 conceptos que resultaron de la construcción del árbol unificado. De estos 59 conceptos, los expertos consultados sugirieron que todos debían ser tenidos en cuenta en el programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Una vez realizado el análisis en las asignaturas del plan de estudios que se revisó en este trabajo, se encontró que, de los 59 conceptos sugeridos, 33 eran abordados. La Figura 14 muestra en detalle los conceptos sugeridos (color azul) y los conceptos hallados en el plan de estudios (color naranja). Estas cifras indican que la relación entre los conceptos hallados con respecto a los conceptos sugeridos por los expertos es del 66%.

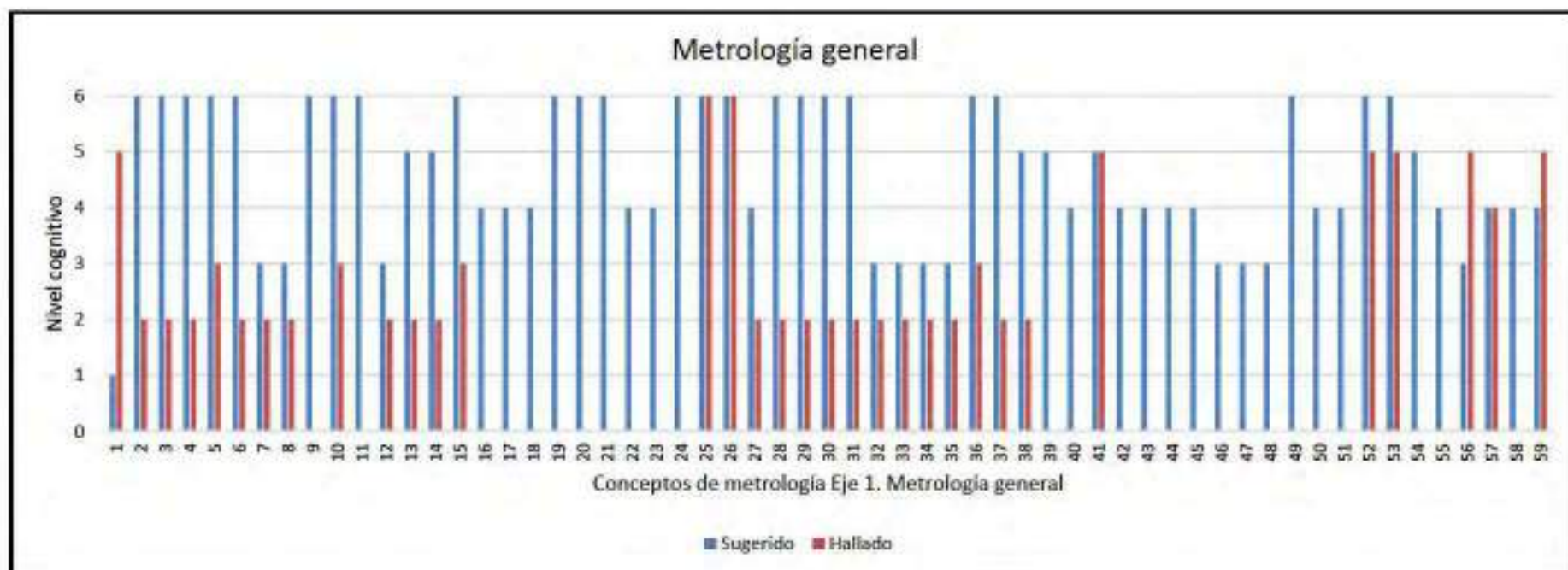


Figura 14: Comparación entre conceptos sugeridos y conceptos hallados para eje 1 (metrología general)

Analizando en profundidad el nivel cognitivo para los 33 conceptos que se hallaron, es posible observar lo siguiente:

- El 0% de los conceptos hallados son trabajados a nivel cognitivo 1.
- El 60,61% de los conceptos hallados son trabajados a nivel cognitivo 2.
- El 12,12% de los conceptos hallados son trabajados a nivel cognitivo de 3.
- El 3,03% de los conceptos hallados son trabajados a nivel cognitivo de 4.
- El 18,18% de los conceptos hallados son trabajados a nivel cognitivo de 5.
- El 6,06% de los conceptos hallados son trabajados a nivel cognitivo de 6.

Estos resultados se muestran en la Figura 15.

Haciendo una comparación del nivel cognitivo al que son trabajados los conceptos encontrados en las asignaturas con respecto al nivel cognitivo sugerido por los expertos, se hace una clasificación en tres grupos:

- Conceptos hallados por encima del nivel sugerido: 3 (9,09%)
- Conceptos hallados al nivel sugerido: 4 (12,12 %)
- Conceptos hallados por debajo del nivel sugerido: 26 (78,79%).

De esta forma, pude decirse que los conceptos hallados iguales o superiores al nivel sugerido corresponden a un quinto del total. En la Figura 16 se muestran estos resultados.

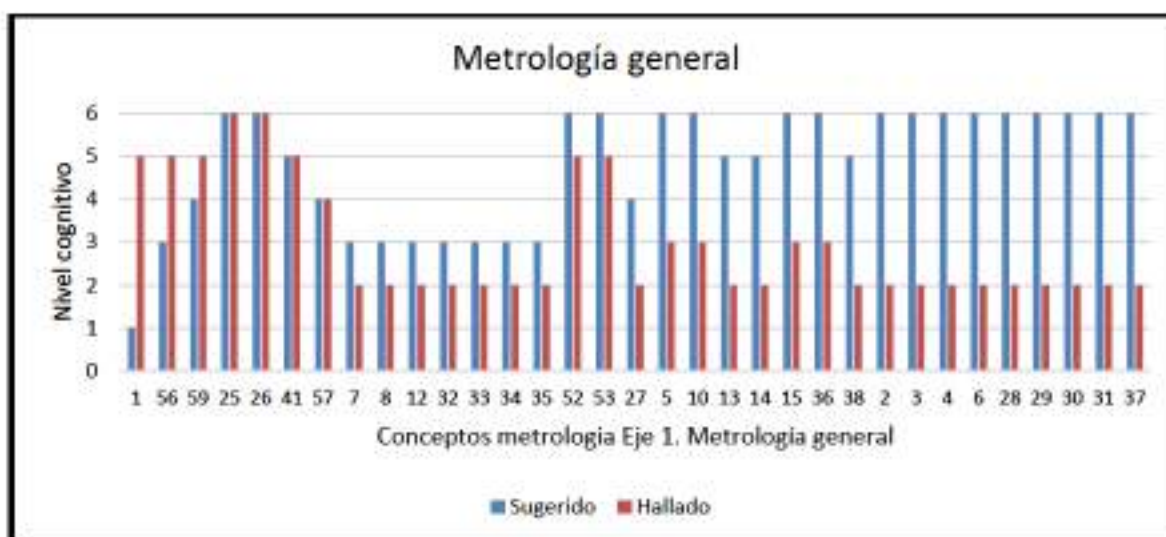


Figura 15: Profundidad de niveles cognitivos de acuerdo a Taxonomía de Bloom para conceptos hallados en eje 1

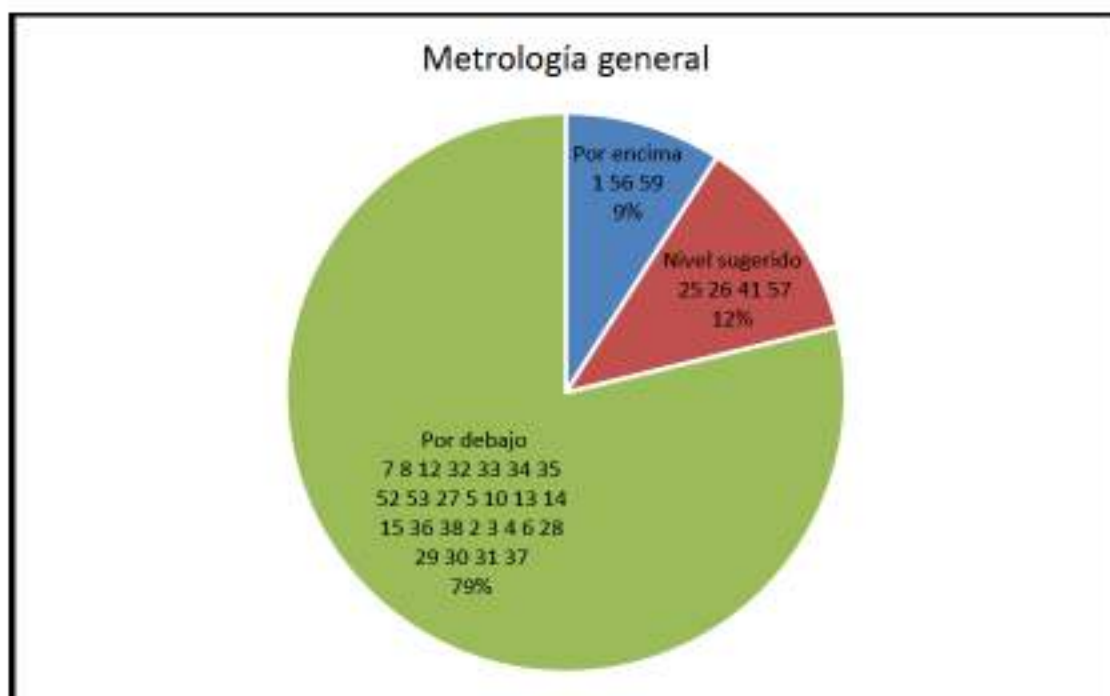


Figura 16: Comparación entre conceptos hallados al nivel, por encima o por debajo del nivel cognitivo sugerido por los expertos para eje 1

3.4.2 Eje 2: Sistemas de medida o medición

El eje temático sistemas de medida o medición, contiene 52 conceptos que resultaron de la construcción del árbol unificado. De estos 52 conceptos, los expertos consultados sugirieron que todos debían incluirse en el programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Luego del análisis correspondiente, se encontró que, de los 52 conceptos sugeridos, 26 eran abordados en dicho plan de estudios. La Figura 17 muestra en detalle los conceptos sugeridos (color azul) y los conceptos hallados en el plan de estudios (color naranja). Estas cifras indican que la relación entre los conceptos hallados con respecto a los conceptos sugeridos por los expertos es 50%.



Figura 17: Comparación entre conceptos sugeridos y conceptos hallados para eje 2 (sistemas de medida o medición)

Analizando en profundidad el nivel cognitivo para los 26 conceptos que se hallaron, es posible observar lo siguiente:

- El 15,38% de los conceptos hallados son trabajados a nivel cognitivo 1.
- El 11,54% de los conceptos hallados son trabajados a nivel cognitivo 2.
- El 23,08% de los conceptos hallados son trabajados a nivel cognitivo de 3.
- El 7,69% de los conceptos hallados son trabajados a nivel cognitivo de 4.
- El 30,77% de los conceptos hallados son trabajados a nivel cognitivo de 5.
- El 11,54% de los conceptos hallados son trabajados a nivel cognitivo de 6.

Estos resultados se muestran en la Figura 18.



Figura 18: Profundidad de niveles cognitivos de acuerdo a Taxonomía de Bloom para conceptos hallados en eje 2

Haciendo una comparación del nivel cognitivo al que son trabajados los conceptos encontrados en la asignatura con respecto al nivel cognitivo sugerido por los expertos para esos conceptos, se hace una clasificación en tres grupos:

- Conceptos hallados por encima del nivel sugerido: 4 (15,38%)
- Conceptos hallados al nivel sugerido: 4 (15,38%)
- Conceptos hallados por debajo del nivel sugerido: 18 (69,23%).

De esta forma, pude decirse que los conceptos hallados iguales o superiores al nivel sugerido corresponden a más de un 30% (30.76%). En la Figura 19 se muestran estos resultados.

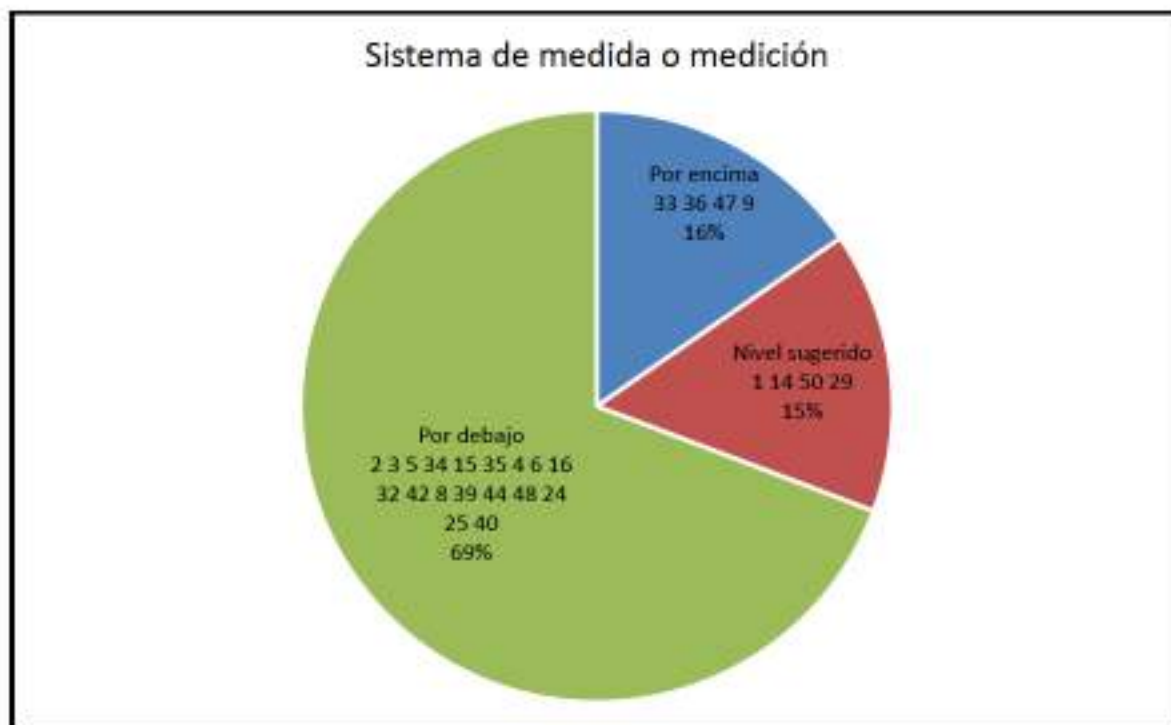


Figura 19: Comparación entre conceptos hallados al nivel, por encima o por debajo del nivel cognitivo sugerido por los expertos para eje 2

3.4.3 Eje 3: Sistemas de calibración

El eje temático sistemas de calibración, contiene 49 conceptos que resultaron de la construcción del árbol unificado. De estos 49 conceptos, los expertos consultados sugirieron que todos debían incluirse en el programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Luego del análisis correspondiente, se encontró que, de los 49 conceptos sugeridos, 4 eran abordados en dicho plan de estudios. La Figura 20 muestra en detalle los conceptos sugeridos (color azul) y los conceptos hallados en el plan de estudios (color naranja). Estas cifras indican que la relación entre los conceptos hallados con respecto a los conceptos sugeridos por los expertos es 8,16%.



Figura 20: Comparación entre conceptos sugeridos y conceptos hallados para eje 3 (sistemas de calibración)

Analizando en profundidad el nivel cognitivo para los 4 conceptos que se hallaron, es posible observar lo siguiente:

- El 0% de los conceptos hallados son trabajados a nivel cognitivo 1.
- El 0% de los conceptos hallados son trabajados a nivel cognitivo 2.
- El 0% de los conceptos hallados son trabajados a nivel cognitivo de 3.
- El 0% de los conceptos hallados son trabajados a nivel cognitivo de 4.
- El 6,12% de los conceptos hallados son trabajados a nivel cognitivo de 5.
- El 2,04% de los conceptos hallados son trabajados a nivel cognitivo de 6.

Estos resultados se muestran en la Figura 21.

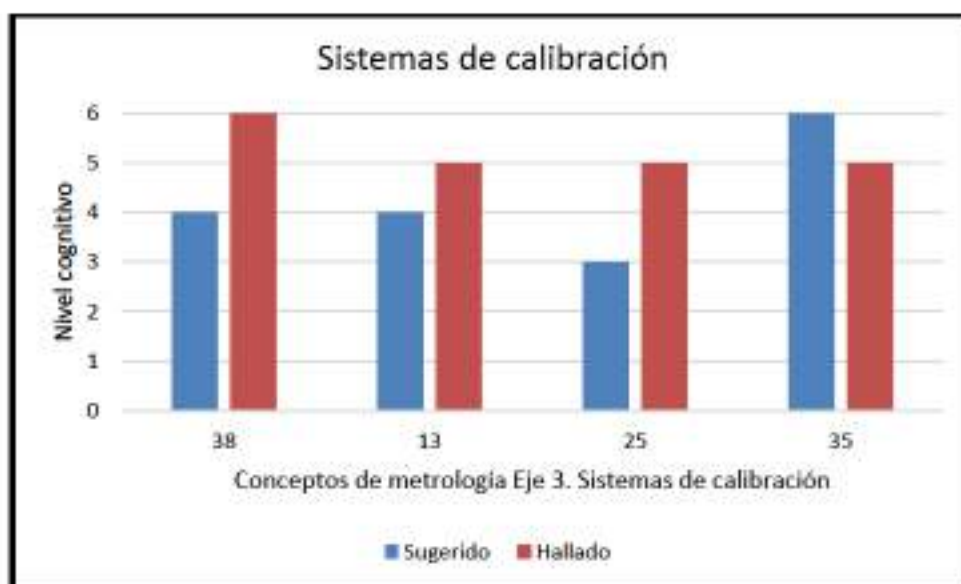


Figura 21: Profundidad de niveles cognitivos de acuerdo a Taxonomía de Bloom para conceptos hallados en eje 3

Haciendo una comparación del nivel cognitivo al que son trabajados los conceptos encontrados en la asignatura con respecto al nivel cognitivo sugerido por los expertos para esos conceptos, se hace una clasificación en tres grupos:

- Conceptos hallados por encima del nivel sugerido: 3 (75%)
- Conceptos hallados al nivel sugerido: 0 (0%)
- Conceptos hallados por debajo del nivel sugerido: 1 (25%)

De esta forma, puede decirse que los conceptos hallados iguales o superiores al nivel sugerido corresponden a un 100%. En la Figura 22 se muestran estos resultados.

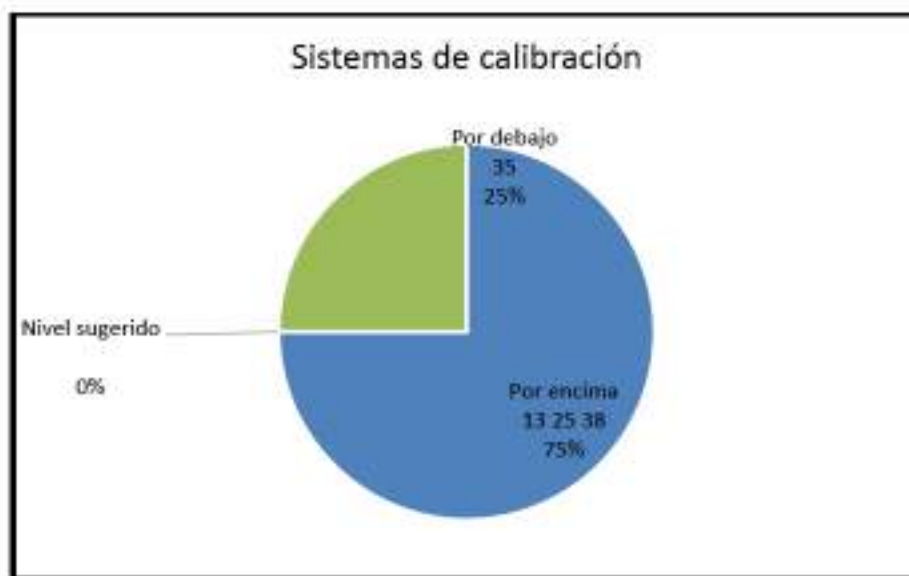


Figura 22: Comparación entre conceptos hallados al nivel, por encima o por debajo del nivel cognitivo sugerido por los expertos para eje 3

3.4.4 Eje 4: Incertidumbre de medida o medición y matemática aplicada

El eje temático Incertidumbre de medida o medición y matemática aplicada, contiene 95 conceptos que resultaron de la construcción del árbol unificado. De estos 95 conceptos, los expertos consultados sugirieron que 95 debían incluirse en el programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Luego del análisis correspondiente, se encontró que, de los 95 conceptos sugeridos, 68 eran abordados en dicho plan de estudios. La Figura 23 muestra en detalle los conceptos sugeridos (color azul) y los conceptos hallados en el plan de estudios (color naranja). Estas cifras indican que la relación entre los conceptos hallados con respecto a los conceptos sugeridos por los expertos es 71,58%.

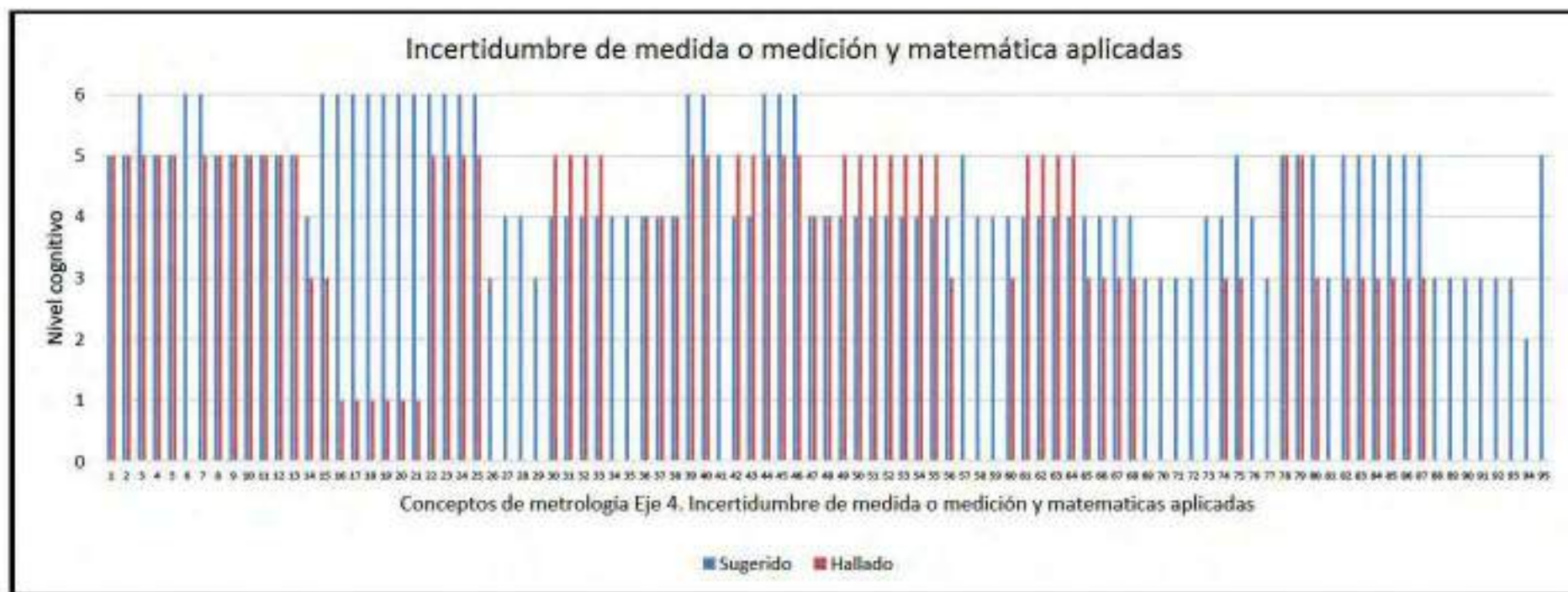


Figura 23: Comparación entre conceptos sugeridos y conceptos hallados para eje 4 (incertidumbre de medida o medición y matemática aplicada)

Analizando en profundidad el nivel cognitivo para los 68 conceptos que se hallaron, es posible observar lo siguiente:

- El 8,82% de los conceptos hallados son trabajados a nivel cognitivo 1.
- El 0% de los conceptos hallados son trabajados a nivel cognitivo 2.
- El 25,00% de los conceptos hallados son trabajados a nivel cognitivo de 3.
- El 7,35% de los conceptos hallados son trabajados a nivel cognitivo de 4.
- El 58,82% de los conceptos hallados son trabajados a nivel cognitivo de 5.
- El 0% de los conceptos hallados son trabajados a nivel cognitivo de 6.

Estos resultados se muestran en la Figura 24.

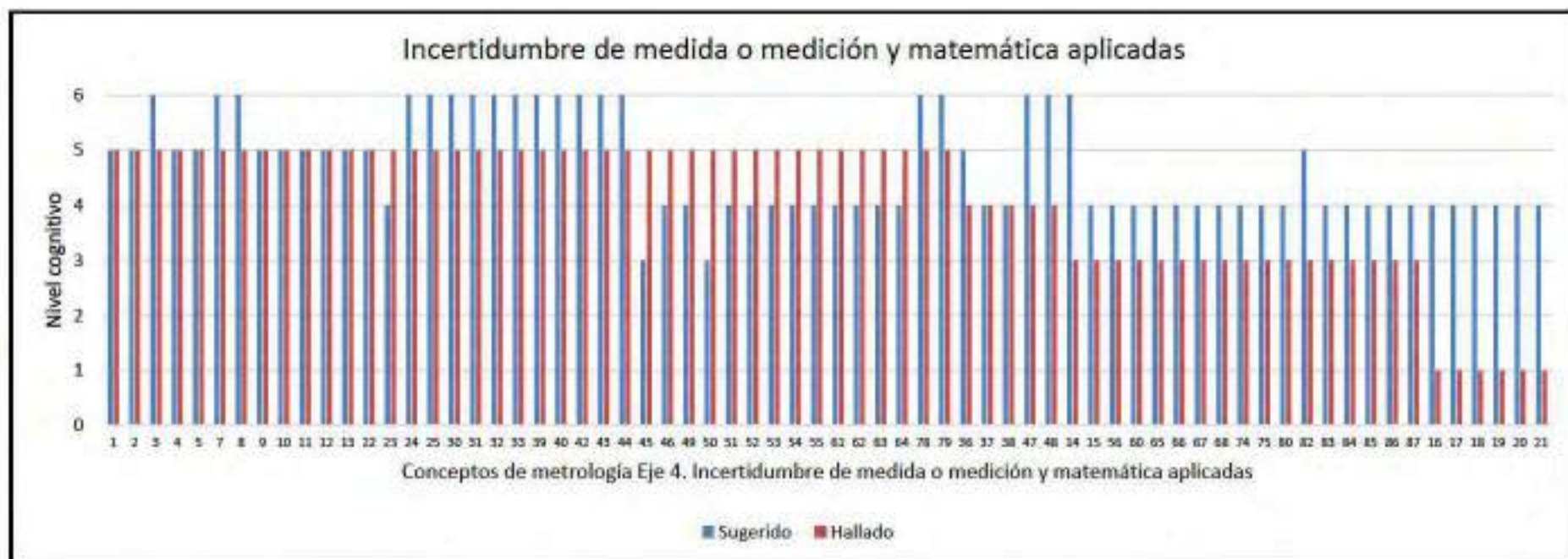


Figura 24: Profundidad de niveles cognitivos de acuerdo a Taxonomía de Bloom para conceptos hallados en eje 4

Haciendo una comparación del nivel cognitivo al que son trabajados los conceptos encontrados en la asignatura con respecto al nivel cognitivo sugerido por los expertos para esos conceptos, se hace una clasificación en tres grupos:

- Conceptos hallados por encima del nivel sugerido: 17 (25,00%)
- Conceptos hallados al nivel sugerido: 17 (25,00%)
- Conceptos hallados por debajo del nivel sugerido: 34 (50,00%).

De esta forma, puede decirse que los conceptos hallados iguales o superiores al nivel sugerido son mayores a un 50% (50,00%). En la Figura 25 se muestran estos resultados.

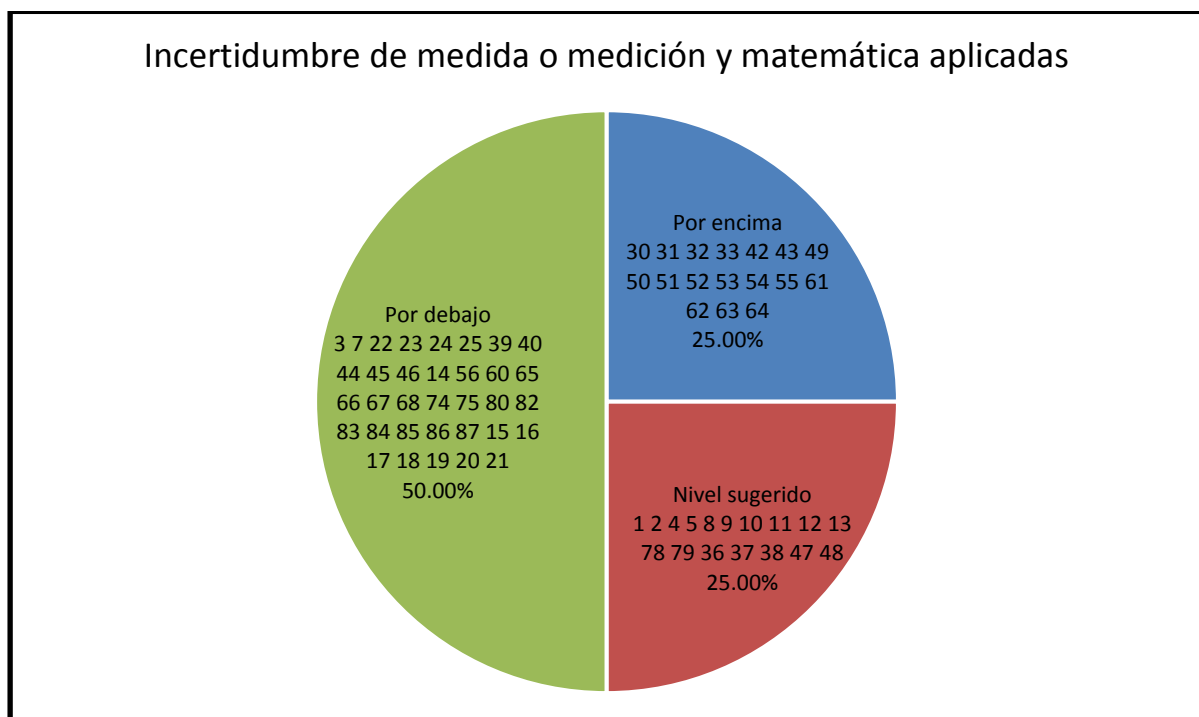


Figura 25: Comparación entre conceptos hallados al nivel, por encima o por debajo del nivel cognitivo sugerido por los expertos para eje 4

3.4.5 Eje 5: Sistemas y estándares de calidad

El eje temático sistemas y estándares de calidad, contiene 35 conceptos que resultaron de la construcción del árbol unificado. De estos 35 conceptos, los expertos consultados sugirieron que todos debían incluirse en el programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Luego del análisis correspondiente, se encontró que, de los 35 conceptos sugeridos, 5 eran abordados en dicho plan de estudios. La Figura 26 muestra en detalle los conceptos sugeridos (color azul) y los conceptos

hallados en el plan de estudios (color naranja). Estas cifras indican que la relación entre los conceptos hallados con respecto a los conceptos sugeridos por los expertos es 14%.



Figura 26: Comparación entre conceptos sugeridos y conceptos hallados para eje 5 (sistemas y estándares de calidad)

Analizando en profundidad el nivel cognitivo para los 5 conceptos que se hallaron, es posible observar lo siguiente:

- El 0% de los conceptos hallados son trabajados a nivel cognitivo 1.
- El 5,71% de los conceptos hallados son trabajados a nivel cognitivo 2.
- El 8,57% de los conceptos hallados son trabajados a nivel cognitivo de 3.
- El 0% de los conceptos hallados son trabajados a nivel cognitivo de 4.
- El 0% de los conceptos hallados son trabajados a nivel cognitivo de 5.
- El 0% de los conceptos hallados son trabajados a nivel cognitivo de 6.

Estos resultados se muestran en la Figura 27.



Figura 27: Profundidad de niveles cognitivos de acuerdo a Taxonomía de Bloom para conceptos hallados en eje 5

Haciendo una comparación del nivel cognitivo al que son trabajados los conceptos encontrados en la asignatura con respecto al nivel cognitivo sugerido por los expertos para esos conceptos, se hace una clasificación en tres grupos:

- Conceptos hallados por encima del nivel sugerido: 0 (0%)
- Conceptos hallados al nivel sugerido: 1 (20%)
- Conceptos hallados por debajo del nivel sugerido: 4 (80%).

De esta forma, puede decirse que los conceptos hallados iguales o superiores al nivel sugerido son equivalentes a 20%. En la Figura 28 se muestran estos resultados.

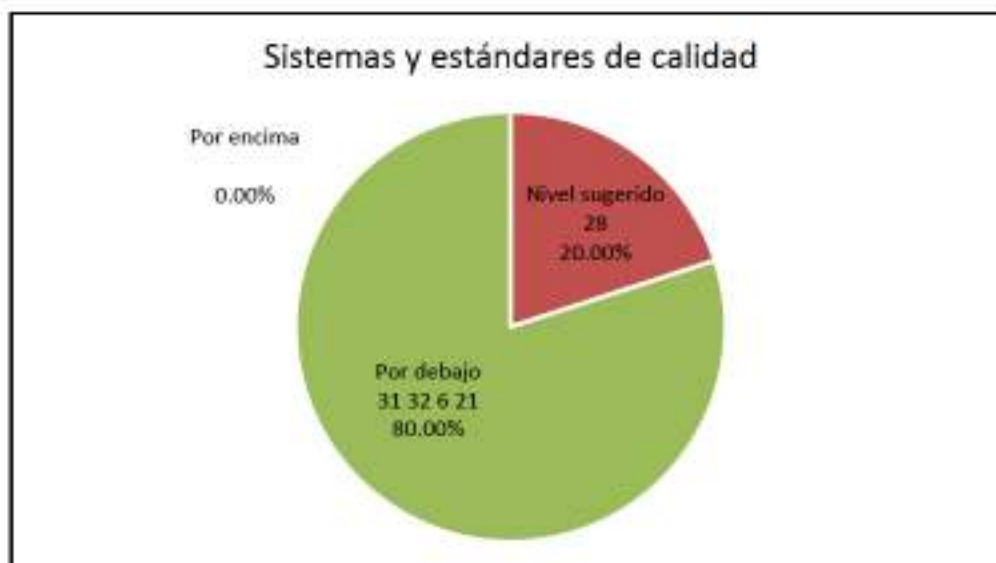


Figura 28: Comparación entre conceptos hallados al nivel, por encima o por debajo del nivel cognitivo sugerido por los expertos para eje 5

3.4.6 Análisis global de conceptos metroológicos de acuerdo: comparación total de conceptos sugeridos versus conceptos hallados

Para finalizar, es posible presentar un análisis global de los conceptos metroológicos hallados para todos los ejes considerados en la estructura general, teniendo en cuenta el mayor grado de sugerencia de los expertos y si dichos conceptos hallados estuvieron por debajo, al nivel o por encima de tal sugerencia cognitiva. Estos resultados pueden verse en la Figura 29.



Figura 29: Análisis global de conceptos metrológicos hallados versus nivel de sugerencia por parte de los expertos

Es necesario recalcar que para la construcción de este gráfico de análisis global se siguieron estas consideraciones, las cuales se presentan en conjunto con los resultados:

1. El nivel de sugerencia se tomó a partir del mayor nivel cognitivo sugerido por los tres expertos consultados. De esta forma, al tomar un nivel más alto, pudieron cubrirse los otros niveles de sugerencia que se encontraron por debajo del mismo.
2. Se hizo una comparación preliminar en la que se separaron, de los 290 conceptos de la estructura general, los conceptos hallados (aquellos con cualquier nivel cognitivo dentro del contenido programático) de los conceptos no hallados: *De la evaluación de las 12 asignaturas consultadas para el programa de ingeniería electrónica, se pudo hallar aproximadamente un 47% de conceptos de la estructura general metrológica: 136 en total.*
3. De los conceptos metrológicos hallados, se hizo un análisis más profundo que pudo dividirlos en tres categorías: aquellos conceptos por debajo del nivel más alto de sugerencia (29% del total de 290 conceptos: 83), aquellos a este nivel de sugerencia (9% del total de 290: 26), y los que se encontraron por encima del nivel sugerido (un poco más de 9% del total de 290: 27). Con esto, puede decirse que el nivel de articulación ideal de los conceptos metrológicos hallados (es decir, sólo

considerando aquellos conceptos al nivel o por encima de la sugerencia máxima por parte de los expertos), está un poco por encima de 18%.

3.5 Resultados de análisis DOFA

3.5.1 Matrices DOFA y de estrategias FO, DO, FA y DA para cada sector

3.5.1.1 Matriz DOFA y de estrategias FO, DO, FA y DA para sector industria

Los resultados para el análisis DOFA considerando las necesidades metrológicas de industria, de acuerdo a la entrevista sostenida con su respectivo experto, se muestran a continuación:

Tabla 4. Análisis DOFA de los contenidos metrológicos hallados en el programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá: Industria

Fortalezas	- Se consideran como fortalezas específicas de los conceptos metrológicos hallados en ingeniería electrónica, los ejes de <i>metrología general</i>, <i>sistemas de medición</i> y <i>sistemas de calibración</i>. Estos ejes son importantes para el sector industria, ya que un profesional que trabaje en ella debe conocer las diversas magnitudes que va a encontrar en dicho sector, al tiempo que debe saber medirlas correctamente. - Se considera que otros ejes como <i>incertidumbre</i> y <i>calibración</i>, podrían volverse fortalezas, ya que deben tenerse en cuenta las diferentes necesidades de los clientes y cómo procesos de calidad, como las auditorías, influyen en las decisiones de calibración. - El experto considera como conceptos particularmente fuertes los siguientes: <i>temperatura</i> (concepto más importante y frecuente a nivel industrial), <i>presión</i> (como segundo concepto más fuerte), y <i>factores que afectan el proceso de calibración</i>.

Debilidades	- Se consideran como ejes metrológicos particularmente débiles: <i>sistemas de medición, sistemas de calibración y calidad</i>. A pesar que el experto también mencionó los sistemas de medición y calibración como fortalezas, considera que falencias en aspectos como <i>medición de temperatura por radiación, entendimiento de los certificados de calibración y asimilación de conceptos básicos de metrología asociados a calidad</i>, tienen un impacto particularmente negativo que afecta el desempeño del ingeniero electrónico en su labor industrial. - De esa misma forma, el experto cree que las debilidades en esos ejes pueden representar obstáculos a futuro para el profesional en ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Por ejemplo, un profesional con falta de preparación en temas como el de <i>radiación infrarroja</i>, no podría tener una participación activa en análisis industriales. - Las temáticas evaluadas como las más débiles desde el punto de vista de las necesidades de industria son: <i>factores externos que afectan la calibración, normatividad existente en la medición de energía, y calibración de termómetros digitales y radiación infrarroja</i>. - Finalmente, se hizo énfasis en que un concepto que debe priorizarse para que deje de ser una debilidad es el de <i>estimación de incertidumbre en medida de temperatura</i>.
Oportunidades	El experto considera que las oportunidades de mejora que pueden tener un impacto positivo en los conceptos metrológicos del programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, son las siguientes: <i>estudio de casos reales que den a los profesionales una experiencia más cercana a lo que realmente necesita el sector industrial, conocimiento más profundo de los diferentes parámetros de normatividad, y análisis de las diferentes magnitudes en metrología y cómo se relacionan con los diferentes subsectores industriales</i>.
Amenazas	Entre las amenazas más serias a los ejes considerados como fuertes y débiles tratados con anterioridad, el experto cree que los siguientes factores merecen especial atención: <i>ignorar la importancia de la metrología industrial, tanto desde la perspectiva de la universidad como del INM; mala preparación docente en conceptos metrológicos, y desinformación con relación a la normatividad metrológica existente</i>.

Ahora, teniendo en cuenta los resultados anteriores es posible construir una matriz de estrategias que aborden los elementos principales de la matriz DOFA, desde la lupa del sector industrial:

**Análisis de la articulación del diseño curricular del programa de
ingeniería electrónica, en relación con los objetivos de aprendizaje
asociados a metrología**

Tabla 5. Análisis de estrategias a partir de DOFA para los contenidos metroológicos hallados en el programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá: Industria

Factores externos Factores propios	Oportunidades	Amenazas
Fortalezas	Estrategias FO • Incluir de forma más incisiva dentro de las asignaturas del plan de estudios de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional sede Bogotá conceptos relacionados con calibración de las unidades metroológicas más importantes a nivel industrial. • Integrar contenido práctico (con elementos reales enfocados a situaciones de industria) a asignaturas de los ejes de <i>sistemas de medición</i> y <i>sistemas de calibración</i>.	Estrategias FA • Consultar expertos de diversos sectores industriales para comenzar un acercamiento entre industria y universidad. Los resultados pueden aplicarse a los ejes considerados como fuertes de acuerdo a las necesidades de este sector. • Sensibilizar a los docentes involucrados en contenidos metroológicos sobre la importancia de cómo las magnitudes metroológicas se usan en los diferentes sectores industriales. Esta sensibilización necesita de la experticia de agentes del sector industrial, y puede desarrollarse a través de charlas, eventos de conectividad con industria, visitas, etc.
Debilidades	Estrategias DO • Integrar contenido referente a normatividades vigentes y su aplicación en industria: Además de aumentar el conocimiento del futuro profesional, se le hace más sensible a las necesidades del sector.	Estrategias DA • Reconocer la integración con el sector industrial como una prioridad en el desarrollo curricular para el profesional en ingeniería electrónica. Este reconocimiento se debe hacer tanto desde normatividad como desde contratación de personal docente con experiencia en sector industrial.

Durante la entrevista, y como parte del análisis DOFA y la construcción de sus respectivas estrategias, fue posible notar una preocupación constante del experto en lo referente a la

falta de integración del ente formador (universidad) con su sector de experticia. Incluso, hubo una crítica abierta tanto hacia la universidad como al INM, por ignorar aspectos esenciales de la metrología industrial. No obstante, se destacó el papel beneficioso que tendría una implementación más activa de contenidos prácticos, los cuales reforzarían tanto los ejes considerados como fortalezas, como aquellos considerados como debilidades. De igual manera, en respuesta a la genuina preocupación del experto, la búsqueda de un acercamiento con el sector industrial y sus necesidades ayudaría a convertir las debilidades y amenazas en puntos a favor del programa y, por ende, del egresado del mismo.

3.5.1.2 Matriz DOFA y de estrategias FO, DO, FA y DA para sector estado

Los resultados para el análisis DOFA considerando las necesidades metroológicas de estado, de acuerdo a la entrevista sostenida con su respectivo experto, se muestran a continuación:

Tabla 6. Análisis DOFA de los contenidos metroológicos hallados en el programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá: Estado

Fortalezas	• El experto de sector estatal, coincide con el de industria en la importancia del eje de <i>metrología general</i> como una fortaleza de los contenidos metroológicos hallados. Sin embargo, también destaca el papel de ejes como el de <i>calidad e incertidumbre y matemáticas aplicadas</i>. De acuerdo a la opinión del experto, la preponderancia de estos dos ejes está conectada a un entendimiento claro en los objetivos de medición, dentro del concepto de <i>infraestructura de calidad</i>. • Por otra parte, ejes como el de <i>sistemas de calibración</i>, de la misma forma que los de <i>calidad y metrología general</i>, podrían fortalecerse aún más. Aquí hay un punto de coincidencia con el experto de industria: en calibración es vital la introducción de experiencias reales. Sin embargo, para éste agente, los conceptos básicos de <i>metrología general</i> son esenciales y están interconectados con los procesos de mejora continua de <i>calidad</i>. • En concordancia a lo que afirmó en su consulta, el experto estatal consideró que conceptos metroológicos hallados particularmente fuertes para el perfil del egresado son: <i>el rol de la metrología en la infraestructura de la calidad, unidades del Sistema Internacional, y comparaciones interlaboratorio y competencia técnica</i>. Asimismo, destacó que el primer concepto es muy fundamental desde la perspectiva de estado.

**Análisis de la articulación del diseño curricular del programa de
ingeniería electrónica, en relación con los objetivos de aprendizaje
asociados a metrología**

Debilidades	- De forma análoga a como ocurrió con industria, en estado, se considera que ejes fuertes como <i>calidad e incertidumbre y matemáticas aplicadas</i>, son igualmente parte de las debilidades en los conceptos hallados. Para él, el problema de estos ejes radica en que no están conectados de forma estrecha con la metrología: <i>hay componentes propios de electrónica, pero estos no tienen que ver con sistemas metrológicos o su aplicación a estos. Calidad también se muestra como una debilidad: La falta de una relación con el concepto de infraestructura de la calidad, hace que este eje no cumpla con los requerimientos estatales. Recordemos que, para el sector estatal, representado en nuestro país por el INM, el papel de la infraestructura de la calidad es un pilar metrológico.</i> - Estos ejes son obstáculos potenciales para el futuro profesional: si el ingeniero electrónico de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá no los visualiza como debilidades, puede afrontar problemas como: <i>tecnicismos, implementación de sistemas de medición inapropiados</i>, entre otros. - De esta forma, el concepto de <i>infraestructura de la calidad</i> debe ser priorizado: así la sociedad (industria y ente formador, por ejemplo) puede dejar de verlo como un elemento extraño que no hace parte de sus responsabilidades metrológicas.
Oportunidades	Teniendo en cuenta la opinión del experto, las oportunidades de mejoras de los conceptos hallados, se engloban en los siguientes puntos: <i>integración del concepto de infraestructura de la calidad y su conexión con otros sectores sociales, y aplicación más activa de los conceptos metrológicos desde una perspectiva que considere elementos prácticos.</i> El experto también cree que las conexiones con organismos internacionales de metrología son particularmente relevantes. Esto puede llevarse a cabo con la participación del país en eventos metrológicos.
Amenazas	El experto destaca como principal amenaza el <i>desconocimiento de los beneficios que repercuten en la sociedad a partir de la integración del concepto de infraestructura de la calidad metrológica.</i> Igualmente, el experto critica que el perfil del ingeniero electrónico tenga fortalezas en <i>incertidumbre y matemáticas aplicadas</i>, pero que estos contenidos queden sin propósito alguno porque no se conectan con los conceptos metrológicos en la mejor manera posible. Finalmente, denuncia que no hay criterios unificados de metrología en general.

Ahora, teniendo en cuenta los resultados anteriores es posible construir una matriz de estrategias que aborden los elementos principales de la matriz DOFA, desde la lupa del sector estado:

Tabla 7. Análisis de estrategias a partir de DOFA para los contenidos metroológicos hallados en el programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá: Estado

Factores externos Factores propios	Oportunidades	Amenazas
Fortalezas	Estrategias FO - Incluir de forma más incisiva dentro de las asignaturas del plan de estudios de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional sede Bogotá conceptos relacionados con <i>infraestructura de la calidad</i>: esta es una oportunidad de integración con estado, desde la perspectiva de universidad. - Integrar contenido práctico a asignaturas de los ejes de <i>incertidumbre y matemáticas aplicadas y calidad</i>.	Estrategias FA Llevar a cabo discusiones abiertas en las que se incluya al concepto de <i>infraestructura de la calidad</i>: En el conocimiento de este concepto y sus repercusiones sociales por parte de los estudiantes y la comunidad formadora es dónde se encuentra la superación de esta amenaza.
Debilidades	Estrategias DO - Integrar contenido práctico a temas de <i>calidad</i>. La forma en cómo se lleva a cabo la integración de contenidos prácticos no considera este eje, por lo que su implementación resulta atractiva para el sector estatal en particular. - Establecer conexiones con organizaciones internacionales de metrología. Esto puede llevarse a cabo afianzando relaciones con el sector estatal, de forma que el ente formador (universidad) logre fortalecer sus debilidades.	Estrategias DA Reconocer la integración con el pilar de <i>infraestructura de la calidad</i> como una prioridad en el desarrollo curricular para el profesional en ingeniería electrónica. Este reconocimiento se debe hacer tanto desde la perspectiva de sus beneficios a la sociedad.

Al igual que el experto de industria, la persona consultada en representación del sector estatal evidencia una preocupación relacionada con el concepto de *infraestructura de la*

calidad. Para él, que sectores como universidad, industria y academia, ignoren este valioso concepto, afecta a la sociedad, ya que esta es la que se beneficia de una interacción entre todos los entes que involucran a la metrología, y esto explica el interés particular del estado al elegir este concepto como pilar metrológico. En pocas palabras, un entendimiento de lo que realmente significa la implementación de la *infraestructura de la calidad* es beneficioso para todos por lo que, si el profesional en ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá comprende esto, estaría a tono con las necesidades no solo estatales, sino de los otros sectores. Este mismo concepto de *infraestructura de la calidad* es, para él, el elemento integrador de los sectores relacionados metrológicamente.

Vale muchísimo la pena resaltar acá que este experto apela como oportunidad el contacto con entes internacionales de metrología: esta oportunidad resulta bastante atractiva ya que, si se tiene en cuenta en el programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, pueden crearse lazos internacionales, desde la perspectiva metrológica, al tiempo que los eventos de contacto pueden servir como puntos de encuentro entre los sectores de industria, estado, academia y ente formador.

3.5.1.3 Matriz DOFA y de estrategias FO, DO, FA y DA para sector academia

Los resultados para el análisis DOFA considerando las necesidades metrológicas de academia, de acuerdo a la entrevista sostenida con su respectivo experto, se muestran a continuación:

Tabla 8. Análisis DOFA de los contenidos metrológicos hallados en el programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá: Academia

Fortalezas	• El experto consultado para academia coincide con el de estado en la importancia que da a los ejes de <i>incertidumbre y matemáticas aplicadas y metrología general</i>. Estos ejes corresponden a las áreas de profundización que un ingeniero electrónico debe tener claras para su desempeño adecuado en laboratorios e investigación. También se destaca el papel del eje de <i>sistemas de medición</i>, sobre todo en su papel dentro de los contenidos de laboratorios. • Academia considera que ejes como <i>calidad y sistemas de calibración</i> pueden ser fortalecidos ya que o son poco tratados en el programa (no alcanzan los niveles sugeridos) o no tienen el enfoque porque se supone que deben ser temas de profundización de otras materias. • El eje de <i>incertidumbre y matemáticas aplicadas</i> debe ser prioritario. El experto cree que éste es indispensable en el desarrollo de metodologías metrológicas. • De acuerdo a la opinión del experto, hay ciertos conceptos que son particularmente fuertes para el perfil del ingeniero electrónico de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá: <i>tensión/corriente/resistencia, conceptos básicos en el área de mediciones eléctricas, y tablas, gráficos y diagramas</i>. Para ella, tales conceptos son básicos dentro del contenido curricular y corresponden a temas pilares dentro de la línea de fundamentación del mismo.
Debilidades	• El experto consultado para academia coincide con el de industria al evidenciar como ejes débiles de contenidos hallados, aquellos relacionados con <i>sistemas de calibración y calidad</i>. Para ella, simplemente no hay una profundidad en el abordaje de las temáticas de estos ejes: ambos importantes tanto en su relación con conceptos de medición como en su posterior aplicación. • Hay ciertos obstáculos que ella considera preocupantes: <i>desconocimiento de los sistemas de calidad y su aporte a las actividades relacionadas con academia, y desconocimiento de la importancia de la calibración</i>. • Finalmente, para ella, <i>sistemas de calibración</i>, es un eje que debe ser considerado como prioridad: un ingeniero electrónico de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá debe estar en capacidad de usar y diseñar <i>sistemas de calibración</i>, con la finalidad de obtener resultados confiables.
Oportunidades	• De forma muy similar a las oportunidades reconocidas por otros expertos, academia reconoce los siguientes puntos cruciales: <i>implementación de prácticas relacionadas con el eje de incertidumbre y enfoque en contenidos básicos de sistemas de medición y metrología general</i> (ya que, al considerar una base conceptual fuerte, el profesional puede aplicarlos sin problema). Estas oportunidades son valiosas, ya que, hasta la intervención de este experto, los contenidos prácticos estaban enfocados a calidad o metrología industrial, más no a incertidumbre.

**Análisis de la articulación del diseño curricular del programa de
ingeniería electrónica, en relación con los objetivos de aprendizaje
asociados a metrología**

Amenazas	• Como amenazas potenciales a los conceptos hallados, el experto destacó los siguientes aspectos: <i>falta de reconocimiento de magnitudes por fuera del área de interés de la ingeniería electrónica, falta de conexión entre los conceptos matemáticos aprendidos teóricamente y su aplicación metrológica</i>, y, en línea con lo mencionado por el experto de industria, <i>deficiencia en la preparación docente en relación a los contenidos metrológicos</i>.

Ahora, teniendo en cuenta los resultados anteriores es posible construir una matriz de estrategias que aborden los elementos principales de la matriz DOFA, desde la lupa del sector academia:

Tabla 9. Análisis de estrategias a partir de DOFA para los contenidos metrológicos hallados en el programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá: Academia

Factores externos Factores propios	Oportunidades	Amenazas
Fortalezas	Estrategias FO • Promover el uso de herramientas metrológicas en las actividades académicas del programa de ingeniería electrónica: Proyectos de investigación, proyectos de grado, entre otros, pueden beneficiarse de esta promoción en el uso de la metrología, desde la perspectiva de ejes relevantes en ingeniería electrónica, como <i>calibración e incertidumbre y matemáticas aplicadas</i>.	Estrategias FA • Reconocer, a través de actividades interdisciplinarias que involucren otras áreas de aplicación metrológica, el papel potencial que puede tener un ingeniero electrónico por fuera de las áreas de interés de la carrera. Esto puede minimizar amenazas y, a su vez, fortalecer las habilidades del profesional.

Debilidades	Estrategias DO • Profundizar en conceptos de <i>sistemas de calidad</i> y <i>calibración</i>, a través de prácticas que toquen estas temáticas: Contenidos prácticos pueden ampliarse en el programa, brindando al estudiante, no sólo un mayor contenido de conocimiento sino una preparación que resulta útil en academia y otros sectores.	Estrategias DA • Reconocer la interrelación existente entre <i>sistemas de calidad</i> y academia. Al considerar mejor los conceptos de calidad desde la perspectiva académica, preocupación que no sólo concierne a esta área, es posible disminuir amenazas y convertir debilidades en fortalezas.

Es evidente que academia tiene un énfasis en el área de *sistemas de calibración*. Esto está muy conectado también con el eje de *incertidumbre*. Para ella, los conceptos metrológicos que maneja el ingeniero electrónico de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, deben ir más allá de las necesidades propias de la carrera: Deben también responder a las necesidades académicas y, por ende, de otros sectores que se beneficiarían con la expansión en el enfoque.

Al igual que con la preocupación de industria, ella destaca el papel que tiene la implementación de prácticas, aunque desde la perspectiva de incertidumbre. Propone visitas, asesorías con expertos, y el uso de herramientas metrológicas en proyectos estudiantiles, para apoyar una expansión a nivel práctico.

3.5.2 Matrices DOFA y de estrategias FO, DO, FA y DA global

Con los resultados de los tres sectores analizados, es posible hacer la construcción de una matriz global en la que se integren los principales componentes de cada uno de ellos. De igual forma, puede también presentarse una matriz de estrategias simplificada, efectiva para todos los sectores, y que represente, de forma muy sencilla, actividades objetivas y susceptibles de tener seguimiento.

**Análisis de la articulación del diseño curricular del programa de
ingeniería electrónica, en relación con los objetivos de aprendizaje
asociados a metrología**

Tabla 10. Análisis DOFA de los contenidos metrológicos hallados en el programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá: Global

Fortalezas	De acuerdo a las opiniones de los expertos en las diferentes áreas de experticia, de los conceptos metrológicos hallados, hay fortalezas en los ejes de <i>sistemas de medición, sistemas de calibración, calidad e incertidumbre y matemáticas aplicadas</i>. Industria muestra un particular interés por los dos primeros, estado por el tercero, y academia por el último.
Debilidades	Entre las debilidades citadas por los agentes consultados, hay preocupaciones con relación a ciertas temáticas puntuales, que casualmente son consideradas como vitales por ellos. No hay una profundización adecuada en conceptos de medición de temperatura (por radiación, por ejemplo), tampoco en aquella temática conectada a infraestructura de la calidad, al igual que hay falencias en el reconocimiento de la importancia de la calibración más allá de las necesidades específicas de la carrera de ingeniería electrónica.
Oportunidades	- Como punto en común de todos los expertos, la gran oportunidad de mejora que tienen los contenidos curriculares relacionados con metrología está en la integración de contenidos prácticos tanto en aquellos ejes considerados como fuertes, como en los que tienen falencias. El mejoramiento continuo de los elementos metrológicos puede conseguirse con el reconocimiento de la importancia de la aplicación de los contenidos que engloba para el beneficio de los diferentes sectores de la sociedad. - Se destaca el papel de la colaboración internacional que puede afectar positivamente a industria, academia y estado: A la primera a través del fortalecimiento de los contenidos de normatividad, a la segunda estrechando lazos de cooperación y aumentando el interés de los estudiantes e instituciones formativas en aspectos de investigación metrológica, y al tercero por medio del cumplimiento de los objetivos metrológicos gubernamentales que pueden llevarse a cabo más fácilmente cuando existen referentes de ayuda externa.
Amenazas	La gran amenaza que tienen los contenidos de metrología hallados en el programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá consiste en la inherente falta de conexión que tienen los sectores entrevistados. Hay una preocupación constante entre los expertos que denuncia la falta de conocimiento de las necesidades de cada sector por parte de los otros sectores participantes. Cada experto denunció, de alguna forma u otra, que los demás sectores que no son parte de su área de experticia o no saben o no tienen interés por los requerimientos metrológicos que él o ella considera relevantes. Esta falta de conexión se discutirá a mayor profundidad en el capítulo de recomendaciones.

Tabla 11. Análisis de estrategias a partir de DOFA para los contenidos metrológicos hallados en el programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá: Global

Factores externos Factores propios	Oportunidades	Amenazas
Fortalezas	Estrategias FO Incluir un mayor contenido de conceptos metrológicos en los contenidos curriculares actuales del programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Esta inclusión debe comenzar en los ejes considerados como fuertes, y debe haber un énfasis en la integración de prácticas que evidencien una preocupación por la aplicación en situaciones reales de los conceptos metrológicos.	Estrategias FA Consultar a expertos en diferentes sectores que conciernen a metrología, para de esa manera tener en cuenta sus necesidades y requerimientos hacia el perfil profesional del ingeniero electrónico de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Dichas consultas no sólo deben estar enfocadas a las necesidades de los sectores puntuales sino al beneficio global que ofrece la metrología a la sociedad.
Debilidades	Estrategias DO Incluir un mayor contenido de conceptos metrológicos, pero considerando también aquellos ejes o contenidos temáticos que se consideren como débiles por parte de los expertos.	Estrategias DA Reconocer la importancia de aquellas necesidades que usualmente se ignoran entre los sectores. A partir de este reconocimiento es posible formar más acciones aplicables a abordar esas necesidades de forma más efectiva.

Para terminar, vale muchísimo la pena resaltar que cada experto tuvo cierta recurrencia en diferentes aspectos metrológicos que se muestran a continuación:

- Industria: Contenidos relacionados con prácticas enfocadas a metrología industrial.
- Estado: Infraestructura de la calidad y su relación beneficiosa hacia la sociedad.
- Academia: Sistemas de calibración.

Capítulo 4 Análisis de resultados

En este capítulo se hace la presentación del análisis de resultados de este trabajo, el cual se compone de 3 subsecciones que abarca, el análisis de resultados para la estructura general de conceptos de metrología, el análisis de resultados para la evaluación de requerimientos metroológicos con taxonomía de Bloom aplicada a la estructura general de conceptos de metrología y el análisis de resultados para análisis DOFA.

4.1 Análisis de resultados para estructura general de conceptos de metrología

El análisis de resultados enfocado a la estructura general de conceptos de metrología se desarrollará de la siguiente forma. En primera instancia, se llevará a cabo una comparación, tanto desde una perspectiva metodológica como de resultados, entre las nubes de palabras obtenidos para cada una de las fuentes utilizadas y las construcciones similares reportadas por diferentes autores. En segundo lugar, se hará una comparación mayoritariamente metodológica para la estructura general final formada.

4.1.1 Análisis metodológico y de resultados para nubes de palabras

Al considerar el proceso de construcción de las cuatro nubes de palabras presentados en 3.1. para CCT BOK, Test and Measurement Fundamentals Curriculum Overview by Agilent Accelerated Education Curriculum, Metrology Handbook, y Cursos ofrecidos por INM, la única comparación metodológica relevante que puede hacerse es con el proceso seguido por Harris y Peña para obtener la nube de palabras presentado en [1].

Para las autoras, la creación de una nube de palabras de conceptos metroológicos consideró una variedad de fuentes mucho más amplia que la se tuvo en cuenta en el presente documento. Englobaron palabras claves encontradas en respuestas y

descripciones de cursos obtenidos de instituciones participantes en encuestas, sitios web, y currículos de programas de formación. Tales palabras claves fueron seleccionadas debido a su asociación con conceptos metrológicos esenciales que deben ser cubiertos educacionalmente. Asimismo, se llevó a cabo una revisión de la lista maestra de temas metrológicos que fue creada como marco referencial en 2008 [1].

Ahora, en la metodología seguida aquí, no se creó una nube de palabras general, sino que se usaron cada una de las fuentes de forma individual para obtener juegos de palabras más comunes que se representaron en las imágenes de acuerdo con la frecuencia en la que se encontraron. En resumidas cuentas, mientras el resultado gráfico final de Harris y Peña es general, el mostrado aquí es particular, aunque a la larga ayudó considerar qué terminología no debía repetirse en la estructura general de conceptos. De esta forma, tanto para Harris y Peña como aquí, el tamaño de la fuente en el que se representaron las palabras claves reflejó la importancia y la frecuencia en la que se encontraron.

Desde la perspectiva de resultados, las cuatro nubes de palabras presentados en 3.1. pueden confrontarse tanto con la nube de palabras de Harris y Peña [1], como con el creado por el EPSRC (Engineering and Physical Sciences Research Council) Centre For Innovative Manufacturing In Advanced Metrology (Centro para Innovación Manufacturera en Metrología Avanzada del Concejo de Investigación de Ciencias Físicas e Ingenierías del Reino Unido) [47], como parte del lanzamiento de un programa de apoyo económico por cerca de 5 millones de libras esterlinas, que operó desde 2011 hasta 2016, relacionado con los futuros retos metrológicos de la industria manufacturera en el Reino Unido. Ambas nubes de palabras, se presentan en la Figura 30 y Figura 31.



Figura 30: Nubes de palabras de conceptos metrológicos esenciales presentado por Harris y Peña [1]

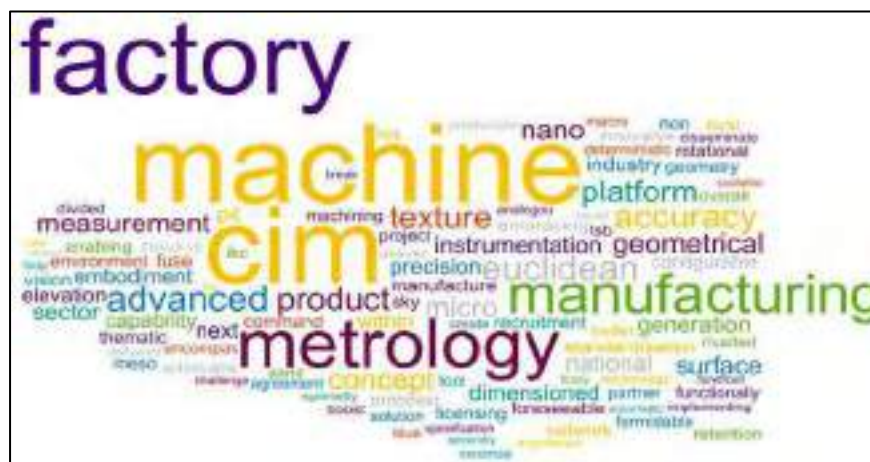


Figura 31: Nubes de palabras de conceptos metrológicos y manufactureros presentado por EPSRC Centre For Innovative Manufacturing In Advanced Metrology [47]

A continuación, se muestra una tabla en la que se contrastan las diez palabras más importantes, en términos de frecuencia, para las nubes de palabras a considerar, buscando destacar similitudes y aspectos únicos entre los mismos.

Tabla 12. Comparación entre las palabras más frecuentes de las nubes de palabras consultados con los obtenidos en 4.1.

Nubes de palabras	CCT BOK	Test and Measurement Fundamentals Curriculum Overview by Agilent Accelerated Education Curriculum	Metrology Handbook	Cursos ofrecidos por INM	Harris y Peña	EPSRC Centre For Innovative Manufacturing In Advanced Metrology
Palabras frecuentes	1. Incertidumbre 2. Medición 3. Calidad 4. Calibración 5. Equipo 6. Métodos 7. Error 8. Prueba 9. Conversiones 10. Sistemas	1. Medición 2. Errores 3. Incertidumbre 4. Calibración 5. Dispositivos 6. Metrología 7. Sistema 8. Automatización 9. Fundamentos 10. Proceso	1. Medición 2. Calidad 3. Calibración 4. Incertidumbre 5. Unidades 6. Métodos 7. Estándares 8. Interpolación 9. Distribución 10. Parámetros	1. Incertidumbre 2. Calibración 3. Metrología 4. Medición 5. Estimación 6. Conceptos 7. Densidad 8. Método 9. Certificado 10. Práctica	1. Medición 2. Control 3. Metrología 4. Calibración 5. Calidad 6. Estadística 7. Equipos 8. Incertidumbre 9. Estándares 10. Laboratorio	1. Máquina 2. Fábrica CIM (Centros para la Innovación Manufacturera) 3. Metrología 4. Manufactura 5. Medición 6. Instrumentación 7. Avanzado 8. Precisión 9. Plataforma

Es posible observar como ciertos conceptos básicos son ubicuos a casi que todas las nubes de palabras. Palabras como *metrología*, *medición*, *calibración*, *incertidumbre*, *calidad* y *equipos/equipo/dispositivos* aparecen con regularidad, demostrando su importancia en la formación de conceptos metrológicos esenciales.

También es posible darse cuenta de que hay una mayor cercanía entre las nubes de palabras creados a partir de la bibliografía consultada para la formación de la estructura general y dicha imagen producida por Harris y Peña [1]. *Medición*, *calibración* e *incertidumbre* están presentes sin falta en todas estas imágenes, con diferencias relacionadas únicamente con su frecuencia. Por su parte, la nube de palabras presentada por EPSRC Centre For Innovative Manufacturing In Advanced Metrology [47] no posee tantas similitudes con los demás, ya que corresponde a una construcción de conceptos en un área específica de metrología manufacturera. No obstante, posee palabras base como *metrología*, *medición* e *instrumentación*.

Por otra parte, hay ciertos términos únicos a las imágenes sobre los que vale la pena llamar la atención. La nube de palabras para los Cursos del INM [12] es el único que, en el grupo de sus diez palabras más relevantes, considera *práctica*, lo que evidencia la relevancia que este elemento tiene dentro de los contenidos educativos considerados por esta fuente. Es probable que *práctica* pueda equipararse a *prueba* usada en la nube de palabras para CCT BOK [4], [5][6], aunque hay que evidenciar la diferenciación entre contenidos prácticos como refuerzo de contenidos teóricos versus los meros contenidos prácticos a llevar a cabo, a los que ambas palabras respectivamente hacen referencia. Otra terminología exclusiva de cada uno de las nubes de palabras incluye: *interpolación* y *unidades* [8], *certificado* y *estimación* [12], y *CIM* (*Centros para la Innovación Manufacturera*) [47].

4.1.2 Análisis de resultados metodológicos para estructura general de conceptos metrológicos

Con relación a la construcción de la estructura general de conceptos de metrología, hecha a partir de las cuatro nubes de palabras, es posible realizar un par de comparaciones metodológicas.

Harris y Peña [1] describen el caso de la asociación entre el Centro Nacional de Metrología de México (CENAM) y la Universidad de Sonora (UNISON), lo que permitió construir un modelo de integración de conceptos metrológicos a los currículos de ingeniería, con la

finalidad de evaluar los contenidos de los cursos ofrecidos por los programas de ingeniería y determinar dónde los conceptos metrológicos podrían ser mejor integrados. Este esfuerzo, muy análogo a los objetivos de este documento, se hizo con el apoyo de profesionales de metrología y la institución universitaria mencionada. A pesar de la importancia que se da a los participantes en la construcción de la estructura de conceptos generales a partir de la descripción general hecha por las autoras, estas no hacen mayor énfasis en cómo se realizó el trabajo.

Desde una perspectiva muy general, en el presente documento, la construcción de la estructura general de conceptos metrológicos es una derivación de la jerarquización presentada por CCT BOK [4]–[6], complementada con los contenidos de las otras referencias bibliográficas. Además, las nubes de palabras que se construyeron para las cuatro referencias usadas sirvieron para evitar la repetición de palabras, buscando efectividad y claridad en los contenidos del resultado final. Por lo tanto, la estructura general de conceptos metrológicos inicia con *metrología* como palabra base y partir de esta se desprenden otros conceptos y subconceptos. Shafrir y Kenett [48] ofrecen la herramienta de *pensamiento conceptual* al servicio de la metrología, por lo que esto puede interpretarse como una metodología que, a pesar de las diferencias, puede dar resultados similares a los obtenidos aquí. Esto se afirma teniendo en cuenta ciertos elementos compartidos, como el esfuerzo por reducir la ambigüedad de conceptos que en nuestro caso se hace con nubes de palabras, mientras que para la metodología de los autores esto se lleva a cabo por medio de la aplicación de Algoritmos de Análisis Sintáctico de Conceptos (CPA, Conceptual Parsing Algorithm, por sus siglas en inglés), el cual requiere que cada concepto se defina con un único marcador léxico.

El *pensamiento conceptual* es definido como la exploración de equivalencias en significados con relación a conceptos, en este caso metrológicos, los cuales permiten crear definiciones no ambiguas. Los autores proponen la utilización de MERLO (Meaning Equivalence Reusable Learning Objects, Equivalencia en Significado de Objetos de Aprendizaje Reusables), en conjunto con Algoritmos de Análisis Sintáctico de Conceptos [48].

La metodología MERLO se aplica directamente a personas/expertos que eligen *conceptos objetivo* dentro de una baraja de opciones múltiples y dan respuestas cortas a ciertas preguntas (actividades que se conocen como *reconocimiento* y *producción*,

respectivamente). En la sección de *producción*, los entrevistados hacen la inclusión explícita de *marcadores léxicos* (palabras que pueden ser equiparadas a las sacadas en las nubes de palabras relacionados con conceptos relevantes [48]. No olvidemos que tales marcadores léxicos, así como la funcionalidad que tuvieron las nubes de palabras en nuestra metodología, son los encargados de diferenciar cada concepto en metrología como único.

Adicionalmente, vale la pena destacar que los *conceptos objetivo* se sacan a partir de un *mapeado de conceptos*, el cual se procesa con Algoritmos de Análisis Sintáctico de Conceptos, que consideran tres tipos de elementos: *un set de conceptos subordinados*, *un set de relaciones*, y *un set de elementos lingüísticos*. Con la metodología de algoritmos, es posible hacer un mapa de conceptos con conceptos subordinados, y sus derivaciones. Esto se puede ver en el ejemplo del gráfico que se presenta, en el que se hace el mapeado para el concepto de incertidumbre en la medición [48].

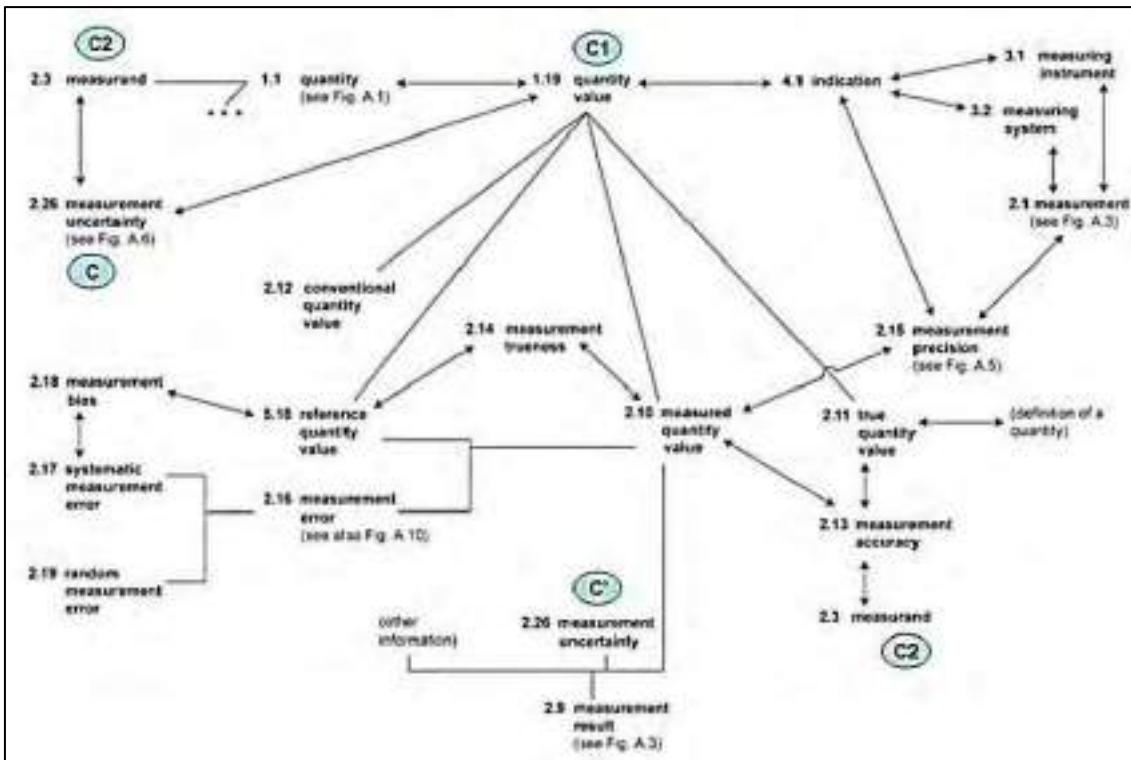


Figura 32: Ejemplo de mapeado de conceptos para el concepto de incertidumbre en la medición [48]

A pesar que, el diagrama presentado no es comparable con el que se construyó como estructura general, si se tiene en cuenta el acercamiento que hace MERLO en conjunto con el uso de Algoritmos, no es descabellado pensar en que es posible obtener un diagrama comparable con el obtenido en el presente documento, ya que a pesar de las diferencias metodológicas que existen, el resultado sería esencialmente el mismo: obtener un árbol jerarquizado de conceptos básicos relacionados con metrología.

Finalmente, tanto CPA en complementación con MERLO, ayudan al extensivo trabajo de VIM3 (International Vocabulary of Metrology, en su tercera versión). De hecho, se proponen como herramientas que pueden usarse en la siguiente revisión del VIM, ayudando a los conceptos de metrología a adaptarse al cambio [48].

4.2 Análisis de resultados para evaluación de requerimientos metrológicos con Taxonomía de Bloom aplicada a la estructura general de conceptos

Este subcapítulo se desarrollará de la siguiente forma. En primera instancia, se presentará una comparación metodológica entre lo considerado en el presente proyecto versus dos fuentes que trabajaron de forma muy similar en la aplicación de Taxonomía de Bloom a perfiles profesionales en el área de ingeniería de sistemas. Igualmente, se mostrará un análisis de los resultados propios, que posteriormente se compararán con los resultados encontrados para los perfiles de dichas fuentes externas.

4.2.1 Comparación metodológica: perfiles profesionales evaluados con Taxonomía de Bloom

En el presente documento, la aplicación de la Taxonomía de Bloom para la creación de dos perfiles profesionales, uno ideal y otro hallado, para el ingeniero electrónico de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá consideró varias etapas metodológicas que tuvieron en cuenta la estructura general de conceptos metrológicos construida previamente.

En primer lugar, fue posible evaluar los diferentes ejes temáticos teniendo en cuenta los seis niveles cognitivos de Taxonomía de Bloom (recordar, entender, aplicar, analizar, evaluar y crear). Esto se hizo consultando tres expertos (industria, estado y academia), con lo que se obtuvo un perfil ideal global: perfil que cumple con los requerimientos

metrológicos necesarios, al nivel cognitivo más alto, en un amplio rango de acción profesional.

Esta metodología aplicada a los expertos fue la misma que se usó con doce (12) docentes de asignaturas con un contenido importante de metrología del programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Así, además del perfil ideal global anterior, se creó un perfil global con los requerimientos hallados, representativo de las condiciones del egresado del programa con relación a la estructura general metrológica.

Finalmente, se llevó a cabo una comparación entre el perfil ideal general y el perfil hallado global, lo que arrojó una serie de porcentajes que dan una idea clara del estado cognitivo de un egresado frente a lo que idealmente debería manejar para desempeñarse adecuadamente en cualquier área de experticia relevante en metrología.

Esta metodología seguida, en la que la Taxonomía de Bloom se aplicó a perfiles profesionales ha sido empleada en otras áreas, de forma muy análoga, en especial en ingeniería de sistemas, en la que existen diversas líneas de investigación bien definidas, en Canadá y Ecuador, que usan el Software Engineering Book of Knowledge (SWEBOK) para establecer conexiones entre esta estructura general de conceptos y perfiles profesionales. Llamen la atención dos (2) documentos específicamente: Bloom's Taxonomy levels for three software engineer profiles [49] y Evaluation of occupational and professional profiles in Ecuadorian context based on guide of knowledge SWEBOK and ontological model [50].

La primera comparación que puede hacerse entre este documento y Bloom's Taxonomy levels for three software engineer profiles [49] está relacionada con el objetivo primario que se busca al relacionar Taxonomía de Bloom con una estructura general de conceptos, como lo es el SWEBOK para ingeniería de software. Los autores resaltan la importancia de esta relación a nivel educativo, con diversas aplicaciones en pregrado, posgrado y manejo curricular. Esto es muy análogo a lo que se hace aquí. Por ejemplo, Bourque *et al.* citan a diferentes autores que hacen uso de estas herramientas:

- Surendran *et al.* pudieron definir un marco referencial para aprendices en ingeniería de software.
- Ramakrishnan y Cambrell utilizaron el SWEBOK y la Taxonomía para desarrollar una herramienta web interactiva que le permite a los estudiantes de Monash University acceder a un mapa de contenido del currículo de pregrado en ingeniería de software. Esta herramienta resulta de especial interés teniendo en cuenta que los estudiantes pueden observar qué han aprendido en cualquier momento de la carrera, en términos de los niveles cognitivos de la Taxonomía de Bloom aplicados a los ejes temáticos del SWEBOK.
- Finalmente, Ludi y Collofello usaron la Taxonomía aplicada a los ejes del SWEBOK para identificar áreas de mejoramiento en programas de pregrado de ingeniería de software.

Ahora, al analizar la metodología seguida por Bourque *et al.* [49], creadores de este documento presentado en Ámsterdam durante la Conferencia en Práctica y Tecnología de Software (Software Technology and Practice Conference), llevada a cabo en 2003, es posible destacar algunas similitudes.

1. En primer lugar, se usa un *Book of Knowledge* para ingenieros de software y, a partir de este, se aplica la Taxonomía de Bloom a tres perfiles de egresados: uno recién graduado, otro con cuatro años de experiencia, y un ingeniero experto.
2. En segunda instancia, el trabajo divide los conceptos evaluados con Taxonomía de Bloom en distintos ejes, cuatro de forma más específica (mantenimiento de software, manejo en ingeniería de software, procesos de ingeniería de software y calidad de software), tal como se hace en el presente documento.

Con relación a las diferencias halladas, es posible considerar las siguientes:

1. La evaluación de los perfiles por Taxonomía de Bloom, por Bourque *et al.* [49], se hizo de forma arbitraria, es decir, en vez de hacer una consulta a expertos, como en el caso del presente trabajo, lo que se hizo en sí fue tomar los tres perfiles a definir (recién graduado, ingeniero con 4 años de experiencia e ingeniero experto), y asignarles valores de la Taxonomía de acuerdo con las áreas de conocimiento definidas en el SWEBOK. Además, se tuvieron en cuenta ciertos criterios específicos, por ejemplo, la jerarquía de *Crear* se interpretó como un nivel de conocimiento que sólo puede alcanzar un ingeniero experto, y no se consideraron

todas las áreas de conocimiento abarcadas por el SWEBOK: de las 10 sólo se tomaron 4. Esta fue la metodología aplicada para evaluar los perfiles y hacer las comparaciones pertinentes. En el caso del presente trabajo, fueron los expertos en las áreas consultadas los que definieron los niveles jerárquicos necesarios para un profesional ideal enfocado en metrología, mientras que docentes de asignaturas del programa en cuestión hicieron algo análogo para construir el perfil del egresado.

2. En el documento referenciado se considera el elemento de tiempo, es decir, como los niveles jerárquicos de Taxonomía de Bloom evolucionan en el egresado con el pasar del tiempo. Sin embargo, esta evolución se hace desde consideraciones arbitrarias, no desde lo que consideran expertos que trabajan en diferentes áreas que involucren las partes del SWEBOK que se tuvieron en cuenta. En nuestra investigación, se hace tal consulta, por los que resultados de la jerarquía de conocimiento están más acomodados a las diversas necesidades reales de las posibles áreas de desempeño del ingeniero electrónico. No obstante, la comparación entre perfil ideal y perfil del egresado no tiene en cuenta el tiempo y la evolución de los conocimientos del profesional a medida que va adquiriendo experiencia en su labor, especialmente si esta está relacionada con metrología.

De la misma manera que en Bloom's Taxonomy levels for three software engineer profiles, Quezada-Sarmiento *et al.* [50], incluyen una referenciación a otros autores que aplican el SWEBOK para el caso de perfiles profesionales:

- Mena *et al.* usan un modelo DISCO II (European Dictionary of Skills and Competences) para la creación y comparación de perfiles que se basan en competencias laborales.
- Asimismo, Muller-Riedlhuber propone un modelo de competencias que se usó para comparar un perfil académico versus un perfil ocupacional.

Finalmente, la relevancia del segundo documento a comparar radica en que, a diferencia de la mayoría de las referencias encontradas en esta temática, esta investigación fue hecha en América Latina. No obstante, la metodología seguida por Quezada-Sarmiento *et al.*, a pesar de estar basada en la estructura general del SWEBOK (versión en español de

2004), presenta diferencias muy marcadas con lo que se siguió aquí y por los investigadores canadienses, debidas al no uso de la Taxonomía de Bloom.

1. En primer lugar, los autores crearon dos perfiles (ocupacional y profesional), a través del uso del SWEBOK y la metodología de modelos ontológicos y uso de escenarios NeOn, siguiendo el esquema que puede observarse con mayor claridad en la Figura 33:

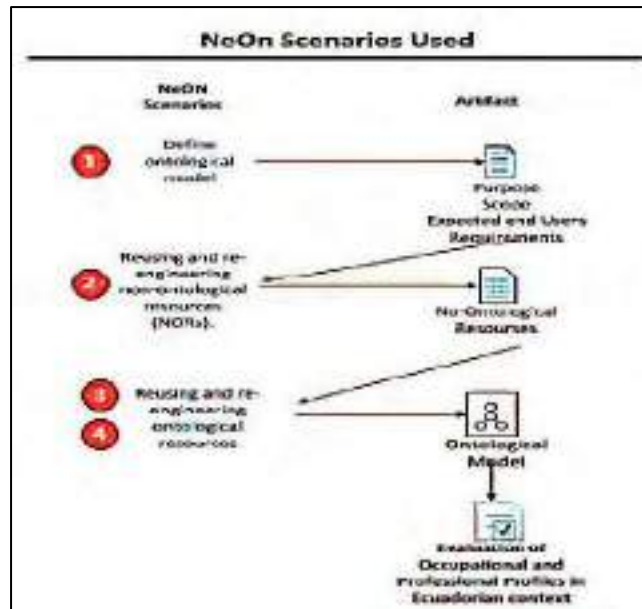


Figura 33: Esquema metodológico seguido por Quezada-Sarmiento et al. en [50]

- a) Se definió el modelo ontológico a seguir teniendo en cuenta 4 posibles escenarios. El primer escenario definió *objetivo, alcance, usuarios finales esperados* (ingenieros, graduados y otros entes interesados) y *requerimientos* (funcionales y no funcionales). El segundo escenario consideró el *re-utilización y reingeniería de los recursos no ontológicos* (BOK de los modelos ontológicos con estándares, BOK, áreas de conocimiento, unidad, temas, subtemas, perfiles, habilidades y detalles de los perfiles). El tercer y cuarto escenarios tuvieron en cuenta el *re-utilización y reingeniería de los recursos ontológicos* [este se basa en la misma estructura que KAS (Knowledge Areas), con elementos como unidades de conocimiento (KU), jerarquía de temas de conocimiento (KT) y subtemas de conocimiento (KST): listas de lecturas adicionales, referencias, taxonomías, listas de acrónimos y perfiles laborales y habilidades requeridas por los profesionales. Con todo esto se definieron los niveles profesionales de conocimiento].

- b) A partir de los modelos ontológicos, se evaluaron los perfiles profesionales, desde la perspectiva ocupacional y profesional.
 - c) Finalmente, se hicieron comparaciones con perfiles posiblemente alineados y no alineados, de acuerdo con los definidos a partir del SWEBOK.
2. Teniendo en cuenta lo anterior, es claro que se usó la jerarquía creada a partir de la estructura del BOK para evaluar los perfiles, no obstante, no se hizo esto a través de los niveles cognitivos de la Taxonomía de Bloom. Esto quiere decir más específicamente que, al igual que en el trabajo realizado, los autores definieron áreas de conocimientos → unidades → tópicos → subtópicos (tal cual como en la definición de la estructura general). Sin embargo, hay una diferencia fundamental, la definición de los subtópicos o subtemas, fue hecha por expertos, no a partir de material bibliográfico.

4.2.2 Comparación de resultados: resultados internos versus resultados por otros autores

Antes de hacer las comparaciones de los resultados con las fuentes ya analizadas metodológicamente, es necesario hacer un análisis global entre los dos perfiles que se trabajaron en esta investigación, es decir, una comparación entre el total de conceptos sugeridos versus el total de conceptos hallados, como puede verse en el siguiente gráfico.



Figura 34: Análisis global de conceptos metrológicos hallados versus nivel de sugerencia por parte de los expertos

Es necesario recalcar que para la construcción de este gráfico de análisis global se siguieron estas consideraciones, las cuales se presentan en conjunto con los resultados:

1. El nivel de sugerencia se tomó a partir del mayor nivel cognitivo sugerido por los tres expertos consultados. De esta forma, al tomar un nivel más alto, pudieron cubrirse los otros niveles de sugerencia que se encontraron por debajo del mismo.
2. Se hizo una comparación preliminar en la que se separaron, de los 290 conceptos de la estructura general, los conceptos hallados (aquellos con cualquier nivel cognitivo dentro del contenido programático) de los conceptos no hallados: *De la evaluación de las 12 asignaturas consultadas para el programa de ingeniería electrónica, se pudo hallar aproximadamente un 47% de conceptos de la estructura general metrológica: 136 en total.*
3. De los conceptos metrológicos hallados, se hizo un análisis más profundo que pudo dividirlos en tres categorías: aquellos conceptos por debajo del nivel más alto de sugerencia (29% del total de 290 conceptos: 83), aquellos a este nivel de sugerencia (9% del total de 290: 26), y los que se encontraron por encima del nivel sugerido (un poco más de 9% del total de 290: 27). Con esto, puede decirse que el nivel de articulación ideal de los conceptos metrológicos hallados (es decir, sólo considerando

aquellos conceptos al nivel o por encima de la sugerencia máxima por parte de los expertos), está un poco por encima de 18%.

4. Finalmente, también fue posible hacer un análisis más puntual en el que se muestran los resultados específicos por eje. Aquí, es importante resaltar que, de acuerdo con la primera consideración (el nivel de sugerencia se tomó a partir del mayor nivel cognitivo sugerido por los tres expertos consultados), todos los conceptos fueron sugeridos.
 - a) Eje 1: Metrología general. Aproximadamente un 56% de los conceptos asociados a este eje fueron hallados, pero sólo 7 conceptos de los 59 totales se encontraron por encima o iguales a los requerimientos por parte de expertos.
 - b) Eje 2: Sistemas de medida. La mitad de los conceptos asociados a este eje fueron hallados: 8 de los 52 conceptos totales están por encima o iguales a los requerimientos por parte de expertos.
 - c) Eje 3: Sistemas de calibración. Sólo un poco más del 8% de los conceptos asociados fueron hallados, y tan sólo tres de los 49 que se sugirieron estuvieron a un nivel cognitivo por encima o igual al recomendado por las fuentes consultadas.
 - d) Eje 4: Incertidumbre de medida y aplicación matemática. Más del 70% de los conceptos asociados fueron hallados, y 34 de los 95 sugeridos se encontraron por encima o iguales a los requerimientos por parte de expertos.
 - e) Eje 5: Sistemas y estándares de calidad. Sólo un poco más del 14% de los conceptos asociados fueron hallados para este eje. De hecho, tan sólo uno de los 35 conceptos sugeridos por expertos estuvo por encima o al nivel cognitivo recomendado.

Así, ejes particularmente débiles en el perfil del egresado son Sistemas de calibración y Sistemas y estándares de calidad. El resto cuenta con al menos la mitad de los conceptos hallados, siendo el mejor el cuarto (Incertidumbre de medida y aplicación matemática).

Ahora con este análisis interno, es posible considerar los resultados obtenidos por los autores citados metodológicamente.

En el caso de Bourque *et al.* [49], es obvio que los resultados muestran un mayor nivel cognitivo de acuerdo con Taxonomía de Bloom. Esto quiere decir que un ingeniero de

software experto maneja niveles cognitivos mayores en comparación con un recién graduado. Sin embargo, estos resultados no necesariamente son comparables con los obtenidos en el presente trabajo, a pesar de las similitudes metodológicas, por las mismas condiciones de diferencia entre las fuentes: mientras en el documento se considera un incremento cognitivo relacionado con el paso del tiempo y la ganancia de experiencia; en nuestro estudio, la jerarquización de conocimiento se evalúa no como una evolución en tiempo sino como requerimientos en diversas áreas, por lo que en ciertos aspectos, el recién graduado puede cumplir con lo que pide el perfil ideal, así como en otros puede estar por encima de los requerimientos o por debajo de ellos.

Para finalizar, en el caso de Quezada-Sarmiento *et al.* [50], la evaluación específica de los resultados se hizo a través de un macro algoritmo que consideró una experimentación con descripción manual. Así el resultado final es una matriz que arrojó porcentajes de alineación entre las ofertas laborales y los *skills* de carrera. Estos resultados no pueden equipararse a los obtenidos en el presente trabajo ya que básicamente al usarse Taxonomía de Bloom, se hace una evaluación de diferentes profundidades de conocimiento, de acuerdo con los conceptos de tres expertos en tres áreas diferentes.

4.3 Análisis de resultados para análisis DOFA

En este subcapítulo se presentarán los comentarios más relevantes hechos por los expertos durante el análisis DOFA. Al final, se mostrarán dos comparaciones: una teniendo en cuenta las recomendaciones que da el PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Instituto Nacional de Metrología de la República Federal de Alemania) para un análisis DOFA aplicable a un instituto nacional de metrología (lo cual puede equipararse a un paralelo metodológico), y otra entre la matriz general obtenida y una matriz hecha para la estrategia nacional en metrología de un país europeo.

4.3.1 Comentarios de expertos durante análisis DOFA

Desde una perspectiva general, vale muchísimo la pena resaltar que cada experto tuvo cierta recurrencia en diferentes aspectos metrológicos que se muestran a continuación:

- Industria: Contenidos relacionados con prácticas enfocadas a metrología industrial.
- Estado: Infraestructura de la calidad y su relación beneficiosa hacia la sociedad.

- Academia: Sistemas de calibración.

Dichas preocupaciones pueden compararse con los resultados previamente presentados en 5.2.2. Por ejemplo, la preocupación del sector estado con respecto a la infraestructura de calidad, está estrechamente relacionada con la debilidad inherente que existe en este eje. Esto también ocurre con la insistencia del experto de academia en el eje de sistemas de calibración, otra área que necesita atención y refuerzo en el perfil del egresado de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.

4.3.2 Comentarios por experto en industria

Durante la entrevista, y como parte del análisis DOFA y la construcción de sus respectivas estrategias, fue posible notar una preocupación constante del experto en lo referente a la falta de integración del ente formador (universidad) con su sector de experticia. Incluso, hubo una crítica abierta tanto hacia la universidad como al INM, por ignorar aspectos esenciales de la metrología industrial.

No obstante, se destacó el papel beneficioso que tendría una implementación más activa de contenidos prácticos, los cuales reforzarían tanto los ejes considerados como fortalezas, como aquellos considerados como debilidades. De igual manera, en respuesta a la genuina preocupación del experto, la búsqueda de un acercamiento con el sector industrial y sus necesidades ayudaría a convertir las debilidades y amenazas en puntos a favor del programa y, por ende, del egresado de este.

4.3.3 Comentarios por experto en estado

Al igual que el experto de industria, la persona consultada en representación del sector estatal evidencia una preocupación relacionada con el concepto de *infraestructura de la calidad*. Para él, que sectores como universidad, industria y academia ignoren este valioso concepto, afecta a la sociedad, ya que esta es la que se beneficia de una interacción entre todos los entes que involucran a la metrología, y esto explica el interés particular del estado al elegir este concepto como pilar metrológico.

En pocas palabras, un entendimiento de lo que realmente significa la implementación de la *infraestructura de la calidad* es beneficioso para todos por lo que, si el profesional en

ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá comprende esto, estaría a tono con las necesidades no solo estatales, sino de los otros sectores. Este mismo concepto de *infraestructura de la calidad* es, para él, el elemento integrador de los sectores relacionados metrológicamente.

Vale muchísimo la pena resaltar acá que este experto apela como oportunidad el contacto con entes internacionales de metrología: esta oportunidad resulta bastante atractiva ya que, si se tiene en cuenta en el programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, pueden crearse lazos internacionales, desde la perspectiva metrológica, al tiempo que los eventos de contacto pueden servir como puntos de encuentro entre los sectores de industria, estado, academia y ente formador.

4.3.4 Comentarios por experto en academia

Es evidente que academia tiene un énfasis en el área de *sistemas de calibración*. Esto está muy conectado también con el eje de *incertidumbre*. Para ella, los conceptos metrológicos que maneja el ingeniero electrónico de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, deben ir más allá de las necesidades propias de la carrera: Deben también responder a las necesidades académicas y, por ende, de otros sectores que se beneficiarían con la expansión en el enfoque.

Al igual que con la preocupación de industria, ella destaca el papel que tiene la implementación de prácticas, aunque desde la perspectiva de incertidumbre. Propone visitas, asesorías con expertos, y el uso de herramientas metrológicas en proyectos estudiantiles, para apoyar una expansión a nivel práctico.

4.3.5 Comparación con recomendaciones DOFA por PTB

De acuerdo con el Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Instituto Nacional de Metrología de la República Federal de Alemania [24], existen una serie de recomendaciones que pueden tenerse en cuenta al momento de aplicar un análisis DOFA a cualquier instituto nacional de metrología.

El enfoque presentado por esta institución, a pesar de estar dirigido a un ente, tiene ciertas similitudes con lo que se hizo metodológicamente en este trabajo:

1. Es esencial la definición de objetivos básicos que fueron explicados a los participantes. De esta forma, la guía de PTB y nuestro trabajo coinciden en que es vital comenzar el análisis DOFA socializando con los participantes cuáles serán los objetivos que tal análisis busca alcanzar y aclarar las posibles dudas que ellos tengan al respecto.
2. Igualmente, PTB recomienda que para garantizar el éxito del análisis, es fundamental que entre los participantes existan representantes de diversos sectores. Esto se hizo, ya que se tuvieron en cuenta los tres expertos considerados en la investigación: industria, estado, academia.
3. Finalmente, la guía de PTB recomienda que se trabaje con grupos pequeños, de máximo 10 personas. En el caso de la metodología adoptada, las entrevistas fueron personalizadas.

Entre las diferencias encontradas llaman la atención dos aspectos específicos:

1. Para poder llevar a cabo el análisis DOFA en nuestra investigación, se expusieron los resultados de los conceptos sugeridos versus los conceptos hallados a los expertos. Esto se hizo a través de unas tablas comparativas por sector. Esta aproximación al análisis es muy puntual de este trabajo, ya que los resultados recolectados a partir de las entrevistas con los expertos, dependieron de los resultados, al igual que las recomendaciones que se hicieron y que pudieron observarse con anterioridad.
2. Para PTB, es importante que la evaluación DOFA se lleve a cabo en grupos, por lo que el método se lleva a cabo como una lluvia de ideas. Asimismo, al final, los resultados se comunican en una matriz, como la que se hizo en nuestro caso. Sin embargo, para PTB, estos resultados deben socializarse y no se consideran como una etapa inicial que conlleva otros procesos que se traduzcan en la aplicación de tales resultados para mejoramientos continuos. Esto se tiene en cuenta en esta investigación.

4.3.6 Comparación con matriz DOFA para la estrategia nacional de la república de Croacia en el campo de la metrología

El documento de la Estrategia Nacional de la República de Croacia en el campo de la metrología [51] atrae particularmente la atención debido a que como fuente, es uno de los pocos documentos que puede usarse como alternativa de comparación con relación a la

matriz general DOFA que se construyó unificando los resultados extraídos a partir de los expertos consultados.

Desafortunadamente, la comparación entre ambas fuentes se hace difícil debido a un punto que es muy específico del trabajo realizado en esta investigación. Nuestro análisis DOFA está basado en conceptos, mientras que el documento consultado está enfocado a aspectos mucho más específicos relacionados con las condiciones de la Oficina Estatal de Metrología Croata. Por lo tanto, mientras los resultados hallados hacen énfasis en los ejes de la estructura general de conceptos metrológicos, los resultados de la matriz DOFA a comparar resaltan las relaciones del instituto nacional e internacionalmente, las características de su elemento humano, problemas de financiamiento, y su reputación.

4.4 Fortalezas y oportunidades de mejora

Ya con los resultados de este documento, hay un conocimiento más profundo del estado general que tiene un egresado en ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, en relación con las necesidades de industria, estado y academia. Sin embargo, surge una última inquietud: ¿cómo este conocimiento puede aplicarse para que el egresado pueda responder a las necesidades encontradas? La respuesta está en la integración de los sectores, ya que la universidad necesita que estos interactúen de una forma más estrecha para poder garantizar que el perfil profesional del ingeniero electrónico cumpla con los requisitos metrológicos exigidos.

Es la falta de esta integración la que se refleja en la preocupación de los expertos, que llegaron a afirmar frases como:

- *Cuando se ofrece un producto de medición, en especial los que sirven para implementar mediciones con especificaciones más altas (como calibración), es posible darse cuenta de qué es lo que pasa en industria. Cuando no se entiende a la industria, no se comprenden los diferentes mercados que hay, cómo atacar cada mercado, o cómo llegar a la industria con casos reales; lo que evidencia la falta de preparación de los profesionales. Todo eso viene a que no se enfoca correctamente a los estudiantes en lo que deberían aprender cuando se van a encontrar con la industria. Esto da una mirada a la opinión del experto de industria: para él hay una clara desconexión entre*

las necesidades del sector que representa y los objetivos metrológicos de los profesionales en ingeniería electrónica. Así, para él, afirmaciones como “*no se entiende a la industria*” desembocan en situaciones como la siguiente, también mencionada por él: *Hay muchos casos donde personas traen niveles de metrología importantes, pero para el nivel de la industria, esas mismas personas olvidan lo básico, lo que realmente corresponde a la práctica y al estudio de casos reales, que es fundamental.* Con esto, se resalta no sólo la desconexión con el sector de formación sino también lo fundamental que resulta la inclusión de elementos prácticos en los objetivos de aprendizaje asociados a metrología, para que el profesional, en este caso, el ingeniero electrónico de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, pueda aplicar lo que sabe de forma teórica a los casos reales que cita el experto.

- *Hay muchos temas que se ven muy, muy desde lo técnico... y ese es el temor: muy del tecnicismo propio que tiene la ingeniería electrónica, como también de la mecánica de las matemáticas y la estadística; y se pierde el concepto, el propósito, el por qué se hace eso. Entonces cuando usted desdibuja el propósito pues... le pierde sentido a lo que está haciendo y se le vuelve un tema mecánico, que la persona debe cumplir y no le ve ningún valor agregado. Entonces desde estado, o desde mi percepción, lo que se necesita es que la sociedad interiorice estos conceptos (incertidumbre, matemáticas aplicadas, estadística): los que quieren trabajar en el área de metrología deben manejarlos a profundidad y encontrar un propósito para que los puedan aplicar, no desde la mecánica, sino desde el propósito. Así, el perfil del egresado de ingeniería electrónica necesita interiorizar el concepto, en cualquier espacio (estado, academia, industria).* De manera análoga a las inquietudes del experto en industria, el experto de estado introduce otra problemática dentro de las desconexiones que hay entre los sectores: él la denomina la *mecanización de conceptos*. Esto significa que muchos egresados consideran los conceptos metrológicos como actividades mecánicas repetitivas sin ningún tipo de propósito, por lo que, al olvidar sus propósitos, no se entiende su impacto en la sociedad y es más complejo para el profesional integrarse en los espacios considerados en este documento (estado, industria y academia).
- *Me sorprendí con el eje de incertidumbre, porque la diferencia es bastante: creo que este es uno de los más bajitos que dio en la comparación, y llevándolo a lo que yo he visto del programa, eso nunca se mencionó, de pronto es que está en el programa y*

realmente nunca se aplica. La preocupación de la experta en academia difiera un poco de los elementos encontrados en las afirmaciones de los otros pares: Ella apunta hacia un problema más profundo dentro del programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Como experta con conocimientos en el contenido curricular del programa, ella considera que éste puede contener efectivamente los elementos metrológicos necesarios para los diferentes sectores de la sociedad, sin embargo, el problema no es que el programa los tenga o no, sino que efectivamente los estudiantes los vean, tanto desde la perspectiva teórica como práctica.

Estos problemas visualizados a través de la perspectiva de los expertos (falta de aplicación de contenidos prácticos, falta de entendimiento del propósito de las actividades metrológicas y desconexión entre lo que se supone que el contenido programático debe enseñar y lo que se enseña en la realidad), muestran como el programa falla en su labor como elemento integrativo de los sectores que requieren ingenieros electrónicos con conocimientos en metrología. Es claro que hay una brecha considerable en la integración de los sectores: cada uno de ellos conoce muy poco de las necesidades de los otros, cuando es muy obvio que muchas de tales necesidades se solapan. ¿Cuál es la consecuencia más directa?: un profesional preparado pero que le cuesta acomodarse a las condiciones que encuentra cuando debe laborar en alguno de los sectores, en especial si estas condiciones están conectadas con metrología. De esta forma, es posible afirmar que esta brecha, también involucra a la universidad y la muestra como un elemento que potencialmente podría disminuirla.

Se hace necesario que los tres sectores tengan puntos de conexión en los cuales creen una integración con relación a los contenidos: a mayor conexión e integración entre los sectores, se hace posible que el egresado tenga los conocimientos que le permitan desempeñarse metrológica y efectivamente, lo cual es lo que finalmente busca la evaluación de este documento. No es descabellado afirmar que el punto de conexión debe ser la universidad como ente formador.

Por ende, en la medida que haya un consenso entre los sectores, con relación a sus requerimientos, es más fácil para la universidad tener la oportunidad de modificar, fortalecer, eliminar o crear contenidos de su programa curricular, que su plan requiera.

Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

De esta tesis se desprenden las siguientes conclusiones:

- La metodología propuesta para evaluar la articulación de los conceptos de metrología en el plan de estudios resultó válida. La metodología permitió combinar información cualitativa y cuantitativa para llegar a conclusiones de los objetivos propuestos.
- La metodología propuesta en esta tesis se puede extrapolar a otros temas que se quieran evaluar dentro del plan estudios de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Igualmente, no se encuentran obstáculos que impidan su aplicación a otros programas de ingeniería.
- El árbol de conceptos asociados a metrologías es un aporte concreto de esta tesis. Puede ser empleado como referente para otras aplicaciones.
- Se evidencian brechas entre perfil hallado y perfil requerido en relación a los conceptos de metrología evaluados. Este resultado es coherente con el hecho de que el plan de estudios no contemplaba la metrología como un campo de acción del egresado.
- Es destacable la coincidencia de opiniones de los expertos entorno a la necesidad de una mayor integración de la academia, industria y estado. Este aspecto debería considerarse en posteriores evaluaciones y ajustes del diseño curricular.
- Trabajos como este, permite identificar las brechas entre perfil hallado y perfil requerido, en este caso metrología, lo cual opiniones de los expertos de academia, industria y estado ayudan a formular estrategias para cubrir estas brechas.
- Se obtuvo evidencia de que algunos conceptos de metrología están presentes en el plan de estudios de ingeniería electrónica. La mayor carencia se encuentra en sistemas y estándares de calidad. Esto sucede pese a que el plan de estudios

original no se contempló la metrología como un posible campo de acción del profesional, dado que en su momento esta no era una realidad.

5.2 Recomendaciones

Algunas recomendaciones que resultan importantes tras el desarrollo del presente proyecto son las siguientes:

- En caso que la Universidad Nacional de Colombia requiriera formular programas de nivelación en conceptos de metrología, tales como diplomados, seminarios, cursos enfocados en áreas metrológicas específicas, entre otros, para fortalecer los conocimientos metrológicos que son útiles en el ejercicio profesional de un ingeniero electrónico.
- La evaluación de planes de estudio se enriquece en tener en cuenta las opiniones de los expertos en industria, estado y academia, para inclusión de contenidos metrológicos en las asignaturas del plan de estudio de ingeniería electrónica.
- Sería muy útil ampliar este estudio cubriendo más asignaturas del plan de estudios de ingeniería electrónica de Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá y consultando mucho más expertos en metrología.
- Dentro de las carencias detectadas la más evidente tiene que ver con sistemas y estándares de calidad, por tal motivo se recomienda evaluar en los futuros diseños curriculares del plan de estudios de ingeniería electrónica.
- Se propone utilizar la metodología para estudios semejantes con otros temas distintos a metrología que pueden ser de interés de la facultad de ingeniería la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.

A. Anexo 1: Contenidos temáticos en metrología

CCT

Metrología general.

1	I. Metrología general (30 preguntas)
1.1	A. Unidades básicas del SI
1.1.1	1) metro
1.1.2	2) kilogramo
1.1.3	3) segundo
1.1.4	4) amperio
1.1.5	5) kelvin
1.1.6	6) candela
1.1.7	7) mole
1.2	B. Unidades derivadas del SI
1.2.1	1) grado
1.2.2	2) ohmios
1.2.3	3) pascal
1.2.4	4) newton
1.2.5	5) joule
1.2.6	6) culombio
1.2.7	7) hercios
1.3	C. Multiplicadores y conversiones SI
1.4	D. Constantes fundamentales
1.4.1	1) velocidad o velocidad de la luz en el vacío (c)
1.4.2	2) constante gravitacional (g)
1.4.3	3) constante de gas universal (R)
1.5	E. Mediciones comunes
1.5.1	1) temperatura
1.5.2	2) humedad
1.5.3	3) presión
1.5.4	4) par
1.5.5	5) fuerza

1.5.6	6) masa
1.5.7	7) voltaje / corriente / resistencia
1.5.8	8) tiempo / frecuencia
1.5.9	9) desplazamiento lineal
1.6	F. Niveles de trazabilidad y jerarquía
1.6.1	Laboratorios comerciales
1.6.2	Laboratorios nacionales
1.6.3	Organizaciones internacionales de metrología
1.7	G. Estándares de medición
1.7.1	1) primaria
1.7.2	2) referencia
1.7.3	3) trabajando
1.7.4	4) intrínseco
1.7.5	5) derivado
1.7.6	6) consenso
1.7.7	7) transferencia
1.8	H. Sustitución de estándares
1.8.1	1) requisitos de medición
1.8.2	2) disponibilidad del equipo
1.8.3	3) especificaciones del equipo

Sistema de medida.

2	II. Sistema de medida
2.1	A. Métodos de medición
2.1.1	1) directo
2.1.2	2) indirecto
2.1.3	3) relación
2.1.4	4) transferencia
2.1.5	5) diferencial
2.1.6	6) sustitución
2.2	B. Características de medición
2.2.1	1) variabilidad
2.2.2	2) sensibilidad
2.2.3	3) repetibilidad
2.2.4	4) reproducibilidad
2.2.5	5) sesgo
2.2.6	6) linealidad
2.2.7	7) estabilidad
2.2.8	8) mensurando

2.3	C. Consideraciones sobre los datos de medición
2.3.1	1) formato
2.3.2	2) legibilidad
2.3.3	3) resolución
2.3.4	4) idoneidad para el uso
2.3.5	5) confidencialidad
2.4	D. Términos y características de la especificación de IM & TE
2.4.1	Porcentaje de escala completa
2.4.2	Porcentaje de rango
2.4.3	Porcentaje de lectura
2.4.4	Número de cuentas
2.4.5	Tolerancia
2.4.6	Presupuesto
2.4.7	Modificadores y calificadores de línea de base
2.4.8	Salida
2.4.9	Escala
2.5	E. Fuentes de error
2.5.1	1) deriva
2.5.2	2) sesgo
2.5.3	3) error del operador
2.5.4	4) medio ambiente
2.6	F. Programa de aseguramiento de la medición (MAP)
2.6.1	1) comparaciones entre laboratorios y esquemas de prueba
2.6.2	2) pruebas de aptitud
2.6.3	3) estudios de R & R de instrumentos

Sistemas de calibración.

3	III. Sistemas de calibración
3.1	A. Procedimientos de calibración
3.1.1	1) equipo requerido
3.1.2	2) revisiones
3.1.3	3) lista de equipos
3.1.4	4) consideraciones ambientales y restricciones
3.1.5	5) procedimientos comunes
3.2	B. Métodos de estandarización y ajuste
3.2.1	1) expansión
3.2.2	2) anulación
3.2.3	3) reducción a cero
3.2.4	4) linealización
3.3	C. Prácticas y regulaciones de la industria
3.3.1	1. Prácticas de la industria

3.3.2	2. Regulaciones, mandatos y orientación
3.4	D. Control ambiental
3.4.1	1) humedad
3.4.2	2) niveles de polvo
3.4.3	3) descarga electrostática (ESD)
3.4.4	4) temperatura
3.4.5	5) vibración
3.5	E. Procesos de calibración para IM y TE
3.5.1	1. Flujo del proceso
3.5.2	2. Información logística
3.5.3	3. Roles y responsabilidades
3.5.4	4. Programación
3.6	F. Procesos de validación
3.6.1	Validando el manual
3.6.2	Validación automatizada
3.6.3	Consideraciones de validación para el software
3.6.4	Consideraciones de validación para el firmware
3.7	G. Gestión de registros
3.7.1	Controlar el contenido de mantener la integridad
3.7.2	Control de documentos para mantener la confidencialidad
3.8	H. Informes oficiales
3.8.1	Certificados de calibración
3.8.2	Etiquetas de calibraciones
3.8.3	informes de calibración sin conformidad
3.8.4	Informes de las pruebas

Incertidumbre de medición y matemática aplicada.

4	IV. Incertidumbre de medición y matemática aplicada
4.1	A. Terminología de incertidumbre
4.1.1	1) Guarda de banda
4.1.2	2) tasa de incertidumbre de la prueba (TUR)
4.1.3	3) relación de precisión de prueba (TAR)
4.1.4	4) sesgo
4.1.5	5) error
4.1.6	6) porcentaje de tolerancia
4.1.7	7) Pruebas R & R
4.2	B. Componentes del presupuesto de incertidumbre
4.2.1	1) ambiente
4.2.2	2) factores humanos

4.2.3	3) métodos
4.2.4	4) unidad bajo prueba
4.2.5	5) estándares de referencia
4.2.6	6) materiales
4.2.7	7) los elementos clave y los pasos para desarrollar un presupuesto de incertidumbre
4.3	C. Determinación de la incertidumbre y presentación de informes
4.3.1	1) incertidumbre combinada y expandida
4.3.2	2) factores ponderados
4.3.3	3) gráficos explicativos
4.3.4	4) factores de cobertura
4.3.5	5) niveles de confianza
4.3.6	6) grados efectivos de libertad
4.3.7	7) elementos de cálculo de incertidumbre que incluyen la media, la desviación estándar, el cuadrado de suma de raíz (RSS) y la varianza
4.4	D. Matemáticas técnicas y aplicadas
4.4.1	1. Notación científica y de ingeniería
4.4.2	2. Inglés / conversiones métricas
4.4.3	3. Razones
4.4.4	4. Tablas, gráficos y diagramas
4.4.5	5. Redondeo, truncamiento y figuras significativas
4.4.6	6. Orden de operación matemática
4.4.7	7. Ecuaciones algebraicas
4.4.8	8. Conversiones angulares

Estándares y sistemas de calidad.

5	V. Sistemas de calidad y estándares
5.1	A. Sistemas de gestión de calidad
5.1.1	1. Componentes del sistema
5.1.2	2. Procesos estratégicos y tácticos
5.2	B. Herramientas de control de calidad
5.2.1	1) diagramas de flujo / mapas de proceso
5.2.2	2) hojas de control
5.2.3	3) Diagramas de Pareto
5.2.4	4) Diagramas de causa y efecto
5.2.5	5) diagramas de dispersión
5.2.6	6) tablas de control
5.2.7	7) histogramas
5.3	C. Auditorías de calidad
5.3.1	1. Tipos de auditorías como internas, externas, de productos y procesos.
5.3.2	2. Roles y responsabilidades del auditor, auditado y cliente.

5.3.3	3. Componentes de auditoría que incluyen pero no se limitan al plan de auditoría, el propósito de la auditoría y el estándar de auditoría.
5.3.4	4. Herramientas de auditoría tales como lista de verificación e informe final
5.4	D. Acción correctiva por no conformidades
5.4.1	1. Identificación de no conformidad
5.4.2	2. Evaluación de impacto
5.5	E. Conducta y ética profesional
5.51	Código de ética de ASQ
5.6	F. Requisitos de seguridad laboral
5.6.1	1. Peligros y equipo de seguridad
5.6.2	2. Salud y seguridad en el trabajo
5.6.3	3. Servicio de limpieza
5.6.4	4. Pre y post condición de calibración
5.7	G. Normas de calidad y guías
5.7.1	1. Normas de calidad y guías
5.7.2	2. Tableros de Acreditación

Agilent

Fundamentos de metrología.

1	Fundamentos de metrología
1.1	Conceptos básicos de metrología
1.2	Introducción al proceso de medición
1.3	Clasificación de las normas y el sistema internacional de unidades
1.4	Tipos de laboratorios de metrología
1.5	Métodos de calibración
1.6	Trazabilidad
1.7	Requisitos de las normas
1.8	Relación de exactitud de la prueba
1.9	Riesgos de toma
1.10	Guardbanding
1.11	Requisitos del sistema de calibración
1.12	Técnicas de comparación entre laboratorios y aptitud
1.13	Resumen proceso de calibración

Las incertidumbres de medición.

2	Las incertidumbres de medición
2.1	¿Cuál es la incertidumbre?
2.2	CIPM (Comité Internacional de Pesas y Medidas) y el BIPM (Oficina Internacional de Pesos y Medidas)
2.3	Análisis matemático y estadístico básico
2.4	Los términos utilizados en metrología: mensurando, repetibilidad, cierto valor, etc.
2.5	El método CIPM de cálculo de la incertidumbre de medición
2.6	El método ISO de cálculo de la incertidumbre de medición
2.7	Combinando términos individuales de una manera coherente; el uso de formularios
2.8	La determinación de la incertidumbre para una medición absoluta
2.9	La determinación de la incertidumbre para una medición relativa

Automatización de medición.

3	Automatización de medición
3.1	Resumen de la automatización de medición
3.1.1	Características, usos, beneficios y elementos básicos
3.1.2	Definir el término "controlador"
3.1.3	Importancia de las normas de la industria
3.2	Computadoras y software
3.2.1	Características de los equipos que se utilizan en sistemas de automatización de medición
3.2.2	Lenguajes de programación utilizados comúnmente (text-based y gráfica)
3.2.3	Función / beneficios de la ISPA, SICL, COM / DCOM y VISA
3.3	IEEE-488 (GPIB) fundamentos
3.3.1	Definiciones, beneficios y tipos de dispositivos GPIB
3.3.2	Velocidades de transferencia de datos, conexiones de dispositivos y limitaciones de cableado
3.3.3	Direcciones GPIB válidos y no válidos
3.3.4	Importancia del conjunto de comandos comunes
3.4	Fundamentos VXI y Firewire
3.4.1	Definiciones, beneficios de VXI bus y tipos de dispositivos VXI
3.4.2	Requisitos de configuración básica del módulo ranura 0
3.4.3	Ventajas / desventajas de ordenador incorporado
3.4.4	Tarjeta común (módulo) tamaños en sistemas VXI Agilent
3.4.5	VXI dispositivo de abordar las convenciones
3.4.6	Dispositivos basados en registros y mensajes
3.4.7	Firewire conductores y Plug & Play caliente
3.4.8	Cables Firewire, conectores, conceptos y ejemplos

3.4.9	Estado de IEEE 1394
3.4.10	Diferencia entre E8491A y E8491B
3.4.11	IEEE 1394 ranura 0 controlador

Fundamentos proceso de medición.

4	Fundamentos proceso de medición
4.1	Definición de términos: medición, cierto valor, error de medición, variación del sistema de medición, variación del sistema de prueba, la repetibilidad y la variación DUT
4.2	el rendimiento del instrumento: exactitud, precisión vs exactitud, la incertidumbre, la resolución, sensibilidad, linealidad, estabilidad y un nivel
4.3	el rendimiento del instrumento: exactitud, precisión vs exactitud, la incertidumbre, la resolución, sensibilidad, linealidad, estabilidad y un nivel
4.4	Tipos de resultados de medición
4.5	Unidades de medida
4.6	la capacidad del proceso de medición
4.7	Relación señal a ruido
4.8	Precision-a-tolerancia proporción
4.9	Los errores de medición: errores en los estándares, errores de calibración, los errores de deriva, errores del operador, los errores aleatorios, errores sistemáticos
4.1	La estimación de los errores de medición: descripción y comparación de metodologías
4.11	Estimación del costo de los errores de medición

Handbook Metrology

Antecedentes.

1	Antecedentes
1.1	Historia y Filosofía de la Metrología / Calibración
1.1.1	Medición antigua
1.1.2	Progreso de medición en los últimos 2000 años
1.1.3	Estándares, Comercio y Metrología
1.1.4	Historia de los estándares de calidad
1.1.5	Medición y revolución industrial
1.1.6	Hitos en la historia de la Ley de Alimentos y Drogas de EE. UU.

Sistemas de calidad.

2	Sistemas de calidad
2.1	Los fundamentos de un sistema de calidad
2.1.1	Herramientas de calidad
2.1.2	Técnicas de mejora de procesos
2.2	Estándares de calidad y su evolución
2.2.1	¿Qué son los estándares de calidad y por qué son importantes?
2.2.2	El papel de ISO
2.2.3	Evolución de los estándares de calidad
2.2.4	Historia de los Estándares de Calidad - 1900 a 1940
2.2.5	Historia de los estándares de calidad - 1940 hasta el presente
2.3	Documentación de calidad
2.4	Procedimientos de calibración y manuales de equipos
2.5	Registros de calibración
2.6	Certificados de calibración
2.7	Manuales de calidad
2.8	Trazabilidad
2.9	Intervalos de calibración
2.10	Estándares de calibración
2.11	Requisitos de auditoría
2.12	Sistemas de programación y retiro
2.13	Etiquetas y estado del equipo
2.14	Entrenamiento
2.15	Controles ambientales
2.16	Requisitos específicos de la industria
2.16.1	ISO/IEC 17025
2.16.2	ISO 9001
2.16.2.1	Comercio global
2.16.2.1.1	Versiones nacionales de estándares internacionales
2.16.2.2	Características importantes de ISO 9001
2.16.2.3	ISO 9000 y su negocio
2.16.2.4	Lo que dice el estándar sobre la calibración
2.16.2.5	ISO 10012
2.16.3	FDA (cGMP)
2.16.4	Otros requisitos de la industria
2.16.4.1	Estándares basados en ISO 9000
2.16.4.1.1	Fabricación aeroespacial - SAE AS9100A
2.16.4.1.2	Fabricación de automóviles
2.16.4.2	Telecomunicaciones - TL 9000
2.16.4.3	Software de computadora - ISO 9000-3 y TickIT
2.16.4.3.1	ISO 9000-3:1997

2.16.4.3.2	TickIT
2.16.4.4	Estándares no basados en ISO 9000
2.16.4.4.1	Aviación civil
2.16.4.4.2	Software de computadora - Modelo de madurez de la capacidad SEI
2.16.4.4.3	Ingeniería Civil
2.17	Computadoras y Automatización

Conceptos de metrología.

3	Conceptos de metrología
3.1	Una comprensión general de la metrología
3.2	Métodos de medición, sistemas, capacidades y datos
3.2.1	Métodos de medición
3.2.2	Sistemas de medición
3.2.3	Capacidades de medición
3.2.3.1	Gráficos de Control y Control del Proceso Estadístico
3.2.3.2	Pruebas R & R
3.2.4	Datos de medición
3.2.5	Métodos y técnicas de calibración
3.3	Especificaciones
3.3.1	Tipos de límites de especificación
3.3.1.1	Características de una especificación
3.3.2	Línea base
3.3.2.1	Especificación de línea de base: término de salida
3.3.2.2	Especificación de línea de base: término de escala
3.3.2.3	Especificación de línea de base: Plazo
3.3.2.4	Formas de escribir especificaciones
3.3.3	Modificadores
3.3.3.1	Modificadores: término de tiempo
3.3.3.2	Modificadores: Término de temperatura
3.3.3.3	Modificadores: término de potencia de línea
3.3.3.4	Modificadores: Término de carga+B51
3.3.4	Modificadores: Término de carga
3.3.4.1	Tablas de especificaciones
3.3.4.2	Terminología inusual
3.3.5	Comparación de especificaciones
3.3.5.1	Comparación de las especificaciones de dos instrumentos
3.3.5.2	Comparar un instrumento con la tarea de medición
3.4	Sustituir estándares de calibración

3.4.1	Sustitución estándar de medición
3.4.1.1	¿Por qué podría ser necesario un sustituto para un estándar de medición?
3.4.1.2	¿Cómo se selecciona un sustituto adecuado?
3.4.1.2.1	Ejemplo: determinación de sustitutos para estándares de calibración obsoletos
3.4.2	Procedimientos de sustitución y calibración del equipo
3.5	Pruebas de Competencia, Programas de Aseguramiento de Medición e Intercomparaciones de Laboratorio
3.5.1	Prueba de competencia
3.5.1.1	Esquema de comparación de medidas
3.5.1.2	Esquema de prueba entre laboratorios
3.5.1.3	Esquema de prueba de muestras divididas
3.5.1.4	Aceptabilidad de los datos
3.5.2	Programas de aseguramiento de medición

Matemáticas y estadísticas: su uso en la medición.

4	Matemáticas y estadísticas: su uso en la medición
4.1	Formateo de números
4.1.1	Dígitos significativos
4.1.2	Métodos de notación
4.1.2.1	Notación estándar
4.1.3	prefijos del SI
4.1.2.1	Notación científica
4.1.2.1.1	Operaciones matemáticas usando notación científica
4.1.4	Números preferidos ISO
4.1.5	Métodos de redondeo numérico
4.1.6	Otros problemas de formato numérico
4.1.6.1	Zeroes líderes
4.1.6.2	Formateo de números habituales
4.2	Conversiones de unidades
4.2.1	Unidades SI
4.2.2	Coherencia de unidades SI
4.2.3	Unidades derivadas de SI
4.2.3.1	Prefijos de SI
4.2.3.2	Unidades con nombre SI que son múltiplos de base SI o unidades derivadas
4.2.3.3	Unidades que no se deben usar dentro del sistema SI de unidades
4.2.3.4	Unidades del SI organizadas por categoría de unidad
4.2.4	Factores de conversión y sus usos
4.2.4.1	De / a las listas
4.2.4.2	De / a la tabla de la matriz

4.2.5	Incertidumbres para algunas Unidades Fundamentales (Estándar y Relativo)
4.2.6	Bases numéricas
4.2.7	Factores de conversión para la conversión entre unidades de medida equivalentes
4.2.8	Las siguientes son notas adicionales para usar los apéndices IV y V en el CD-ROM
4.2.8.1	Conversión de unidades
4.2.8.2	Factores base
4.2.8.3	Referencias
4.2.8.4	Propiedades
4.2.8.5	NIST
4.2.8.6	CODATA
4.3	Relaciones
4.3.1	Medidas de Decibel
4.3.1.1	Logaritmos en Microsoft Excel
4.3.1.2	Tipos de transformaciones de linealización
4.3.1.3	Gráficos
4.4	Estadísticas
4.4.1	Suposiciones de medición fundamentales
4.4.2	grados de libertad
4.4.3	Residuos
4.4.4	Tendencia central
4.4.4.1	media
4.4.4.2	Mediana
4.4.4.3	Modo
4.4.5	Distribuciones bimodales
4.4.6	Teorema del límite central
4.4.7	Raíz media cuadrática
4.4.8	Suma de cuadrados
4.4.9	Suma de raíz cuadrada
4.4.10	Varianza
4.4.11	Desviación estándar
4.4.12	Varianza de la muestra
4.4.13	Desviación estándar de la muestra
4.4.14	Error estándar de la media
4.4.15	Sesgo
4.4.16	Kurtosis
4.4.17	Correlación
4.4.18	Relaciones lineales

4.4.18.1	Relación pendiente-intersección de dos puntos en conjuntos de datos lineales
4.4.18.2	Regresión lineal, línea de mejor ajuste a través de un conjunto de datos
4.4.19	Relaciones cero y span
4.4.20	Interpolación
4.4.21	Formatos de datos tabulares
4.4.22	Métodos de interpolación lineal
4.4.22.1	Una vía, Interpolación de dos puntos, Lineal
4.4.22.2	Interpolación bidireccional de dos puntos, lineal
4.4.22.3	Interpolación de tres vías, lineal
4.4.23	Ver la Sección, 27.23 Métodos de interpolación para datos no lineales
4.4.23.1	Interpolación unidireccional de tres puntos cuadrática
4.4.23.2	Interpolación unidireccional de tres puntos cuadrática
4.4.23.3	Una vía, n-Puntos de interpolación - No lineal (lagrangiano)
4.4.24	Tipos de distribuciones y sus propiedades
4.4.24.1	Distribución acumulativa normal (gaussiana)
4.4.24.2	Distribución acumulativa normal estándar (gaussiana)
4.4.24.3	Distribución t
4.4.24.4	Distribución F
4.4.24.5	Distribución χ^2 (Chi-Cuadrado)
4.4.24.6	Distribución de Weibull
4.4.24.7	Distribución Hipergeométrica
4.4.24.8	Distribución binomial
4.4.24.9	Distribución de Poisson
4.4.24.10	Incertidumbre, distribución normal
4.4.24.11	Incertidumbre, distribución rectangular
4.4.24.12	Incertidumbre, distribución triangular
4.4.24.13	Incertidumbre, distribución en forma de U
4.4.24.14	Incertidumbre relativa
4.4.25	Autocorrelación
4.5	Medición, volumen y superficies
4.5.1	Medición, longitudes y ángulos
4.5.1.1	Longitud
4.5.1.1.1	Interceptar de una línea en y
4.5.1.1.2	Pendiente de una línea
4.5.1.1.3	Ecuación pendiente-intersección de una línea
4.5.1.1.4	Ecuación punto-pendiente de una línea
4.5.1.1.5	Distancia entre dos puntos x - y
4.5.1.1.6	Distancia en un plano general entre dos puntos
4.5.1.1.7	Líneas perpendiculares, relación de pendiente
4.5.1.2	Círculo

4.5.1.2.1	Círculo, general
4.5.1.3	Elipse
4.5.1.3.1	Elipse, eje principal horizontal
4.5.1.3.2	Elipse, eje mayor vertical
4.5.1.4	Ángulo
4.5.1.4.1	Grado a Radian
4.5.1.4.2	Relaciones de triángulo plano general - triángulo rectángulo
4.5.1.4.3	Teorema de Pitágoras (triángulo rectángulo)
4.5.1.4.4	Ley de los senos
4.5.1.4.5	Ley de Coseno
4.5.1.5	área del plano
4.5.1.5.1	Rectángulo
4.5.1.5.2	Paralelogramo
4.5.1.5.3	Trapezio
4.5.1.5.4	Triángulo derecho
4.5.1.5.5	Triángulo Oblicuo
4.5.1.5.6	Circulo
4.5.1.5.7	Elipse
4.5.1.6	Perímetro
4.5.1.6.1	Rectángulo
4.5.1.6.2	Triángulo derecho
4.5.1.6.3	Elipse
4.5.1.7	Volumen
4.5.1.7.1	Prisma rectangular
4.5.1.7.2	Esfera
4.5.1.7.3	Elipsoide
4.5.1.7.4	Pirámide
4.5.1.7.5	Pirámide Truncada
4.5.1.7.6	Cono
4.5.1.7.7	Cono Truncado
4.5.1.8	área de superficie
4.5.1.8.1	Prisma rectangular
4.5.1.8.2	Esfera
4.5.1.8.3	Prolate Elipsoide de revolución
4.5.1.8.4	Elipsoide Oblato de la Revolución

Incertidumbre en la medición.

5	Incertidumbre en la medición

5.1	Incertidumbre en la medición
5.1.1	Determinación de la incertidumbre de medición
5.1.1.1	Determinación de la incertidumbre de medición
5.1.1.1.1	Identificar las incertidumbres en el proceso de medición
5.1.1.1.2	Evaluar y clasificar el tipo de incertidumbre (Tipo A o B)
5.1.1.1.3	Documento en un presupuesto de incertidumbre
5.1.1.1.4	Incertidumbre combinada (método RSS)
5.1.1.1.5	Incertidumbre expandida
5.1.1.1.6	Informe de incertidumbre
5.1.1.2	Otras consideraciones de incertidumbre de medición
5.1.1.2.1	Coeficientes de sensibilidad
5.1.1.2.2	Grados efectivos de libertad
5.1.1.2.3	Coeficientes de correlación
5.1.1.3	Gestión de la incertidumbre

Parámetros de medición.

6	Parámetros de medición
6.1	Introducción a los parámetros de medición
6.2	DC y baja frecuencia
6.2.1	DC y AC
6.2.2	Baja frecuencia
6.2.3	Parámetros de medición
6.2.3.1	Voltaje directo
6.2.3.2	Corriente continua
6.2.3.3	Resistencia
6.2.3.4	Voltaje alterno
6.2.3.5	Corriente alterna
6.2.3.6	Capacitancia
6.2.3.7	Inductancia
6.2.3.8	Intervalo de tiempo y frecuencia
6.2.3.9	Hora del día
6.2.3.10	Ángulo de fase
6.2.3.11	Energía eléctrica
6.3	Radiofrecuencia y microondas
6.3.1	Frecuencias de RF y microondas
6.3.1.1	Guías de onda
6.3.2	Parámetros de medición
6.3.2.1	Potencia de RF
6.3.2.2	Sensores y sus medidores

6.3.2.2.1	Sensores de termistor
6.3.2.2.2	Medidores del sensor del termistor
6.3.2.2.3	Sensores de termopar
6.3.2.2.4	Sensores de diodo
6.3.2.2.5	Medidores de sensor de termopar y diodo
6.3.2.2.6	Medidores de sensor de pico
6.3.2.3	Calibración de sensores y medidores de potencia RF
6.3.2.3.1	Sensores de potencia
6.3.2.4	Medidores de potencia
6.3.2.5	Parámetros de atenuación o pérdida de inserción
6.3.2.6	Coeficiente de reflexión, parámetros de relación de onda estacionaria
6.3.2.7	RF Voltage Parameters
6.3.2.8	Parámetros de voltaje de RF
6.3.2.9	Parámetros de modulación
6.3.3	Ver la sección, 32.3 Métodos de medición
6.3.3.1	Figura de ruido, parámetros de relación de ruido excesivo
6.3.3.2	Análisis del espectro
6.3.3.3	Análisis del espectro
6.3.3.4	Análisis de red escalar
6.3.3.5	Análisis de red vectorial
6.4	Masa y peso
6.4.1	Unidades de medida para la masa
6.4.1.1	Definición oficial del kilogramo
6.4.1.2	Definiciones y Convenciones
6.4.2	Estándares de calibración
6.4.2.1	Material
6.4.2.2	Diseño
6.4.2.3	Error máximo permitido
6.4.2.4	Manipulación, almacenamiento, embalaje, envío
6.4.3	Clasificación de los dispositivos de pesaje (balanzas, balanzas, comparadores de masa)
6.4.3.1	La técnica de medición masiva
6.4.3.2	Participación del operador en el proceso de pesaje
6.4.3.3	Instalación
6.4.3.4	Método de obtención de la posición de equilibrio
6.4.3.4.1	Escalas
6.4.3.4.2	Balances y comparadores de masas
6.4.3.4.3	Compensadores de masa de compensación de fuerza electromagnética
6.4.3.4.4	Métodos de pesaje
6.4.3.4.5	Lectura directa en un equilibrio de brazo igual

6.4.3.4.6	Lectura directa en balanzas ópticas, mecánicas y electrónicas de una sola toma
6.4.3.4.7	Método de sustitución
6.4.3.4.8	Método de transposición
6.4.3.5	Soluciones alternativas
6.5	Parámetros dimensionales y mecánicos
6.5.1	Medidas de longitud
6.5.2	Medida de ángulo - Definiciones
6.5.2.1	Unidades de medida de ángulo
6.5.2.2	Medida de ángulo - Instrumentación
6.5.2.3	Instrumentación de medición de ángulo complejo
6.5.3	Niveles
6.6	Otros parámetros: químico, analítico, electroóptico y radiación
6.6.1	Optica
6.6.2	Colorimetría
6.6.3	Radiación óptica
6.6.3.1	Calibración de los instrumentos de pH

Administrar un departamento de metrología o laboratorio de calibración.

7	Administrar un departamento de metrología o laboratorio de calibración
7.1	Primeros pasos
7.2	Mejores prácticas
7.2.1	Servicio al cliente (enlaces de laboratorio)
7.2.2	Uso de métricas para la gestión de departamento / laboratorio
7.2.3	Programas de mantenimiento preventivo
7.2.3	Encuestas y satisfacción del cliente
7.3	Responsabilidades de la organización del personal
7.3.1	Gerente de laboratorio
7.3.2	Director técnico
7.3.3	Gerente de calidad
7.3.4	Técnico de calibración
7.3.5	Ingeniero de calibración
7.3.6	Metrólogo
7.3.7	Personal de apoyo logístico
7.4	Proceso de flujo de trabajo
7.5	Presupuestación y gestión de recursos
7.5.1	Presupuesto
7.6	Proveedores y proveedores
7.7	Limpieza y seguridad

Cursos INM

Norma ISO/IEC 17025:2005.

1	Norma ISO/IEC 17025:2005
1.1	Infraestructura de la calidad
1.2	Acuerdos de Reconocimiento Mutuo
1.3	Presentación General de la Norma ISO/IEC 17025
1.4	Conceptos metrológicos y de calidad
1.5	Sistemas de Gestión en laboratorios
1.6	Paralelo Certificación /Acreditación ISO 9000:2000 / ISO-IEC 17025. Certificación Acreditación
1.6	Los "Cambios" de la ISO 17025 Integración de la filosofía de la ISO 9000
1.8	Principios de la gestión de la calidad
1.9	Estructura de la Norma ISO/IEC 17025
1.10	Introducción Norma ISO/IEC 17025
1.10.1	Objetivo y campo de aplicación
1.10.2	Referencia Normativa
1.10.3	Términos y definiciones
1.10.4	Requisitos relativos a la gestión
1.10.5	Organización
1.10.5.1	Sistema de calidad
1.10.5.2	Control de documentos
1.10.5.3	Revisión de solicitudes, ofertas y contratos
1.10.5.4	Subcontratación de ensayos y calibraciones
1.10.5.5	Compra de servicios y suministros
1.10.5.6	Servicio al cliente
1.10.5.7	Quejas
1.10.5.8	Control de trabajos de ensayo y/o calibración no conformes
1.10.5.9	Acción correctiva
1.10.5.10	Acción preventiva
1.10.5.11	Control de registros
1.10.5.12	Auditorías internas
1.10.5.13	Revisiones realizadas por la alta dirección
1.10.6	Requisitos técnicos
1.10.6.1	Generalidades
1.10.6.2	Persona
1.10.6.3	Instalaciones y Condiciones ambientales
1.10.6.4	Métodos de ensayo y calibración y validación de métodos
1.10.6.5	Equipos

1.10.6.6	Trazabilidad de la medición
1.10.6.7	Muestreo
1.10.6.8	Manejo de los elementos de ensayo y calibración
1.10.6.9	Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y calibración
1.10.6.10	Reporte de resultados

ISO 10012:2003 Sistema de Gestión de medición.

2	ISO 10012:2003 Sistema de Gestión de medición
2.1	Introducción
2.2	Objetivo y campo de aplicación ISO/IEC 10012: 2003
2.3	Requisitos Generales
2.4	Responsabilidad de la Dirección
2.5	Gestión de Recursos
2.6	Confirmación metrológica
2.7	Análisis y mejora del sistema de gestión de calidad

Metrología Básica.

3	Metrología Básica
3.1	Historia de las mediciones y la metrología
3.2	Organización de la metrología a nivel Mundial
3.3	El rol de la metrología en la infraestructura de la calidad
3.4	Introducción conceptual al VIM mediante talleres prácticos
3.5	Sistema internacional de unidades (SI)
3.6	Vocabulario Internacional de Metrología (VIM) (Capítulo 1)
3.7	Vocabulario Internacional de Metrología (VIM) (Capítulo 2)
3.8	Taller de análisis de unidades y características del SI
3.9	Vocabulario Internacional de Metrología (VIM) (Continuación capítulos 3, 4 y 5)
3.10	Contenido e interpretación de un certificado de calibración
3.11	Visita a laboratorios

Estadística básica.

4	Estadística básica
4.1	Conceptos básicos
4.1.1	Generales
4.1.2	Definición
4.1.2.1	Variable y dato
4.1.2.2	Población y muestra
4.1.2.3	Parámetro y estimación

4.1.2.4	Estadístico y estimador
4.2.1	Representación de los datos
4.2.1.1	Diagrama de puntos
4.2.1.2	Distribución de frecuencia e histogramas
4.2.2	Medidas de tendencia central
4.2.2.1	Promedio
4.2.2.2	Mediana y moda
4.2.3	Medidas de dispersión
4.2.3.1	Rango
4.2.3.2	Varianza
4.2.3.3	Desviación estándar
4.2.3.4	Coeficiente de variación
4.2.4	Medidas de posición
4.2.4.1	Coeficiente de asimetría
4.2.4.2	Curtosis
4.2.4.3	Cuartiles
4.2.5	Correlación
4.3	Funciones y operaciones con funciones
4.4	Nociones de Probabilidad:
4.4.1	Experimento
4.4.2	Espacio Aleatorio
4.5	Variables Aleatorias
4.5.1	Variables aleatorias continuas
4.5.2	Variables aleatorias discretas
4.5.3	Función de densidad de probabilidad
4.5.4	Función de distribución de probabilidad
4.5.5	Valor esperado y varianza de una variable aleatoria
4.6	Distribuciones de probabilidad y cálculo de probabilidades
4.7	Inferencia Estadística
4.7.1	Muestra estadística
4.7.2	Teorema del Límite Central
4.7.3	Distribución t y grados de libertad
4.7.4	Intervalos de confianza para la media
4.8	Aplicación de la estadística en la estimación de incertidumbre

Incertidumbre en las mediciones.

5	Incertidumbre en las mediciones
5.1	Conceptos básicos: Incertidumbre, calibración, precisión, exactitud, etc...
5.2	Cifras significativas y expresión de la incertidumbre
5.3	Teorema del límite central
5.4	Dominancia (componente dominante de incertidumbre)

5.5	Componentes de incertidumbre de resolución y repetibilidad
5.6	Factor de cobertura
5.7	Incertidumbre expandida
5.8	Coeficientes de sensibilidad
5.9	Componente de incertidumbre del patrón
5.10	Estimación de la incertidumbre en una calibración
5.11	Aspecto numérico
5.12	Norma IEEE 754 y software de cálculo

Metrología de masa nivel I.

6	Metrología de masa nivel I
6.1	Conceptos fundamentales en la magnitud masa
6.2	Instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático (balanzas - básculas). Calibración GUIA SIM MWG7:2009 y conformidad de clase, según OIML R – 76 (2006)
6.3	Empleo, cuidados, instalación y mantenimiento preventivo
6.4	Clasificación y errores máximos tolerados
6.5	Conformidad de clase. OIML R – 76 (2006). (NTC 2031)
6.6	Calibración y estimación de la incertidumbre. GUIA SIM MWG7:2009/cg 01/v.00
6.7	Actividad práctica – calibración instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático
6.8	Actividad práctica – cálculos y presupuesto de incertidumbre
6.9	Certificado de calibración – Instrumentos de pesaje
6.10	Patrones de masa – Pesas
6.11	Clasificación general de pesas y errores máximos permitidos
6.12	Requisitos básicos de fabricación: dimensiones, materiales y marcado – según OIML R111-1:2004. (NTC 1848)
6.13	Cuidados en la manipulación de las pesas
6.14	Calibración de pesas de baja exactitud (masa convencional – estimación de la incertidumbre). Método de comparación ABA y AB1..BnA. OIML R111-1:2004 (NTC 1848)
6.15	Certificado de calibración

Metrología de masa nivel II.

7	Metrología de masa nivel II
7.1	Instrumentos de pesaje en el contexto de metrología industrial
7.2	Criterios de selección de la balanza de acuerdo al uso y valores tolerados de error en los procesos de aplicación
7.3	Evaluación de catálogos
7.4	Emplazamiento, manejo y cuidados en el uso de balanzas

7.5	Propiedades de la balanza o parámetros de control. Principios físicos
7.6	Calibración de la balanza, estimación de la incertidumbre, elaboración y uso del certificado de calibración. GUIA SIM MWG7:2009/cg 01/v.00
7.7	Estimación de la incertidumbre en procesos de medición de masa
7.8	Conformidad metrológica
7.9	Trazabilidad, controles intermedios y periodos de calibración
7.10	Certificado de calibración – Instrumentos de pesaje

Metrología de masa nivel III.

8	Metrología de masa nivel III
8.1	Patrones de masa – conceptos físicos
8.2	Patrones de masa normalizados – arreglos y tolerancias
8.3	Patrones de masa bajo recomendación OIML R 111:2004 (NTC 1848
8.4	Características físicas. Forma, materiales, acabado superficial y propiedades magnéticas
8.5	Características metrológicas. Errores máximos permitidos y conformidad de clase
8.6	Actividad práctica
8.7	Masa y masa convencional
8.8	Densidad y volumen
8.9	Actividad práctica
8.1	Métodos de Calibración. Comparación (ABBA y ABA) y Diseminación (matricial)
8.11	Equipos de comparación – comparadores de masa
8.12	Actividad práctica
8.13	Factores que afectan el proceso de calibración
8.14	Factores de corrección
8.15	Estimación de la incertidumbre en la calibración de pesas. Elaboración del presupuesto
8.16	Actividad práctica
8.17	Trazabilidad, controles intermedios y periodos de calibración
8.18	Certificado de calibración, convención sobre la incertidumbre calculada e incertidumbre reportada
8.19	Actividad práctica

Calibración de pequeños volúmenes.

9	Calibración de pequeños volúmenes
9.1	Conceptos básicos de metrología aplicable en volumen tales como Volumen, Capacidad, Flujo, Calibración, Ajuste, unidades aplicables a la magnitud y

	conceptos relacionados al principio de Arquímedes (fluido, densidad, empuje, etc)
9.2	Método de medición directa y descripción de instrumentos de vidrio para la medición de volumen (instrumentos para contener y suministrar)
9.3	Recomendaciones para la medición directa y análisis de meniscos
9.4	Chequeo del instrumento de pesaje
9.5	Método gravimétrico para calibración de material de vidrio según la norma ISO 4787, secuencia de operaciones y recomendaciones
9.6	Prácticas
9.6.1	Cheque y manipulación de instrumentos de pesaje
9.6.2	Calibración de instrumentos aforados: balones aforados, lectura de meniscos
9.6.3	calibración de picnómetros y lectura de meniscos convexos
9.6.4	calibración de instrumentos volumétricos de vidrio graduados (Pipetas de vidrio) tres puntos
9.7	cálculo de la densidad del agua (Ecuación Tanaka) y cálculo de la densidad del aire (Ecuación OIML R-111-1)
9.8	Calculo de la capacidad de instrumentos de vidrio para la medición de volumen (instrumentos para contener y suministrar)
9.9	Recomendaciones de uso y aseguramiento de calidad de resultados en pipetas de pistón
9.10	Prácticas
9.10.1	Determinación de la densidad del agua y del aire, mediante mediciones reales de las condiciones de calibración (condiciones ambientales y fluido de trabajo)
9.10.2	Medición de la capacidad de Pipetas de pistón : secuencia de operaciones de calibración ISO 8655-2 y 6
9.11	Calculo de la capacidad de pipetas de pistón, densidad del agua y del liquido
9.12	Estimación de incertidumbre para método gravimétrico basados en la norma ISO/ TR 20461 y la Recomendación Euramet cg-19
9.13	Presupuesto de incertidumbre para el método gravimétrico en la calibración de pipetas de embolo/pistón ISO/ TR 20461 y Recomendación D.K.D 8.1
9.14	Elaboración de certificados de calibración para la magnitud de volumen

Metrología de densidad.

10	Metrología de densidad
10.1	Conceptos básicos
10.2	Densidad del aire, densidad del agua
10.3	Densidad de sólidos
10.4	Densidad de líquidos
10.5	Métodos de medición
10.6	Instrumentos de medición: Cuerpos de inmersión, areómetros, picnómetros, densímetros digitales, medidor por resonancia, refractómetros
10.7	Jerarquía de instrumentos de medición
10.8	Normas técnicas colombianas e internacionales
10.9	Prácticas de medición de densidad
10.10	Medición de la densidad de sólidos

10.11	Medición de la densidad de líquido
10.12	Calibración de equipos medidores de densidad de sólidos y de líquidos
10.13	Certificados de calibración

Metrología de presión.

11	Metrología de presión
11.1	Conceptos Básicos
11.1.1	Términos y definiciones
11.1.2	Unidades y factores de conversión
11.1.3	Instrumentos para medir la presión
11.1.4	Trazabilidad y patrones de medición
11.1.5	Recomendaciones prácticas
11.2	Guía de calibración DAkkS-DKD R6-1
11.2.1	Introducción
11.2.2	Método de calibración
11.2.3	Incertidumbre de medición
11.3	Práctica de calibración
11.3.1	Toma de datos (manómetro hidráulico de señal analógica)
11.4	Procesamiento de los datos (en hoja de cálculo)
11.4.1	Determinación de la presión patrón
11.4.2	Cálculo de errores
11.4.3	Estimación de la incertidumbre
11.5	Análisis de los resultados
11.6	Elaboración del certificado de calibración
11.7	Transductores y transmisores de presión (Generalidades)
11.7.1	Fundamentos físicos
11.7.2	Tipos
11.7.3	Particularidades de la calibración
11.8	Balanzas de presión
11.8.1	Principio de medición
11.8.2	Generalidades de la calibración
11.8.3	Uso como patrón

Mediciones geométricas.

12	Mediciones geométricas
12.1	Calibración de escala patrón mediante sistema óptico de medición y estimación de la incertidumbre
12.2	Calibración de tamiz y estimación de la incertidumbre
12.3	Calibración de anillo patrón y estimación de incertidumbre

12.4	Calibración de patrón de rosca cilíndrica externa y estimación de incertidumbre

Metrología dimensional nivel I.

13	Metrología dimensional nivel I
13.1	Definiciones y términos básicos de metrología dimensional
13.2	Calibración de cinta métrica bajo la Recomendación 35 de la OIML
13.3	Estimación de la incertidumbre de calibración de cinta métrica
13.4	Calibración de regla graduada teniendo como referencia la Recomendación 35 de la OIML
13.5	Estimación de la incertidumbre de calibración de regla graduada
13.6	Manejo de bloques patrón rectangulares de caras paralelas
13.7	Prácticas de manejo y medición con pie de rey

Metrología dimensional nivel II.

14	Metrología dimensional nivel II
14.1	Alistamiento y calibración de bloques patrón y estimación de la incertidumbre de acuerdo a la norma NTC 4302
14.2	Calibración de regla de rectitud y estimación de la incertidumbre
14.3	Calibración de nivel de burbuja y estimación de incertidumbre
14.4	Calibración de inclinómetro y estimación de incertidumbre

Fuerza.

15	
15.1	Revisión de definiciones y conceptos generales y específicos del vocabulario metrológico (VIM-2009)
15.2	Revisión de definiciones y conceptos de Mecánica
15.3	Unidad de medida de fuerza y su equivalencia a otros sistemas de unidades
15.4	Jerarquía de patrones de fuerza y trazabilidad
15.5	Normas Técnicas Colombianas e internacionales
15.6	Reconocimiento de Equipos auxiliares, Patrones de Trabajo y Patrones Primarios
15.7	Estudio de la Norma Técnica Colombiana NTC ISO 7500-1 (última versión Icontec)
15.8	Clasificación de Instrumentos patrones medidores de fuerza según Norma NTC 4350 y su correspondencia con la norma NTC ISO 7500-1
15.9	Reconocimiento de máquinas de ensayo de materiales
15.10	Reconocimiento de equipos auxiliares
15.11	Diligenciamiento de protocolos de calibración

15.12	Alistamiento y selección del equipo necesario para calibración de máquinas de ensayo
15.13	Actividades Prácticas (Calibración de máquinas de ensayo - Dinamómetros)
15.14	Inspección general
15.15	Selección y montaje de patrones
15.16	Precargas
15.17	Cargas – Serie de mediciones
15.18	Diligenciamiento de Formatos (Toma de datos)
15.19	Procesamiento de datos
15.20	Cálculo de errores. (Exactitud, repetibilidad, de cero, reversibilidad, efecto de accesorios de indicación), resolución relativa
15.21	Interpretación de resultados y clasificación de máquinas de ensayo
15.22	Elaboración de certificados de calibración y sus alcances técnicos
15.23	Evaluación

Par torsional.

16	Par torsional
16.1	Introducción
16.2	Conceptos Básicos
16.2.1	Concepto de par torsional
16.2.2	Unidades
16.2.3	Patrón primario
16.2.4	Patrón secundario
16.2.5	Patrón de referencia
16.2.6	Patrón de transferencia
16.3	Medición de Par Torsional
16.3.1	Método primario
16.3.2	Método secundario
16.3.3	Método indirecto
16.3.4	Método óptico
16.4	Características de los instrumentos de medición de par
16.4.1	Deriva
16.4.2	Receptibilidad
16.4.3	Reproducibilidad
16.4.4	Histéresis
16.4.5	Resolución
16.4.6	Incertidumbre de medición
16.5	Instrumentos de medición de par
16.5.1	Transductores de Par Torsional
16.5.2	Probadores de par torsional
16.5.3	Herramientas de par torsional (torcómetros)

16.6	Sistemas de calibración de par
16.7	Calibración de herramientas de par
16.8	Incertidumbre
16.9	Práctica de calibración
16.10	Evaluación y análisis de resultados, estimación de incertidumbre

Metrología de corriente continua y alterna.

17	Metrología de corriente continua y alterna
17.1	Presentación
17.2	Generalidades: Estructura Mundial de la Metrología, Sistema Internacional de Unidades, Revisión VIM
17.3	Realización de Unidades Eléctricas
17.4	Instrumentos de Medidas Eléctricas
17.5	Aplicando “Especificaciones de Exactitud”
17.6	Calibración de Instrumentos de Medida Eléctricas
17.7	Estimación de Incertidumbre
17.8	Prácticas de Calibración

Calibración de medidores de energía eléctrica.

18	Calibración de medidores de energía eléctrica
18.1	Sistema Internacional de Unidades en energía eléctrica
18.2	Revisión de algunos términos aplicados a energía eléctrica
18.3	Conceptos básicos del área de mediciones eléctricas
18.4	Características básicas de un medidor. Práctica de despiece de un medidor electromecánico monofásico
18.5	Medios de prueba y métodos de calibración
18.6	Conceptos generales sobre transformadores de potencial en tensión y corriente
18.7	Normatividad existente en medición de energía
18.8	Cálculo del error y su incertidumbre de medida
18.9	Práctica de calibración

Patrones de medición de energía eléctrica y equipos probadores de medidores de energía eléctrica (EPM).

19	Patrones de medición de energía eléctrica y equipos probadores de medidores de energía eléctrica (EPM)
19.1	Sistema Internacional de Unidades en energía eléctrica
19.2	Revisión de algunos términos aplicados a energía eléctrica
19.3	Conceptos básicos en el área de mediciones eléctricas.

19.4	Representación y transferencia de la unidad de energía eléctrica
19.5	Medios de prueba y métodos de calibración
19.6	Conceptos de la NTC 2423
19.7	Conceptos de la NTC 2423 (continuación)
19.8	Patrones de referencia y de trabajo y equipos para prueba de los medidores.
19.9	Cálculo de incertidumbre
19.10	Práctica de calibración
19.11	Elaboración de un informe o certificado de calibración

Metrología de Tiempo y Frecuencia.

20	Metrología de Tiempo y Frecuencia
20.1	Relojes, osciladores, bases de tiempo y unidades de medida
20.2	Escalas de tiempo astronómicas y atómicas, zonas y husos horarios
20.3	Escritura de fecha y hora
20.4	Hora legal de la República de Colombia y Patrón Nacional de Tiempo y Frecuencia
20.5	Sistemas de diseminación y sincronización, descripción de principales métodos de diseminación de señales de tiempo y frecuencia: GPS, radiofrecuencia, línea telefónica, internet, entre otros
20.6	Señales patrón para medición en tiempo y frecuencia
20.7	Principales características de un oscilador
20.8	Principios de medición, principales técnicas y métodos de medición en tiempo y frecuencia
20.9	Desviación fraccional de frecuencia y estabilidad
20.10	Calibración de un cronómetro
20.11	Taller de la Varianza de Allan
20.12	Incertidumbre en la medición de tiempo y frecuencia
20.13	Calibración de un tacómetro óptico
20.14	Calibración de un contador de frecuencia
20.15	Calibración de un generador de frecuencia
20.16	Calibración de osciladores en general
20.17	Discusiones temáticas, evaluación del curso

Metrología de temperatura y humedad.

21	Metrología de temperatura y humedad
21.1	Presentación de la metrología de temperatura
21.2	Termómetros de vidrio: presentación
21.3	Punto de hielo: Práctica: realización y calibración de termómetros de vidrio y digital
21.4	Sistema de medición

21.4.1	Práctica: profundidad mínima de inmersión de un termómetro y caracterización de medio de comparación
21.4.2	Continuación de la práctica - Profundidad mínima de inmersión de un termómetro y caracterización de medio de comparación
21.5	Calibración de termómetro digital
21.6	Estimación de la incertidumbre de medida: ejercicio completo
21.7	Metrología de Humedad
21.8	Conceptos básicos: Humedad absoluta, Humedad relativa, Punto de rocío
21.9	Métodos de medición: Método gravimétrico, Higrómetro de punto de rocío, Psicrómetro, Medidor de humedad de sensor mecánico (higrómetro e higrógrafo), Medidor capacitivo y resistivo de humedad
21.10	Calibración de un higrómetro: práctica
21.11	Metodología: Aprender haciendo. Se procura que el asistente participe activamente en las prácticas
21.12	Contenido de humedad en granos: elementos básicos
21.13	Termómetros de radiación: Presentación general de termómetros eléctricos. Fundamentos básicos de termometría de radiación. Práctica calibración de un termómetro de radiación y elementos de incertidumbre de medición

Conceptos básicos en metrología química.

22	Conceptos básicos en metrología química
22.1	Introducción al vocabulario internacional de medidas (VIM)
22.2	Sistema internacional de unidades
22.3	Establecimiento y soporte de la trazabilidad en medidas químicas
22.4	Aspectos involucrados en las mediciones químicas
22.5	Métodos primarios para cantidad de sustancia
22.6	Materiales de referencia certificados
22.7	Productores de Materiales de referencia (Generalidades de la guía ISO 34)
22.8	Recomendaciones para la selección y manipulación de materiales de referencia
22.9	Introducción a la validación de métodos de análisis químico
22.10	Introducción a la estimación de la incertidumbre de medición en mediciones químicas
22.11	Pruebas interlaboratorio y ensayos de aptitud
22.12	Interpretación de resultados de pruebas interlaboratorio

Buenas prácticas de medición de la magnitud química pH.

23	Buenas prácticas de medición de la magnitud química pH
23.1	Conceptos relacionados: Material de referencia, trazabilidad, jerarquía de métodos de medición, incertidumbre, fuentes de incertidumbre, etc. (vocabulario metrológico internacional-VIM)
23.2	Principio de medición general del pH y desarrollo matemático

23.3	Descripción de métodos de medición del pH (primario, secundario y potenciométrico)
23.4	Descripción detallada método potenciométrico: equipos y materiales necesarios, requerimientos, indicaciones de calibración, recomendaciones, método de medición, etc.
23.5	Medición del pH con método potenciométrico: calibración de electrodo y pH-metro, medición multipunto, análisis de resultados y cálculo de incertidumbre de una muestra ejemplo

Buenas prácticas de la medición de la magnitud de conductividad electrolítica.

24	Buenas prácticas de la medición de la magnitud de conductividad electrolítica
24.1	Conceptos relacionados: Material de referencia, trazabilidad, jerarquía de métodos de medición, incertidumbre, fuentes de incertidumbre, etc. (vocabulario metrológico internacional-VIM)
24.2	Principio de medición general de la Conductividad Electrolítica. y desarrollo matemático
24.3	Descripción de métodos de medición de la conductividad electrolítica (primario, secundario y potenciométrico)
24.4	Descripción detallada método potenciométrico: equipos y materiales necesarios, requerimientos, indicaciones de calibración, recomendaciones, método de medición, etc
24.5	Medición de la Conductividad Electrolítica con método potenciométrico: calibración de las celdas y conductímetro, medición multipunto, análisis de resultados y cálculo de incertidumbre de una muestra ejemplo

Validación de métodos químicos cuantitativos.

25	Validación de métodos químicos cuantitativos
25.1	Introducción de la validación de métodos
25.2	Plan de validación
25.3	Precisión y veracidad de un método
25.4	Selectividad/especificidad
25.5	Efecto matriz y su evaluación
25.6	Métodos de regresión: Evaluación de la linealidad del sistema
25.7	Límites de detección y cuantificación
25.8	Robustez.
25.9	Informe de validación y dudas

Incertidumbre de medición en análisis químico cuantitativo.

26	Incertidumbre de medición en análisis químico cuantitativo

26.1	Introducción a la estimación de la incertidumbre de medición
26.2	Aplicación de la guía para la estimación de la incertidumbre a métodos de medición químicos
26.3	Establecimiento de requisitos de incertidumbre en mediciones químicas
26.4	Consideraciones del método GUM en Química
26.5	Estimación de incertidumbre en métodos volumétricos
26.6	Estimación de incertidumbre en métodos gravimétricos
26.7	Calibración analítica e incertidumbre
26.8	Estimación de incertidumbre de medición por el método Kragten
26.9	Uso de datos de validación para la estimación de la incertidumbre de medición

Calibración de grandes volúmenes.

27	Calibración de grandes volúmenes
27.1	Conceptos básicos de metrología aplicable en volumen, unidades aplicables a la magnitud y conceptos relacionados al principio de Arquímedes (fluido, densidad, empuje, etc)
27.2	Método de medición directa y descripción de instrumentos de medición de volumen (instrumentos para contener y suministrar)
27.3	Recomendaciones para la medición directa y análisis de menisco
27.4	Chequeo del instrumento de pesaje, cálculo de la densidad del agua (Ecuación Tanaka) y cálculo de la densidad del aire (Ecuación OIML R-111-1)
27.5	Método gravimétrico para calibración de Recipientes Volumétricos Metálicos y Patrones de Vidrio basados en las recomendaciones la OIML R-043 y OIML R-120 secuencia de operaciones y recomendaciones
27.6	Prácticas
27.6.1	Determinación de la densidad del agua y del aire, mediante mediciones reales de las condiciones de calibración (condiciones ambientales y fluido de trabajo)
27.6.2	Secuencia de actividades para la calibración de instrumentos para contener método gravimétrico: Recipientes volumétricos metálicos de 5 galones y 20 L
27.6.3	Calibración de Recipientes Volumétricos Metálicos para Suministrar método gravimétrico
27.7	Determinación de la densidad del agua y del aire, mediante mediciones reales de las condiciones de calibración (condiciones ambientales y fluido de trabajo)
27.8	Descripción de la secuencia de operaciones para calibración de recipientes volumétricos metálicos bajo la técnica de comparación (Volumétrica), haciendo énfasis en las posibles correcciones al método y la selección de patrones de referencia (Recomendación Euramet cg-21)
27.9	Prácticas
27.9.1	Secuencia de actividades para la calibración de instrumentos para contener método Volumétrico: Recipientes volumétricos metálicos de 5 galones y 20 L
27.9.2	Calibración de Recipientes Volumétricos Metálicos para Suministrar método Volumétrico

27.10	Estimación de incertidumbre para método gravimétrico basados en la norma ISO/ TR 20461
27.11	Presupuesto de incertidumbre para el método Volumétrico.
27.12	Aseguramiento metrológico de Instrumentos Volumétricos Patrón
27.13	Descripción de las características de los certificados de los recipientes volumétricos metálicos e importancia de los mismos en la industria

Calibración de espectrofotómetro UV-Vis.

28	Calibración de espectrofotómetro UV-Vis
28.1	Fundamentos de la técnica
28.1.1	Principios básicos, El espectro electromagnético, longitud de onda y frecuencia, transmitancia y absorbancia
28.1.2	Instrumentación
28.2	Calibración
28.2.1	Conceptos
28.2.2	Etapas de la calibración
28.2.3	Patrones de medición
28.2.4	Parámetros instrumentales
28.2.5	Especificaciones de los espectrofotómetros
28.2.6	TUR (Test Uncertainty Ratio). Relación de incertidumbres patrón/Instrumento bajo calibración (IBC)
28.3	Aseguramiento de la calidad
28.3.1	Uso de materiales de referencia
28.3.2	Participación en comparaciones interlaboratorio/ensayos de aptitud
28.3.3	Repetición de ensayos
28.3.4	Buenas prácticas de medición
28.4	Práctica de la calibración
28.4.1	Calibración de un espectrofotómetro en la escala de longitud de onda
28.4.2	Calibración de un espectrofotómetro en la escala fotométrica
28.5	Introducción a la estimación de Incertidumbre
28.5.1	Modelo matemático
28.5.2	Fuentes de incertidumbre
28.5.3	Incertidumbre estándar
28.5.4	Coeficientes de sensibilidad
28.5.5	Incertidumbre combinada
28.5.6	Grados efectivos de libertad y factor de cobertura
28.5.7	Incertidumbre expandida
28.6	Trazabilidad
28.6.1	Escala fotométrica
28.6.2	Escala de longitud de onda
28.7	Certificado de calibración
28.7.1	Metrología básica

28.7.2	Estadística básica

Introducción a las buenas prácticas de pesaje en química.

29	Introducción a las buenas prácticas de pesaje en química
29.1	Conceptos generales básicos
29.1.1	Incertidumbre en las mediciones
29.2	Pesas, juegos de pesas y accesorios
29.3	Balanzas y básculas
29.4	Recomendaciones de uso – buenas prácticas
29.5	Tratamiento de resultados (práctica)
29.6	Incertidumbre de pesaje (práctica)

B. Anexo 2: Estructura general de conceptos de metrología

Metrología general

1	Metrología general
1.1	Historia y filosofía de la metrología / calibración
1.1.1	Metrología
1.1.1.1	Historia de las mediciones y la metrología
1.1.1.2	Organización de la metrología un nivel mundial
1.1.1.3	Medición antigua
1.1.1.4	El progreso de medición en los últimos 2000 años
1.1.1.5	Normas, comercio y metrología
1.1.1.6	Historia de estándares de calidad
1.1.1.7	La medición y la revolución industrial
1.1.1.8	Hitos en la historia de la Ley de Alimentos y Drogas de EE. UU.
1.2	Unidades básicas SI
1.2.1	metro
1.2.2	kilogramo
1.2.3	segundo
1.2.4	amperio
1.2.5	kelvin
1.2.6	candela
1.2.7	mol
1.3	Unidades derivadas SI
1.3.1	grado
1.3.2	ohm
1.3.3	pascal
1.3.4	newton
1.3.5	joule
1.3.6	coulomb
1.3.7	Hertz
1.4	Multiplicadores y conversiones SI
1.5	Constantes fundamentales
1.5.1	La velocidad o rapidez de la luz en el vacío (c)

1.5.2	Constante gravitacional (g)
1.5.3	Constante universal de los gases (R)
1.6	Mediciones comunes
1.6.1	Temperatura
1.6.2	Humedad
1.6.3	Presión
1.6.4	Torque
1.6.5	Fuerza
1.6.6	masa
1.6.7	Tensión / corriente / resistencia
1.6.8	Tiempo / frecuencia
1.6.9	Desplazamiento lineal
1.7	Jerarquía y trazabilidad de patrones
1.8	Patrones de medición
1.8.1	Requisitos de los patrones
1.8.2	Primaria
1.8.3	Referencia
1.8.4	Trabajo
1.8.5	Intrínseca
1.8.6	Derivados
1.8.7	Consenso
1.8.8	Transferencia
1.9	Sustitución de patrones
1.9.1	Requisitos de medición
1.9.2	Disponibilidad del equipo
1.9.3	Especificaciones del equipo
1.10	Metrología básica INM
1.10.1	El rol de la metrología en la infraestructura de la calidad
1.10.2	Introducción conceptual al Vocabulario Internacional de metrología VIM
1.10.3	Contenido e interpretación de un certificado de calibración
1.10.4	Establecimiento y soporte de la trazabilidad en medidas químicas
1.10.5	Aspectos involucrados en las mediciones químicas
1.10.6	Métodos primarios para cantidad de sustancia
1.10.7	Materiales de referencia certificados
1.10.8	Productores de materiales de referencia (Generalidades de la guía ISO 34)
1.10.9	Recomendaciones para la selección y manipulación de materiales de referencia
1.10.10	Introducción a la validación de métodos de análisis químico
1.10.11	Introducción a la estimación de la incertidumbre de medición en mediciones químicas
1.10.12	Pruebas interlaboratorio y ensayos de aptitud
1.10.13	Interpretación de resultados de pruebas interlaboratorio
1.11	Laboratorios de metrología
1.11.1	Tipos de laboratorio de metrología
1.11.2	Métodos de calibración

1.11.3	Relación de exactitud de prueba
1.11.4	Riesgos de decisión
1.11.5	Banda de guarda
1.11.6	Requisitos del sistema de calibración
1.11.7	Comparaciones interlaboratorio y competencia técnica
1.11.8	Resumen del proceso de calibración

Sistema de medida.

2	Sistema de medida
2.1	Fundamentos del proceso de medición
2.1.1	Definición de términos: medición, valor verdadero, error de medición, variación del sistema de medición, variación del sistema de prueba, repetibilidad y variación del Dispositivo Bajo Prueba DUT
2.1.2	Rendimiento del instrumento: precisión, precisión frente a precisión, incertidumbre, resolución, sensibilidad, linealidad, estabilidad y estándares
2.1.3	Tipos de resultados de medición
2.1.4	Unidades de medida
2.1.5	Capacidad de proceso de medición
2.1.6	Relación de señal a ruido
2.1.7	Relación de precisión a tolerancia
2.1.8	Errores de medición: errores en los patrones, errores de calibración, errores de deriva, errores del operador, errores aleatorios, errores sistemáticos
2.1.9	Estimación de errores de medición: descripción y comparación de metodologías
2.1.10	Estimando el costo de los errores de medición
2.2	Métodos de medición
2.2.1	Instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático (balanzas - básculas). Calibración GUIA SIM MWG7:2009 y conformidad de clase, según OIML R – 76 (2006)
2.2.2	Estimación de la incertidumbre en procesos de medición de masa
2.2.3	Medición de Par Torsional
2.2.4	Instrumentos de medidas eléctricas
2.2.5	Señales patrón para medición en tiempo y frecuencia
2.2.6	Sistemas de medición en temperatura
2.2.6.1	Termómetros de vidrio: presentación
2.2.7	Métodos de medición: Método gravimétrico, Higrómetro de punto de rocío, Psicrómetro, Medidor de humedad de sensor mecánico (higrómetro e higrógrafo), Medidor capacitivo y resistivo de humedad
2.2.8	Principio de medición general del pH y desarrollo matemático
2.2.9	Descripción de métodos de medición del pH (primario, secundario y potenciométrico)

2.2.10	Medición del pH con método potenciométrico: calibración de electrodo y pH-metro, medición multipunto, análisis de resultados y cálculo de incertidumbre de una muestra ejemplo
2.2.11	Principio de medición general de la Conductividad Electrolítica. y desarrollo matemático
2.2.12	Medición de la Conductividad Electrolítica con método potenciométrico: calibración de las celdas y conductímetro, medición multipunto, análisis de resultados y cálculo de incertidumbre de una muestra ejemplo
2.2.13	Introducción a las buenas prácticas de pesaje en química
2.2.13.1	Conceptos generales básicos
2.2.13.2	Pesas, juegos de pesas y accesorios
2.2.13.3	Balanzas y básculas
2.2.13.4	Recomendaciones de uso – buenas prácticas
2.3	Características de las mediciones
2.3.1	Cuidados en la manipulación de las pesas
2.3.2	Clasificación general de pesas y errores máximos permitidos
2.3.3	Propiedades de la balanza o parámetros de control. Principios físicos
2.3.4	Manejo de bloques patrón rectangulares de caras paralelas
2.3.5	Clasificación de Instrumentos patrones medidores de fuerza según Norma NTC 4350 y su correspondencia con la norma NTC ISO 7500-1
2.3.6	Inspección general
2.3.7	Interpretación de resultados y clasificación de máquinas de ensayo
2.3.8	Características de los instrumentos de medición de Par Torsional
2.3.9	Aplicando “Especificaciones de Exactitud”
2.3.10	Representación y transferencia de la unidad de energía eléctrica
2.3.11	Conceptos básicos en el área de mediciones eléctricas
2.3.12	Principales características de un oscilador
2.3.13	Principios de medición, principales técnicas y métodos de medición en tiempo y frecuencia
2.3.14	Descripción detallada método potenciométrico: equipos y materiales necesarios, requerimientos, indicaciones de calibración, recomendaciones, método de medición, etc.
2.3.15	Descripción de métodos de medición de la conductividad electrolítica (primario, secundario y potenciométrico)
2.3.16	Descripción detallada método potenciométrico: equipos y materiales necesarios, requerimientos, indicaciones de calibración, recomendaciones, método de medición, etc.
2.4	Consideraciones de los datos de medición
2.4.1	Prácticas de manejo y medición con pie de rey
2.4.2	Diligenciamiento de Formatos (Toma de datos)
2.4.3	Procesamiento de datos
2.5	Términos y características de la especificación IM&TE
2.5.1	Reconocimiento de máquinas de ensayo de materiales
2.5.2	Reconocimiento de equipos auxiliares
2.5.3	Alistamiento y selección del equipo necesario para calibración de máquinas de ensayo

2.5.4	Termómetros de radiación: Presentación general de termómetros eléctricos. Fundamentos básicos de termometría de radiación. Práctica calibración de un termómetro de radiación y elementos de incertidumbre de medición
2.6	Fuentes de error
2.6.1	Clasificación y errores máximos tolerados
2.7	Programa de control de la medición (MAP)
2.7.1	Conformidad metrológica
2.8	Automatización de la medición
2.8.1	Generalidades de la automatización de la medición
2.8.1.1	Características, usos, beneficios y elementos básicos
2.8.1.2	Definir el término "controlador"
2.8.1.3	Importancia de las normas de la industria
2.8.2	Computadores y software
2.8.2.1	Características de los equipos que se utilizan en sistemas de automatización de medición
2.8.2.2	Lenguajes de programación utilizados comúnmente (text-based y gráfica)
2.8.2.3	Función / beneficios de la ISPA, SICL, COM / DCOM y VISA
2.8.3	Fundamentos IEEE-488 (GPIB)
2.8.3.1	Definiciones, beneficios y tipos de dispositivos GPIB
2.8.3.2	Velocidades de transferencia de datos, conexiones de dispositivos y limitaciones de cableado
2.8.3.3	Direcciones GPIB válidos y no válidos
2.8.3.4	Importancia del conjunto de comandos comunes
2.8.4	Fundamentos VXI y Firewire
2.8.4.1	Definiciones, beneficios de VXI bus y tipos de dispositivos VXI
2.8.4.2	Requisitos de configuración básica del módulo ranura 0
2.8.4.3	Ventajas / desventajas de ordenador incorporado
2.8.4.4	Tarjeta común (módulo) tamaños en sistemas VXI Agilent
2.8.4.5	Convenciones de direccionamiento de dispositivos VXI
2.8.4.6	Dispositivos basados en registros y mensajes
2.8.4.7	Controladores Firewire conexión en caliente y uso
2.8.4.8	Cables Firewire, conectores, conceptos y ejemplos
2.8.4.9	Estado de IEEE 1394
2.8.4.10	Diferencia entre E8491A y E8491B
2.8.4.11	IEEE 1394 controlador de ranura 0

Sistema de calibración.

3	Sistema de calibración
3.1	Procedimientos de calibración
3.1.1	Calculo de la capacidad de pipetas de pistón, densidad del agua y del líquido

3.1.2	Presupuesto de incertidumbre para el método gravimétrico en la calibración de pipetas de embolo/pistón ISO/ TR 20461 y Recomendación D.K.D 8.1
3.1.3	Métodos de Calibración. Comparación (ABBA y ABA) y Diseminación (matricial)
3.1.4	Factores que afectan el proceso de calibración
3.1.5	Calibración de equipos medidores de densidad de sólidos y de líquidos
3.1.6	Guía de calibración DAkkS-DKD R6-1
3.1.7	Transductores y transmisores de presión (Generalidades)
3.1.8	Medios de prueba y métodos de calibración transformadores de potencial en tensión y corriente
3.1.9	Método gravimétrico para calibración de Recipientes Volumétricos Metálicos y Patrones de Vidrio basados en las recomendaciones la OIML R-043 y OIML R-120 secuencia de operaciones y recomendaciones
3.1.10	Calibración de un espectrofotómetro en la escala de longitud de onda
3.1.11	Calibración de un espectrofotómetro en la escala fotométrica
3.1.12	Uso de materiales de referencia
3.1.13	Etapas de la calibración
3.1.14	Calibración de escala patrón mediante sistema óptico de medición y estimación de la incertidumbre
3.1.15	Calibración de tamiz y estimación de la incertidumbre
3.1.16	Calibración de anillo patrón y estimación de incertidumbre
3.1.17	Calibración de patrón de rosca cilíndrica externa y estimación de incertidumbre
3.1.18	Calibración de regla graduada teniendo como referencia la Recomendación 35 de la OIML
3.1.19	Calibración de cinta métrica bajo la Recomendación 35 de la OIML
3.1.20	Alistamiento y calibración de bloques patrón y estimación de la incertidumbre de acuerdo a la norma NTC 4302
3.1.21	Calibración de regla de rectitud y estimación de la incertidumbre
3.1.22	Calibración de nivel de burbuja y estimación de incertidumbre
3.1.23	Calibración de inclinómetro y estimación de incertidumbre
3.1.24	Calibración de herramientas de Par Torsional
3.1.25	Calibración de Instrumentos de Medida Eléctricas
3.1.26	Calibración de un cronómetro
3.1.27	Calibración de un tacómetro óptico
3.1.28	Calibración de un contador de frecuencia
3.1.29	Calibración de un generador de frecuencia
3.1.30	Calibración de osciladores en general
3.1.31	Calibración de termómetro digital
3.1.32	Calibración de un higrómetro: práctica
3.2	Métodos de normalización y ajuste
3.2.1	Aseguramiento metrológico de Instrumentos Volumétricos Patrón
3.3	Prácticas y regulaciones de la industria
3.3.1	Equipos de comparación – comparadores de masa
3.3.2	Conceptos generales sobre transformadores de potencial en tensión y corriente

3.3.3	Descripción de las características de los certificados de los recipientes volumétricos metálicos e importancia de los mismos en la industria
3.3.4	Especificaciones de los espectrofotómetros
3.3.5	Parámetros instrumentales
3.4	Control ambiental
3.5	Procesos de calibración para IM &TE
3.5.1	Balanzas de presión
3.5.2	Sistemas de calibración de Par Torsional
3.6	Procesos de validación
3.6.1	Masa y masa convencional
3.6.2	Normas técnicas colombianas e internacionales
3.6.3	Normatividad existente en medición de energía
3.6.4	Validación de métodos químicos cuantitativos
3.6.4.1	Introducción de la validación de métodos
3.6.4.2	Plan de validación
3.6.4.3	Precisión y veracidad de un método
3.6.4.4	Selectividad/especificidad
3.6.4.5	Efecto matriz y su evaluación
3.6.4.6	Métodos de regresión: Evaluación de la linealidad del sistema
3.6.4.7	Límites de detección y cuantificación
3.6.4.8	Robustez.
3.6.4.9	Informe de validación y dudas
3.6.5	Repetición de ensayos
3.6.6	Participación en comparaciones interlaboratorio/ensayos de aptitud
3.7	Gestión de registros
3.7.1	Recomendaciones de uso y aseguramiento de calidad de resultados en pipetas de pistón
3.8	Informes oficiales
3.8.1	Elaboración de certificados de calibración para la magnitud de volumen
3.8.2	Certificado de calibración, convención sobre la incertidumbre calculada e incertidumbre reportada

Incertidumbre de medición y matemática aplicada.

4	Incertidumbre de medición y matemática aplicada
4.1	Formato numérico
4.1.1	Dígitos significativos
4.1.2	Métodos de notación
4.1.2.1	Notación estándar
4.1.3	Sistema de prefijo SI
4.1.3.1	Notación científica
4.1.4	Números preferidos ISO
4.1.5	Métodos de redondeo número
4.1.6	Otros problemas de formato numérico

4.1.6.1	Ceros a la izquierda
4.1.6.2	Formateo de números habituales
4.2	Conversiones de la unidad
4.2.1	Unidades del SI
4.2.2	Coherencia de las unidades SI
4.2.3	Unidades derivadas SI
4.2.3.1	Prefijos del SI
4.2.3.2	Unidades que son múltiplos del SI base o unidades derivadas
4.2.3.3	Unidades que no deben utilizarse dentro del sistema internacional de unidades
4.2.3.4	Unidades del SI dispuestas por la unidad de categoría
4.2.4	Factores de conversión y sus usos
4.2.4.1	Desde / a listas
4.2.4.2	Desde / a la Tabla Matriz
4.2.5	Incertidumbres para algunas unidades fundamentales (Estándar y relativa)
4.2.6	Bases de numeración
4.2.6	Factores de conversión para la conversión entre unidades de medida equivalentes
4.3	Ratios
4.3.1	Medidas de decibeles
4.3.1.1	Logaritmos en Microsoft Excel
4.3.1.2	Tipos de linealización Transformaciones
4.3.1.3	Gráficos
4.4	Estadística básica
4.4.1	Conceptos básicos
4.4.1.1	Generales
4.4.1.2	Definición
4.4.1.2.1	Variable y dato
4.4.1.2.2	Población y muestra
4.4.1.2.3	Parámetro y estimación
4.4.1.2.4	Estadístico y estimador
4.4.1.3	Supuestos fundamentales de medición
4.4.1.4	Grados de libertad
4.4.1.5	Residuos
4.4.1.6	Tendencia central
4.4.1.6.1	Media
4.4.1.6.2	Mediana
4.4.1.6.3	Modo
4.4.1.7	Distribuciones bimodales
4.4.1.8	Teorema del límite central
4.4.1.9	Valor cuadrático medio
4.4.1.10	Suma de cuadrados
4.4.1.11	Raíz Suma de cuadrados
4.4.1.12	Varianza
4.4.1.13	Desviación Estándar

4.4.1.14	Muestra Varianza
4.4.1.15	Desviación estándar de la muestra
4.4.1.16	Error estándar de la media
4.4.1.17	Asimetría
4.4.1.18	Curtosis
4.4.1.19	Correlación
4.4.1.20	Relaciones lineales
4.4.1.20.1	Relación de dos puntos pendiente-intersección en conjuntos de datos lineales
4.4.1.20.2	Regresión lineal, línea de mejor ajuste a través de un conjunto de datos
4.4.1.21	Relaciones de cero y rango
4.4.1.22	Interpolación
4.4.1.23	Formatos de datos tabulares
4.4.1.24	Métodos de interpolación lineales
4.4.1.24.1	Un solo sentido, de dos puntos de interpolación, Lineal
4.4.1.24.2	Dos vías, de dos puntos de interpolación, Lineal
4.4.1.24.3	Tres vías interpolación, Lineal
4.4.1.25	Métodos de interpolación para datos no lineales
4.4.1.25.1	Un solo sentido, de tres puntos de interpolación - cuadrática
4.4.1.25.2	Un solo sentido, de tres puntos de interpolación - cuadrática
4.4.1.25.3	Un solo sentido, n-punto de interpolación - No Lineal (Lagrange)
4.4.1.26	Tipos de distribuciones y sus propiedades
4.4.1.26.1	Distribución acumulativa normal (gaussiana)
4.4.1.26.2	Distribución acumulativa estándar normal (Gaussiana)
4.4.1.26.3	Distribución-t
4.4.1.26.4	Distribución-F
4.4.1.26.5	Distribución ² (Chi-cuadrado)
4.4.1.26.6	Distribución Weibull
4.4.1.26.7	Distribución hipergeométrica
4.4.1.26.8	Distribución Binomial
4.4.1.26.9	Distribución de Poisson
4.4.1.26.10	Incertidumbre, la distribución normal
4.4.1.26.11	Incertidumbre, distribución rectangular
4.4.1.26.12	Incertidumbre, distribución triangular
4.4.1.26.13	Incertidumbre, distribución en forma de U
4.4.1.26.14	La incertidumbre relativa
4.4.1.27	Autocorrelación
4.4.2	Estadística descriptiva
4.4.2.1	Representación de los datos
4.4.2.1.1	Diagrama de puntos
4.4.2.1.2	Distribución de frecuencia e histogramas
4.4.2.2	Medidas de tendencia central
4.4.2.2.1	Promedio

4.4.2.2.2	Mediana y moda
4.4.2.3	Medidas de dispersión
4.4.2.3.1	Rango
4.4.2.3.2	Varianza
4.4.2.3.3	Desviación estándar
4.4.2.3.4	Coeficiente de variación
4.4.2.4	Medidas de posición
4.4.2.4.1	Coeficiente de asimetría
4.4.2.4.2	Curtosis
4.4.2.4.3	Cuantiles
4.4.2.5	Correlación
4.4.3	Funciones y operaciones con funciones
4.4.4	Nociones de Probabilidad:
4.4.4.1	Experimento
4.4.4.2	Espacio Aleatorio
4.4.5	Variables Aleatorias
4.4.5.1	Variables aleatorias continuas
4.4.5.2	Variables aleatorias discretas
4.4.5.3	Función de densidad de probabilidad
4.4.5.4	Función de distribución de probabilidad
4.4.5.5	Valor esperado y varianza de una variable aleatoria
4.4.6	Distribuciones de probabilidad y cálculo de probabilidades
4.4.7	Inferencia Estadística
4.4.7.1	Muestra estadística
4.4.7.2	Teorema del Límite Central
4.4.7.3	Distribución t y grados de libertad
4.4.7.4	Intervalos de confianza para la media
4.5	Terminología de la incertidumbre
4.5.1	¿Qué es la incertidumbre?
4.5.2	Conceptos Básicos: Incertidumbre, calibración, precisión, exactitud, etc ...
4.5.3	Cifras significativas y expresión de la incertidumbre
4.5.4	Teorema del límite central
4.5.5	Banda de guarda
4.5.6	Relación de incertidumbre de prueba (TUR)
4.5.7	Relación de precisión de la prueba (TAR)
4.5.8	Sesgo
4.5.9	Error
4.5.10	Porcentaje de la tolerancia
4.5.11	Medidas de reproducibilidad y repetibilidad R&R
4.6	Otras consideraciones de incertidumbre de la medición
4.6.1	Coeficientes de sensibilidad
4.6.2	Grados efectivos de libertad
4.6.3	Coeficientes de correlación
4.7	Gestión de la incertidumbre
4.8	Componentes del presupuesto de incertidumbre

4.8.1	Dominancia (componente dominante de incertidumbre)
4.8.2	Componentes de incertidumbre de resolución y repetibilidad
4.8.3	Factor de cobertura
4.8.4	Incertidumbre expandida
4.8.5	Coeficientes de sensibilidad
4.8.6	Componente de incertidumbre del patrón
4.8.7	Ambiente
4.8.8	Factores humanos
4.8.9	Métodos
4.8.10	Unidad bajo prueba (DUT)
4.8.11	Patrones de referencia
4.8.12	Materiales
4.8.13	Elementos clave y los pasos de la elaboración de un presupuesto de incertidumbre
4.9	Determinación de la incertidumbre y reporte
4.9.1	Incertidumbre combinada y ampliado
4.9.2	Factores ponderados
4.9.3	Gráficos explicativos
4.9.4	Factores de cobertura
4.9.5	Niveles de confianza
4.9.6	Grados de libertad efectivos
4.9.7	Elementos de cálculo de la incertidumbre incluyendo la media, desviación estándar, suma raíz cuadrada (RSS), y la varianza
4.9.8	Estimación de la incertidumbre en una calibración
4.9.9	Aspecto numérico
4.9.10	Norma IEEE 754 y software de cálculo
4.9.11	El método CIPM de cálculo de la incertidumbre de medición
4.9.12	El método ISO de cálculo de la incertidumbre de medición
4.9.13	Combinando términos individuales de una manera coherente; el uso de formularios
4.9.14	La determinación de la incertidumbre para una medición absoluta
4.9.15	La determinación de la incertidumbre para una medición relativa
4.9.16	Identificar las incertidumbres en el proceso de medición
4.9.17	Evaluar y clasificar tipo de incertidumbre (Tipo A o B)
4.9.18	Documento en un presupuesto de incertidumbre
4.9.19	Combinar incertidumbres (RSS Método)
4.9.20	Incertidumbre expandida
4.9.21	Informe incertidumbre
4.9.22	Estimación de la incertidumbre en la calibración de pesas. Elaboración del presupuesto
4.9.23	Estimación de incertidumbre para método gravimétrico basados en la norma ISO/ TR 20461 y la Recomendación Euramet cg-19
4.9.24	Presupuesto de incertidumbre para el método gravimétrico en la calibración de pipetas de embolo/pistón ISO/ TR 20461 y Recomendación D.K.D 8.1

4.9.25	Estimación de la incertidumbre de calibración de cinta métrica
4.9.26	Estimación de la incertidumbre de calibración de regla graduada
4.9.27	Incertidumbre en Par Torsional
4.9.28	Estimación de Incertidumbre para variables de Corriente Continua y Corriente Alterna
4.9.29	Cálculo del error y su incertidumbre de medida en instrumentos medidores de energía eléctrica
4.9.30	Incertidumbre en la medición de tiempo y frecuencia
4.9.31	Estimación de la incertidumbre de medida en temperatura
4.9.32	Estimación de incertidumbre para método gravimétrico basados en la norma ISO/ TR 20461
4.9.33	Introducción a la estimación de la incertidumbre de medición en mediciones químicas
4.10	Matemáticas técnica y aplicada
4.10.1	Análisis matemático y estadístico básico
4.10.2	Notación científica y la ingeniería
4.10.3	Conversiones del sistema Inglés al sistema Métrico
4.10.4	Ratios
4.10.5	Tablas, gráficos y diagramas
4.10.6	Redondeo, truncamiento, y cifras significativas
4.10.7	Orden de operación matemática
4.10.8	Ecuaciones algebraicas
4.10.9	Conversiones angular
4.11	Incertidumbre de medición en análisis químico cuantitativo
4.11.1	Introducción a la estimación de la incertidumbre de medición
4.11.2	Aplicación de la guía para la estimación de la incertidumbre a métodos de medición químicos
4.11.3	Establecimiento de requisitos de incertidumbre en mediciones químicas
4.11.4	Consideraciones del método GUM en Química
4.11.5	Estimación de incertidumbre en métodos volumétricos
4.11.6	Estimación de incertidumbre en métodos gravimétricos
4.11.7	Calibración analítica e incertidumbre
4.11.8	Estimación de incertidumbre de medición por el método Kragten
4.11.9	Uso de datos de validación para la estimación de la incertidumbre de medición

Estándares y sistema de calidad.

5	Estándares y sistema de calidad
5.1	Sistemas de gestión de la calidad
5.1.1	Infraestructura de la calidad
5.1.2	Acuerdos de Reconocimiento Mutuo
5.1.3	Principios de la gestión de la calidad
5.1.4	Sistemas de Gestión en laboratorios
5.1.5	Objetivo y campo de aplicación ISO/IEC 10012: 2003
5.1.5.1	Requisitos Generales

5.1.5.2	Responsabilidad de la dirección
5.1.5.3	Gestión de recursos
5.1.5.4	Confirmación metrológica
5.1.5.5	Análisis y mejora del sistema de gestión de calidad
5.2	Herramientas de control de calidad
5.2.1	Presentación General de la Norma ISO/IEC 17025
5.2.1.1	Control de documentos
5.2.1.2	Revisión de solicitudes, ofertas y contratos
5.2.1.3	Subcontratación de ensayos y calibraciones
5.2.1.4	Compra de servicios y suministros
5.2.1.5	Servicio al cliente
5.2.1.6	Quejas
5.2.1.7	Control de trabajos de ensayo y/o calibración no conformes
5.2.1.8	Acción correctiva
5.2.1.9	Acción preventiva
5.2.1.10	Control de registros
5.2.1.11	Auditorías internas
5.2.1.12	Revisiones realizadas por la alta dirección
5.2.1.13	Generalidades
5.2.1.14	Persona
5.2.1.15	Instalaciones y condiciones ambientales
5.2.1.16	Métodos de ensayo y calibración y validación de métodos
5.2.1.17	Equipos
5.2.1.18	Trazabilidad de la medición
5.2.1.19	Muestreo
5.2.1.20	Manejo de los elementos de ensayo y calibración
5.2.1.21	Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y calibración
5.2.1.22	Reporte de resultados
5.2.2	Los “Cambios” de la ISO 17025 Integración de la filosofía de la ISO 9000
5.2.3	Estructura de la Norma ISO/IEC 1702
5.2.3.1	Objetivo y campo de aplicación
5.2.3.2	Referencia Normativa
5.2.3.3	Términos y definiciones
5.2.3.4	Requisitos relativos a la gestión
5.3	Auditorías de calidad
5.3.1	Tipos de auditorías tales como interno, externo, producto y proceso.
5.3.2	Funciones y responsabilidades del auditor, auditado, y el cliente.
5.3.3	Componentes de la auditoría, incluyendo pero no limitado a plan de auditoría, con fines de auditoría, y el estándar de auditoría.
5.3.4	Herramientas de auditoría, tales como lista de comprobación, y el informe final
5.4	Acción correctiva para las no conformidades
5.4.1	Identificación 1. No conformidad

5.4.2	Evaluación de impacto
5.5	Conducta profesional y ética
5.6	Requisitos de seguridad en el trabajo
5.6.1	Peligros y de seguridad del equipo
5.6.2	Salud y seguridad ocupacional
5.6.3	Gestión interna
5.6.4	Condición de pre calibración y calibración posterior
5.7	Las normas de calidad y guías
5.7.1	Conceptos metrológicos y de calidad
5.7.2	Paralelo Certificación / Acreditación ISO 9000: 2000 / ISO-IEC 17025. Certificación Acreditación
5.8	Normas de calidad y su evolución
5.8.1	¿Qué son los estándares de calidad y por qué son importantes?
5.8.2	El papel de la ISO
5.8.3	Evolución de Estándares de Calidad
5.8.4	Historia de Estándares de Calidad - 1900-1940
5.8.5	Historia de Estándares de Calidad - 1940 hasta la actualidad
5.9	Requisitos específicos de la industria
5.9.1	ISO 9001
5.9.1.1	Comercio global
5.9.1.2	Características importantes de la norma ISO 9001
5.9.1.3	ISO 9000 y su negocio
5.9.1.4	Lo que la norma dice acerca de la calibración
5.9.1.5	ISO 10012
5.9.2	Administración de drogas y alimentos de U.S., Buenas practicas actuales de fabricación FDA (cGMP)
5.9.3	Otros requisitos de la industria
5.9.3.1	Normas basadas en la norma ISO 9000
5.9.3.1.1	Aeroespacial Fabricación - SAE AS9100A
5.9.3.1.2	fabricación de automóviles
5.9.3.2	Telecomunicaciones - TL 9000
5.9.3.3	Programas informáticos - ISO 9000-3 y marca IT
5.9.3.3.1	ISO 9000-3:1997
5.9.3.3.2	Marca IT
5.9.3.4	Normas no basado en ISO 9000
5.9.3.4.1	Aviación Civil
5.9.3.4.2	Software de computadora - Modelo de madurez de la capacidad del Instituto de ingeniería de software SEI
5.9.3.4.3	Ingeniero civil
5.9.4	Computadores y automatización
5.10.1	Mejores practicas
5.10.1.1	Atención al cliente (laboratorio Liaisons)
5.10.1.2	El uso de métricas para el departamento de Gestión / Laboratorio
5.10.1.3	Programas de mantenimiento preventivo
5.10.1.4	Las encuestas y la satisfacción del cliente

5.10.2	Responsabilidades organizacionales del personal
5.10.2.1	Director de laboratorio
5.10.2.2	Gerente técnico
5.10.2.3	Gerente de calidad
5.10.2.4	Técnico de calibración
5.10.2.5	Ingeniero de calibración
5.10.2.6	Metrólogo
5.10.2.7	Personal de apoyo logístico
5.10.3	Procesos de flujo de trabajo
5.10.4	Presupuestación y Gestión de Recursos
5.10.4.1	Presupuesto
5.10.5	Vendedores y proveedores
5.10.6	Servicio de limpieza y seguridad

Encuesta asignaturitas profesores

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	Fecha:	
	Hora:	
	Lugar:	

Nombre del profesor: _____ Teórico, Práctico, Teoría y Práctica.

Nombre de la asignatura: _____ Código: _____ Semestre: _____

La asignatura es: Técnico, Práctico, Teórico - Práctico.

Año de experiencia en la asignatura: _____

Conoce al temario de la metodología (Marque con X o / lo que sí o no.)

Ocas que en la asignatura introduce conceptos de metodología (Metodológico)	
Ocas que en la asignatura evalúa conceptos de metodología (Metodológico)	

Hay otros profesores que imparten esta asignatura si Es/ No es

Dialoga con otros profesores que imparten la asignatura sobre conceptos en metodología



Comentarios:

Encuesta para expertos



Comentarios expertos

[illegible][illegible]

[illegible]

Inventario del proceso cognitivo	
Categoría	Subcategoría
1. Identificar	- Reconocer - Percepción - Interpretación
2. Entender	- Comprender - Analizar - Resolver
3. Aplicar	- Transferencia - Extrapolación - Interpretación
4. Analizar	- Organizar - Clasificar - Relacionar
5. Sintetizar	- Combinar - Integrar - Construir
6. Crear	- Imaginar - Proyectar - Construir

[illegible]

Determinazione dei processi organizzativi	
Categoria	Subcategoria
1. Amministrativa	- Personale - Finanziaria - Marketing - Comunicazione - Qualità
2. Operativa	- Logistica - Infrastruttura - Comunicazione - Qualità - Finanziaria
3. Ricerca e Sviluppo	- Prodotto e processo - Qualità - Comunicazione - Logistica
4. Vendite	- Finanziaria - Comunicazione - Logistica
5. Assistenza	- Finanziaria - Comunicazione - Logistica
6. Distribuzione	- Finanziaria - Comunicazione - Logistica
7. Clienti	- Finanziaria - Comunicazione - Logistica
8. Controlli	- Finanziaria - Comunicazione - Logistica

Incertidumbre

Categoría	Subcategoría	Indicador
1. Necesario	Necesario	1.1. Necesario
		1.2. Necesario
2. Necesario	Necesario	2.1. Necesario
		2.2. Necesario
3. Necesario	Necesario	3.1. Necesario
		3.2. Necesario
4. Necesario	Necesario	4.1. Necesario
		4.2. Necesario
5. Necesario	Necesario	5.1. Necesario
		5.2. Necesario
6. Necesario	Necesario	6.1. Necesario
		6.2. Necesario

Indicadores del proceso cognitivo	
Categoría	Indicador
1. Necesario	1.1. Necesario
	1.2. Necesario
2. Necesario	2.1. Necesario
	2.2. Necesario
3. Necesario	3.1. Necesario
	3.2. Necesario
4. Necesario	4.1. Necesario
	4.2. Necesario
5. Necesario	5.1. Necesario
	5.2. Necesario
6. Necesario	6.1. Necesario
	6.2. Necesario

Categoría	Subcategoría	Indicador
1. Necesario	Necesario	1.1. Necesario
		1.2. Necesario
2. Necesario	Necesario	2.1. Necesario
		2.2. Necesario
3. Necesario	Necesario	3.1. Necesario
		3.2. Necesario
4. Necesario	Necesario	4.1. Necesario
		4.2. Necesario
5. Necesario	Necesario	5.1. Necesario
		5.2. Necesario
6. Necesario	Necesario	6.1. Necesario
		6.2. Necesario

Indicadores del proceso cognitivo	
Categoría	Indicador
1. Necesario	1.1. Necesario
	1.2. Necesario
2. Necesario	2.1. Necesario
	2.2. Necesario
3. Necesario	3.1. Necesario
	3.2. Necesario
4. Necesario	4.1. Necesario
	4.2. Necesario
5. Necesario	5.1. Necesario
	5.2. Necesario
6. Necesario	6.1. Necesario
	6.2. Necesario

Calidad

		Diseño del proceso cognitivo	
		Categoría	Subcategoría
Calidad	Calidad de los recursos	1. Interacción	Recursos Procesos Entorno
	Calidad de los recursos	2. Entorno	Entorno Entorno Entorno
	Calidad de los recursos	3. Entorno	Entorno Entorno Entorno
	Calidad de los recursos	4. Entorno	Entorno Entorno Entorno
	Calidad de los recursos	5. Entorno	Entorno Entorno Entorno
	Calidad de los recursos	6. Entorno	Entorno Entorno Entorno
	Calidad de los recursos	7. Entorno	Entorno Entorno Entorno
	Calidad de los recursos	8. Entorno	Entorno Entorno Entorno
	Calidad de los recursos	9. Entorno	Entorno Entorno Entorno
	Calidad de los recursos	10. Entorno	Entorno Entorno Entorno
Calidad	Calidad de los recursos	1. Interacción	Recursos Procesos Entorno
	Calidad de los recursos	2. Entorno	Entorno Entorno Entorno
	Calidad de los recursos	3. Entorno	Entorno Entorno Entorno
	Calidad de los recursos	4. Entorno	Entorno Entorno Entorno
	Calidad de los recursos	5. Entorno	Entorno Entorno Entorno
	Calidad de los recursos	6. Entorno	Entorno Entorno Entorno
	Calidad de los recursos	7. Entorno	Entorno Entorno Entorno
	Calidad de los recursos	8. Entorno	Entorno Entorno Entorno
	Calidad de los recursos	9. Entorno	Entorno Entorno Entorno
	Calidad de los recursos	10. Entorno	Entorno Entorno Entorno

1. Fundamentos de mecánica

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	Fecha: <u>2015-05-27</u>	
	Hora: <u>11:30</u>	
	Lugar: <u>Auditorio</u>	

Nombre del profesor: Doris Yamela Caballero Balcázar Teórico, Práctico, Teoría y práctica

Nombre de la asignatura: Fundamentos de nutrición Código: _____ Semestre: Quinto

La asignatura es: Teórica, Práctica, Teórico-Práctica

Años de experiencia en la asignatura: 1 año como docente 77-20

Conoce el término de metrología (Métro teórico): No

Potencia
 Calor
 Energía
 Temperatura
 Presión
 Volumen
 Masa
 Densidad
 Velocidad
 Aceleración
 Frecuencia
 Longitud de onda
 Intensidad
 Flujo
 Caudal
 Rendimiento
 Eficiencia
 Coeficiente
 Índice
 Factor
 Relación
 Proporción
 Porcentaje
 Fracción
 Decimales
 Grados
 Minutos
 Segundos
 Radianes
 Hertz
 Decibelios
 Logaritmo
 Desviación estándar
 Varianza
 Coeficiente de correlación
 Regresión
 Correlación
 Análisis de varianza
 Estadística descriptiva
 Estadística inferencial
 Probabilidad
 Distribución normal
 Distribución binomial
 Distribución de Poisson
 Distribución de probabilidad
 Distribución de frecuencias
 Distribución de datos
 Distribución de series
 Distribución de matrices
 Distribución de vectores
 Distribución de tensores
 Distribución de escalares
 Distribución de pseudoscalares
 Distribución de hiperescalares
 Distribución de hipervectores
 Distribución de hipermatrices
 Distribución de hipertensores
 Distribución de hiperescalares
 Distribución de hipervectores
 Distribución de hipermatrices
 Distribución de hipertensores

Otro que en la asignatura involucra conceptos de metrología (Medición):
Sí

Otro que en la asignatura evalúa conceptos de metrología (Evaluación):
Sí

Hay otros profesores que imparten esta asignatura: Sí No

Otorga con otros profesores que imparten la asignatura sobre conceptos en metrología:

SA
Experimental
Teórica

Nutricionista
Cajun clare



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Comentarios:

Era física I



Artículo Científico

se recomienda
actualizar los
laboratorios

¿Se va medir

gravedad

Equipo de bitácora de laboratorio

Informes

Análisis
Conclusiones.

Física

Masa
Velocidad

Instrumentos antiguos

Calidad de las notas.

Actualización de laboratorio y Administrativas

Importancia de la metrología

comprado $\neq$ Productos



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA – SEDE BOGOTÁ – FACULTAD DE CIENCIAS

RESUMEN DE ASIGNATURA: FUNDAMENTOS DE MECÁNICA, GRUPOS 3 y 7

CÓDIGO: 1000019

ASIGNATURA PRÁCTICA PARA INGENIERÍA

PROGRAMA DETALLADO SEMESTRE 01 DE 2018

Introducción

La asignatura práctica de fundamentos de mecánica (física experimental I), se encarga de iniciar al estudiante en las mediciones sencillas: longitudes, tiempos, áreas, temperaturas, entre otras. Se aprenderá a tomar datos y a representarlos en gráficas, de tal manera que se pueda identificar la relación entre las variables en cuestión. Se incluye la interpretación de las gráficas y la linealización de ecuaciones, así como el reporte de los datos con los errores y cifras significativas correspondientes.

Objetivos

1. Aprendizaje de las bases de la física experimental y del análisis de datos.
2. Mostrar al estudiante la importancia del trabajo experimental en el desarrollo de la ciencia.
3. Entrenar al estudiante en la elaboración de informes.
4. Estudiar los conceptos fundamentales de la mecánica clásica.

Metodología

Antes del inicio de cada sesión de laboratorio cada grupo de estudiantes deberá entregar un pre-informe, el cual consta de preguntas y/o problemas acerca de la práctica que va a realizarse ese día. Dicho pre-informe será propuesto con anterioridad, con el objetivo de preparar al estudiante para la elaboración de la práctica.

Tanto la investigación previa (pre-informe), como los datos y notas tomadas durante la ejecución del laboratorio deberán ser consignadas en el cuaderno de bitácora.

Cada grupo deberá entregar el respectivo informe de la práctica cuando se le requiera y en la fecha estipulada previamente.

Evaluación

Este laboratorio hace parte de la asignatura de fundamentos de mecánica para Ingeniería, de tal manera que constituye el 20% de la nota final de la misma. La nota final del laboratorio de cada estudiante será entregada al profesor de la clase magistral al finalizar el semestre.

La siguiente tabla muestra la distribución de los porcentajes asignados a las diferentes partes del laboratorio:

Item	Porcentaje
Informes	50%
Bitácora (+ Pre-informe)	25%
"Quices"	10%
Examen Final	15%

La ortografía, la puntuación, la redacción, así como la calidad científica harán parte de la evaluación de los informes, la bitácora y las evaluaciones de la materia.

Contenido

(Fecha) SEMANA	TEMA
(5 de Febrero) Semana 1	*Presentación del curso, concertación de actividades académicas, fechas y porcentajes. *Introducción teoría de errores
(12 de febrero) Semana 2	Laboratorio No. 1 Medición e incertidumbre
(19 de febrero) Semana 3	Laboratorio No. 2 Análisis de un experimento
(26 de febrero) Semana 4	Laboratorio No. 3 Movimiento en una dimensión: velocidad constante
(5 de Marzo) Semana 5	Laboratorio No. 4 Movimiento en una dimensión: plano inclinado
(12 de marzo) Semana 6	Laboratorio No. 5 Movimiento en dos dimensiones
(19 de marzo) Semana 7	Laboratorio No. 6 Movimiento armónico simple
(26 de marzo) Semana 8	*Semana Santa
(2 de Abril) Semana 9	Laboratorio No. 7 Estática - Fuerzas en equilibrio
(9 de abril) Semana 10	Ausencia por congreso
(16 de abril) Semana 11	Laboratorio No. 8 Fuerza y movimiento

36

(23 de abril) Semana 12	Laboratorio No. 9 Fuerza de fricción
(30 de abril) Semana 13	Laboratorio No. 10 Colisiones elásticas e inelásticas
(7 de mayo) Semana 14	Laboratorio No. 11 Energía cinética y trabajo
(14 de mayo) Semana 15	Laboratorio No. 12 Momento de Inercia - Cuerpo rígido
(21 de mayo) Semana 16	Presentación del último informe y Bitácora Examen Final
(28 de mayo) Semana 17	Entrega de notas

Número máximo de ausencias: Será de 2 clases.

Debe asistir a todas las sesiones de laboratorio. Si falta por causa justificada, debe ponerse en contacto rápidamente con el profesor, quien le informará si es posible que realice la práctica durante la misma semana o después.

Adicionalmente, debe presentar los trabajos que hayan quedado pendientes para el día que no asistió a clase.

Bibliografía:

1. Fernando Cristancho, Fundamentos de Física Experimental y Mecánica, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Física, Notas de Clase, 2008.
2. Marina Ortiz, Guía de Laboratorio de Física I para estudiantes de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Física, Notas de clase 2006
3. Holman, J.P., Métodos Experimentales para Ingenieros (4ª Ed.), Lago Chalco, México-McGraw Hill, 1986

Recomendaciones generales:

- Asistir puntualmente a clase. Cumplir las normas de respeto establecidas el primer día de clase.
- Presentar los informes, bitácora, así como las evaluaciones en la fecha asignada. En el caso de no presentar evaluaciones y tareas o informes en las fechas asignadas, solo se aceptarán excusas certificadas por la Universidad para aceptar la entrega extemporánea.
- En todas las actividades que impliquen escritura se debe hacer el mejor uso posible del lenguaje; la buena ortografía, puntuación y redacción son elementos fundamentales en el desempeño de un profesional.
- Seguridad: Si tiene dudas, o considera inseguro algún procedimiento debe suspender el trabajo y consultar inmediatamente con su profesor.
- Elementos que se deben llevar al laboratorio: Cuaderno (Bitácora), la guía de laboratorio con el pre-informe preparado, calculadora científica.

- Preparación de cada sesión de laboratorio: antes de cada laboratorio el estudiante debe leer las lecturas previas recomendadas, introducción, objetivos y dar respuesta a las preguntas que componen el pre-informe. Las predicciones y respuestas individuales a las preguntas serán revisadas (en la bitácora) y calificadas (con "quices") por el profesor como paso inmediatamente anterior al inicio de la sesión de laboratorio.
- El laboratorio es una actividad en grupo, que les permite discutir y llegar a conclusiones en conjunto. Recuerde que es un abuso dejar todo el trabajo a un solo integrante del grupo (el respeto es indispensable cuando se trabaja en grupo).
- Mantenga el equipo de laboratorio en buen estado y organizado, recuerde que hay otros compañeros que lo utilizarán antes o después de usted.
- Es aceptable cometer errores, pero es importante comportarse profesionalmente y con ética, recuerde que debe aprender de ellos y mejorar.
- Ponga a prueba sus ideas y evalúelas por medio de discusiones respetuosas, toma de datos y conclusiones conjuntas.

Información general:

El primer día de clases se discutirá el programa y se concertarán las diferentes actividades académicas de la asignatura durante el semestre. Es responsabilidad de cada estudiante informarse sobre el programa resumen de la asignatura, así como el cronograma de las actividades del curso, por tal razón, los estudiantes que no asistan a la primera clase, deben ponerse al día con lo concertado el primer día de clases. Se enviará información a través del correo electrónico institucional.

Profesora: Doris Cadavid (dycadavidr@unsl.edu.co)

Oficina: 356

Horario de atención: lunes de 15h – 17h y Jueves 11h-13h

Bitácora

Cuaderno de hojas cuadriculado tamaño carta. Este cuaderno debe contener:

- Pre-informe: respuestas a preguntas y/o problemas previos a cada experiencia.
- Todos los detalles relevantes del laboratorio.
- Análisis preliminares y gráficas rápidas usadas para conocer la tendencia de las variables involucradas en el experimento.
- Cada grupo llevará su propio cuaderno de bitácora (sin embargo, recuerde que todos deben hacer el pre-informe individualmente pues se realizarán "quices" para evaluar esta preparación previa que deben hacer todos en el grupo)
- El cuaderno de bitácora debe tener las páginas numeradas
- El contenido general de cada experimento que debe estar en la bitácora es: título de la experiencia, fecha, pre-informe con la respuesta a las preguntas o problemas planteados en la guía de laboratorio, desarrollo del experimento, resultados y breve análisis, tablas, gráficos, conclusiones preliminares.

Informe de laboratorio

El informe debe contener las siguientes partes:

1. Encabezado:

Título del informe, Autores (códigos), Nombre de la institución (Dep. Fac. UN), correo electrónico de los autores.

2. Resumen

¿Qué se hizo?, ¿Cómo se hizo?, conclusiones

Debe ser breve (máximo media página). Esta parte del informe es la última en escribirse.

3. Introducción

Lo que se denomina marco teórico, sin reescribir los libros.

Si escribe ecuaciones que sean las que realmente utilizará en el desarrollo del informe. Numerar ecuaciones.

Si introduce símbolos diga a qué concepto físico corresponden.

4. Experimento

Descripción del aparato usado para realizar la experiencia. Dibujo. Concordancia con los símbolos usados en las ecuaciones.

Descripción del procedimiento experimental (reconstrucción de la experiencia).

5. Resultados y análisis

Los datos que se obtienen de la experiencia van a producir tablas, las cuales deben:

- Tener título, rotular las columnas (unidades).
- Numeradas.
- Deben ser informativas.
- Usar notación científica siempre que sea necesario.

Las gráficas son una parte muy importante del informe, solo se aceptan las gráficas hechas a mano en el respectivo papel milimetrado, semi-log o log-log.

- Rotular claramente los ejes.
- Utilizar adecuadamente el espacio (que se puedan leer valores intermedios).
- Numeración.
- Distinguir datos experimentales de interpolaciones.
- Incluir la tabla de datos que produce cada gráfica.
- Eje de las abscisas (X) se representan datos de la variable independiente.
- Eje de las ordenadas (Y) se representan datos de la variable dependiente.

El análisis debe contener una discusión razonada de las gráficas y las tablas, haciendo énfasis en características relevantes. Si se dispone de un valor teórico con el cual realizar una comparación, se debe discutir la diferencia porcentual.

8/6

6. Conclusiones

Recolecta resultados importantes y su interpretación en una forma clara y resumida. Se pueden incluir recomendaciones para mejorar el experimento.
Breves, concisas, numérelas.

7. Bibliografía

Referencia aquellas fuentes que en alguna parte del contenido del informe hizo uso.
(Referencia puntual)

Notas:

- Debe numerar las páginas.
- Se usa la convención de las publicaciones actuales, en las que el punto indica las cantidades decimales: $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Polymers 18 (2022) 1



FICHA DE ASIGNATURAS DE PREGRADO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
VICERRECTORÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN NACIONAL DE PROGRAMAS DE PREGRADO

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

Por favor escriba el título y los nombres de autor completos en mayúscula/minúscula.

14. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA			
Autor (es)	Título	Editorial	Año
Fabio González B.	CD de Física Mecánica	U Nacional	2008
1. Alonso Finn	Física, Vol. I	Addison-Wesley	1992
2. Londoño M. F.	Introducción a la Mecánica	Universidad Nacional	2003
3. Serway Raymond.	Física Vol. I	Editorial Mc Graw Hill	1997
4. Holiday, D., Resnick, Krane, K.	Fundamentos de Física Vol. I	Editorial Continental	1996
5. Beer, F. P. y Johnston, E. R. Jr	Mecánica Vectorial para ingenieros	Ed. Mc Graw Hill	1988

Introducir las filas que sean necesarias

NOMBRE DEL DIRECTOR

APROBACIÓN DEL CONSEJO DE FACULTAD (Lo diligencia la Secretaría de Facultad)			
Fecha del Consejo (día/mes/año)		Acta Número	

La Secretaría de Facultad debe remitir el formato vía correo electrónico a la Dirección Académica de la Sede y estas a la Dirección Nacional de Programas Curriculares de Pregrado. La Dirección Académica solicita la asignación del código al SIA y realiza el seguimiento para verificar que se incluya la información en el SIA.


 MINISTERIO DE EDUCACIÓN
 DIRECCIÓN DE ASISTENCIA TÉCNICA

FICHA DE ASIGNATURAS DE PREGRADO

Por favor diligencie esta ficha en su totalidad. Debe ser el nombre completo de la asignatura en mayúsculas.

Año: Mes: Día:
 FECHA DE ENTREGA:

1. IDENTIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA

1.1. CODIGO ASIGNATURA	1.2. NOMBRE DE LA ASIGNATURA
1.3. UNIDAD ACADÉMICA (SIGUELA QUE CORRESPONDE A LA ASIGNATURA)	1.4. FECHA DEL
1.5. NOMBRE	1.6. NOMBRE

(Continuar en otra hoja)
 MAP: Nivel de Actividad Pedagógica y la relación a la actividad docente
 MAP: Nivel de Actividad académica o investigativa o de gestión
 MAP: Nivel de Actividad académica o investigativa o de gestión
 MAP: Nivel de Actividad académica o investigativa o de gestión
 MAP: Nivel de Actividad académica o investigativa o de gestión
 MAP: Nivel de Actividad académica o investigativa o de gestión

2. EVALUACIÓN (Por favor diligencie en su totalidad)

A. LA ASIGNATURA			B. VALUACIÓN DE LA ASIGNATURA		C. VALUACIÓN DE LA ASIGNATURA	
MAP	MAP	MAP	MAP	MAP	MAP	MAP
1	2	3	4	5	6	7

3. VALUACIÓN DE LA ASIGNATURA

3.1. VALUACIÓN DE LA ASIGNATURA	3.2. VALUACIÓN DE LA ASIGNATURA
3.3. VALUACIÓN DE LA ASIGNATURA	3.4. VALUACIÓN DE LA ASIGNATURA

4. TIPO DE CALIFICACIÓN (Marcar con una X)

4.1. Tipo de Calificación	4.2. Tipo de Calificación
4.3. Tipo de Calificación	4.4. Tipo de Calificación

5. PORCENTAJE DE ASISTENCIA

5.1. Porcentaje de Asistencia	5.2. Porcentaje de Asistencia
5.3. Porcentaje de Asistencia	5.4. Porcentaje de Asistencia

6. REQUISITOS PARA CONSEGUIR LA ASIGNATURA (Marcar con una X)

6.1. Requisitos para conseguir la asignatura	6.2. Requisitos para conseguir la asignatura
6.3. Requisitos para conseguir la asignatura	6.4. Requisitos para conseguir la asignatura

7. ¿Es una asignatura nueva para los estudiantes de los programas de pregrado o maestría? (Marcar con una X)

7.1. ¿Es una asignatura nueva para los estudiantes de los programas de pregrado o maestría?

Page 42 of 49

1. Name of the person or organization: Mr. A. B. C. 2. Address: 123 Main Street, New York, NY 10001 3. City: New York 4. State: NY 5. Zip: 10001 6. Date: 10/10/2023 7. Subject: Request for Information 8. Description of the information requested: I am requesting information regarding the status of my application for a passport. 9. Signature: [Signature] 10. Title: Mr. A. B. C. 11. Contact Information: Phone: (212) 123-4567, Email: abc@xyz.com	1. Name of the person or organization: Mr. A. B. C. 2. Address: 123 Main Street, New York, NY 10001 3. City: New York 4. State: NY 5. Zip: 10001 6. Date: 10/10/2023 7. Subject: Request for Information 8. Description of the information requested: I am requesting information regarding the status of my application for a passport. 9. Signature: [Signature] 10. Title: Mr. A. B. C. 11. Contact Information: Phone: (212) 123-4567, Email: abc@xyz.com

NO TOWN HALLS FOR
SLAVES

[illegible]

2. Fundamentos de electromagnetismo/Electricidad y magnetismo

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	Fecha: 2018-05-17 Hora: 7:00 Lugar: Oficina del profesor
Nombre del profesor: <u>Rocío Johana Abril Espinoza</u>		Teoría: <u>Práctica:</u>
Nombre de la asignatura: <u>Fundamentos de electrodinámica y electromagnetismo</u>		Código: <u>1000</u> Semestre: <u>3 y 4</u>
La asignatura es: Teórica, Práctico, Teórico - Práctico		
Años de experiencia en la asignatura: <u>1. Semestre</u>		<u>Artículo Científico</u>
Conoce el término de metrología (Núcleo temático: 1a, 2a, 3a, 4a, 5a)		
X NO + N SI ya lo he visto antes adquisición eléctrica solo ya Trabaja Definición		
Cree que en la asignatura involucra conceptos de metrología (Medición)		
+ Concepto Medida de		
Cree que en la asignatura evalúa conceptos de metrología (Medición)		
+ Calidad informe uso de herramientas		
Hay otros profesores que imparten esta asignatura: <u>Si</u> No ☐		
Diálogo con otros profesores que imparten la asignatura sobre conceptos en metrología.		
No solo el enfoque.		



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Comentarios:

Práctica para leyes marshall

Grupos de laboratorio

de 3-4

comprobación o demostrativos

Curso de fundamentación

lograr la
medición
por qué
sentido

+

hacer la
bien.

OBJETIVOS Generales Lograr el aprendizaje significativo de los conceptos de electricidad y magnetismo por parte de los estudiantes. • Desarrollar en los estudiantes capacidad para enfrentar y resolver problemas en el campo de la electricidad y magnetismo.	
Específicos • Calcular campos y/o potenciales eléctricos de configuraciones elementales. • Calcular campos magnéticos estáticos de configuraciones elementales. • Analizar circuitos resistivos y capacitivos de corriente directa. • Calcular la fuerza electromotriz inducida en situaciones electromagnéticas simples. • Sintetizar las leyes de Maxwell en forma diferencial e integral. Aplicar los conceptos de campo y potencial a casos eléctricos y magnéticos elementales.	
METODOLOGÍA Y EVALUACIÓN En la semana habrá tres sesiones de 2 horas: Una sesión correspondiente a práctica de laboratorio, una de clase magistral y una de taller de ejercicios.	
12. CONTENIDO	
12.1. CONTENIDO BÁSICO	12.2. CONTENIDO DETALLADO
Incluir a partir del cual se muestra, a través de los temas principales, el contenido de la asignatura.	Descripción del contenido de la asignatura especificando cada uno de los temas del contenido básico.
1. Electrostatica (4 semanas)	2.1 Carga eléctrica. Propiedades. 2.2 Ley de Coulomb. Estructura eléctrica de la materia. 2.3 Campo eléctrico. 2.4 Potencial eléctrico. 2.5 Relaciones energéticas en un campo eléctrico. 2.6 Ley de Gauss. 2.7 Problemas de conductores en equilibrio. 2.8 Capacitancia.
3. Corriente y resistencia eléctrica (2 semanas)	3.1 Ley de Ohm. 3.2 Circuitos de corriente directa. 3.3 Leyes de Kirchhoff. 3.4 Circuito R.C.
4. Magnetostática (3 semanas)	4.1 Fuerza magnética sobre una carga en movimiento. 4.2 Fuerza magnética sobre una corriente eléctrica. 4.3 Torque magnético sobre una espira de corriente. 4.4 Campo magnético producido por una corriente. Ley de Biot-Savart. 4.5 Ley de Ampere.
5. Inducción electromagnética (4 semanas)	5.1 Flujo magnético. 5.2 Ley de Faraday - Henry. 5.3 Inducción electromagnética. 5.4 Autoinducción electromagnética. 5.5 Energía del campo magnético. 5.6 Circuitos R.L. - R.L.C. 5.7 Ecuaciones de Maxwell.
Insertar los bloques que sean necesarios.	
13. OBSERVACIONES	
Incluir los comentarios adicionales relacionados con la asignatura importantes de ser tomados en cuenta y no solicitados en este formato. Por ejemplo, didácticas específicas.	

Insg. Geológica.	B

Si la asignatura forma parte de alguna agrupación definida en el plan de estudio diligencie el cuadro siguiente. En caso contrario pase a 10.

10. GRUPO Liste las asignaturas que conforman el grupo. En la última columna escriba D o P según el caso		
NOMBRE DEL GRUPO		
Asignatura del grupo		
Asignatura del grupo		
Asignatura del grupo		
Asignatura del grupo		
NOMBRE DEL GRUPO		
Asignatura del grupo		
Asignatura del grupo		
Asignatura del grupo		
Asignatura del grupo		

Inserte agrupaciones si es necesario



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
VICERRECTORÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN NACIONAL DE PROGRAMAS DE PREGRADO

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

11. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA
A través de esta información se presenta una idea general del contenido del curso mediante el enunciado de resultados del aprendizaje, objetivos, metodología general (hasta 12 renglones, máximo 1900 caracteres).

 **UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**

7. ASIGNATURA DE LIBRE ELECCIÓN *(Marcar con una X)*

Contenido o Cátedra	Electiva	De línea de profundización

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA VICERRECTORÍA ACADÉMICA DIRECCIÓN NACIONAL DE PROGRAMAS DE PREGRADO

8. LÍNEA DE PROFUNDIZACIÓN *Liste por separado cada una de las asignaturas que conforman la línea. Inserte tantos renglones como asignaturas conforma la línea*

NOMBRE DE LA LÍNEA:		
	NOMBRE DE LA ASIGNATURA	CÓDIGO

La tipología es una clasificación de la asignatura que se establece cuando la asignatura se asocia a un plan de estudios (excepto para las asignaturas de la componente de libre elección).

Si la asignatura es de la componente de fundamentación escriba B (tipología de fundamentación) , y si es del componente profesional, disciplinar escriba P.

9. PLANES DE ESTUDIO A LOS QUE SE ASOCIARÁ LA ASIGNATURA	Componente (Escriba B o P)
Ingeniería Agrícola	B
Ingeniería Agronómica	B
Ingeniería Civil	B
Ingeniería de Sistemas	B
Ingeniería Eléctrica	B
Ingeniería Electrónica	B
Ingeniería Industrial	B
Ingeniería Mecánica	B
Ingeniería Mecatrónica	B
Ingeniería Química	B
Ingeniería Agroindustrial	B
Ingeniería Ambiental	B
Ing. Administrativa	B
Ing. Biológica	B
Ing. de Control	B
Ing. de Minas y Metalurgia	B
Ing. de Petróleos	B
Ing. de Sistemas e Informáticas	B
Ing. Física	B



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA VICERRECTORÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN NACIONAL DE PROGRAMAS DE PREGRADO**

FICHA DE ASIGNATURAS DE PREGRADO

Por favor diligencie únicamente las celdas en azul claro. Escriba el nombre completo de la asignatura en mayúscula/minúscula.

Día	Mes	Año
FECHA SOLICITUD:		

1. IDENTIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA	
1.1. CÓDIGO ASIGNATURA	(Asignado por el Sistema de Información Académica)
1.2. NOMBRE DE LA ASIGNATURA	Física, Electrodinámica y Magnetismo
1.3. UNIDAD ACADÉMICA BÁSICA QUE OFRECE LA ASIGNATURA	
1.4. FACULTAD	
1.5. SEDE	
1.6. NIVEL	PREGRADO

Correcciones U9423226:

HAP: Horas de Actividad Presencial a la semana o intensidad horaria.
 HAI: Horas de Actividad autónoma o independiente a la semana.
 THS: Total Horas de actividad académica por Semana.
 Semanas: Número de semanas por periodo académico (o semestres).
 THP: Total Horas por Periodo académico = THS x Semanas.
 Créditos: Número de créditos por asignatura = THP / 48.

2. DURACIÓN Por favor diligencie las celdas en azul						3. VALIDABLE/ HABILITABLE	
A LA SEMANA			AL SEMESTRE		CRÉDITOS		
HAP	HAI	THS= HAP + HAI	Nº. de Semanas	THS Semanas	Nº. de Créditos	Marcar SI o NO	
0	0	00	10	100	4		
4. TIPO DE CALIFICACIÓN Marcar con una X							
Numérica (de 0.0 a 5.0)				X	Alfabetica (Aprobada AP, No aprobada NA, Pendiente PQ)		
5. PORCENTAJE DE ASISTENCIA							
%	ED	Total de horas presenciales de semestres HAP x Semanas	65	Mínimo de horas	77		
6. PRERREQUISITOS – CORREQUISITOS DE LA ASIGNATURA Marcar con una X							
La asignatura tiene prerrequisitos			X	La asignatura tiene correquisitos			
6.1. Liste por separado cada uno de los nombres de las asignaturas prerrequisito o correquisito. Inserte tanto renglones como sea necesario.							
NOMBRE DE LA ASIGNATURA						CÓDIGO	
Prerrequisito	Física: Mecánica					3001703	
	Cálculo Integral					3002190	
Correquisito							

Solo para las asignaturas de tres etapas exigente T, si además es de tres de profundización diligencie R. En caso contrario entre a S.
 Escriba los nombres completos en mayúscula/minúscula.



Las clases magistrales estarán apoyadas con experimentos demostrativos.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA VICERRECTORÍA ACADÉMICA DIRECCIÓN NACIONAL DE PROGRAMAS DE PREGRADO

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

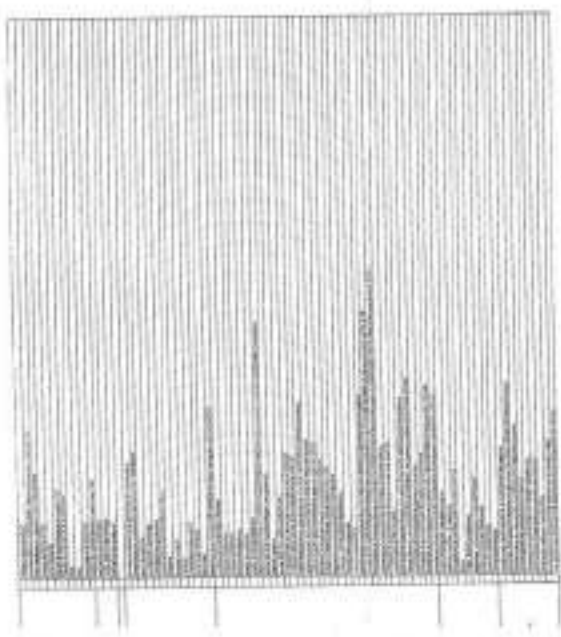
Por favor escriba el título y los nombres de autor completos en mayúscula/minúscula.

14. BIBLIOGRAFIA BÁSICA			
Autor (es)	Título	Editorial	Año
Fabio González B	CD de Electromagnetismo y Física Moderna	U Nacional	2008
1. Alonso Finn	Física. Vol. I y II	Addison-Wesley	1992
2. Sears, Zemansky	Física Universitaria. Vol. I y II	Pearson	2005
3. Serway Raymond.	Física Universitaria sexta edición Vol II	Thomson	2006
4. Holliday, D., Resnick, Krane, K.	Fundamentos de Física. Vol. II	Editorial Continental.	1996
5. B• Gettys, Keller, Skove	Física clásica y moderna.	Ed. Mc Graw Hill.	1988

Introducir las filas que sean necesarias

NOMBRE DEL DIRECTOR			
APROBACIÓN DEL CONSEJO DE FACULTAD (Lo diligencia la Secretaría de Facultad)			
Fecha del Consejo (día/mes/año)		Acta Número	

La Secretaría de Facultad debe remitir el formato vía correo electrónico a la Dirección Académica de la Sede y estas a la Dirección Nacional de Programas Curriculares de Pregrado. La Dirección Académica solicita la asignación del código al SIA y realiza el seguimiento para verificar que se incluya la información en el SIA.



ANÁLISIS DE LA ARTICULACIÓN DEL DISEÑO CURRICULAR DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA, EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE APRENDIZAJE ASOCIADOS A METROLOGÍA	
UNIDAD CURRICULAR	CONTENIDOS
UNIDAD 1: INTRODUCCIÓN A LA METROLOGÍA	1.1. Conceptos básicos de metrología. 1.2. Importancia de la metrología en la industria. 1.3. Normas y estándares de metrología.
UNIDAD 2: MEDICIONES Y MEDIDORES	2.1. Tipos de mediciones y medidores. 2.2. Principios de funcionamiento de los medidores. 2.3. Errores y precisión en las mediciones.
UNIDAD 3: SISTEMAS DE MEDICIÓN	3.1. Tipos de sistemas de medición. 3.2. Principios de funcionamiento de los sistemas de medición. 3.3. Aplicaciones de los sistemas de medición.
UNIDAD 4: INSTRUMENTACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN	4.1. Tipos de instrumentación y automatización. 4.2. Principios de funcionamiento de la instrumentación y automatización. 4.3. Aplicaciones de la instrumentación y automatización.
UNIDAD 5: MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN	5.1. Tipos de mantenimiento y calibración. 5.2. Principios de funcionamiento del mantenimiento y calibración. 5.3. Aplicaciones del mantenimiento y calibración.
UNIDAD 6: CONTROL DE CALIDAD	6.1. Tipos de control de calidad. 6.2. Principios de funcionamiento del control de calidad. 6.3. Aplicaciones del control de calidad.
UNIDAD 7: SEGURIDAD Y SALUD	7.1. Tipos de seguridad y salud. 7.2. Principios de funcionamiento de la seguridad y salud. 7.3. Aplicaciones de la seguridad y salud.
UNIDAD 8: AMBIENTE Y SOSTENIBILIDAD	8.1. Tipos de ambiente y sostenibilidad. 8.2. Principios de funcionamiento del ambiente y sostenibilidad. 8.3. Aplicaciones del ambiente y sostenibilidad.
UNIDAD 9: INNOVACIÓN Y DESARROLLO	9.1. Tipos de innovación y desarrollo. 9.2. Principios de funcionamiento de la innovación y desarrollo. 9.3. Aplicaciones de la innovación y desarrollo.
UNIDAD 10: COMUNICACIÓN Y TRABAJO EN EQUIPO	10.1. Tipos de comunicación y trabajo en equipo. 10.2. Principios de funcionamiento de la comunicación y trabajo en equipo. 10.3. Aplicaciones de la comunicación y trabajo en equipo.

ANEXO 1: LISTA DE MATERIAS CURRICULARES

ANEXO 2: LISTA DE EQUIPOS Y MATERIALES

ANEXO 3: LISTA DE PERSONAL

ANEXO 4: LISTA DE SERVICIOS

ANEXO 5: LISTA DE OTROS RECURSOS

ANEXO 6: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 7: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 8: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 9: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 10: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 11: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 12: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 13: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 14: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 15: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 16: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 17: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 18: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 19: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 20: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 21: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 22: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 23: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 24: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 25: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 26: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 27: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 28: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 29: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 30: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 31: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 32: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 33: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 34: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 35: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 36: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 37: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 38: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 39: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 40: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 41: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 42: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 43: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 44: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 45: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 46: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 47: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 48: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 49: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 50: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 51: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 52: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 53: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 54: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 55: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 56: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 57: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 58: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 59: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 60: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 61: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 62: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 63: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 64: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 65: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 66: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 67: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 68: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 69: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 70: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 71: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 72: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 73: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 74: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 75: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 76: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 77: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 78: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 79: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 80: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 81: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 82: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 83: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 84: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 85: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 86: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 87: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 88: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 89: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 90: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 91: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 92: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 93: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 94: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 95: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 96: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 97: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 98: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 99: LISTA DE OTROS DATOS

ANEXO 100: LISTA DE OTROS DATOS

3. Fundamentos de oscilaciones, ondas y óptica

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Fecha: 2018-05-15
Hora: 10:00
Lugar: Facultad de Física

Nombre del profesor: Diego Alejandro Torres Gaitán Teoría, Práctica, Teoría y práctica.
Nombre de la asignatura: Fundamentos de Oscilaciones Código: _____ Semestre: Libro electivo
La asignatura es: Teórica ☒ Práctica ☐ Teórico-Práctica ☐

Años de experiencia en la asignatura: 6 años
Conoce el término de metrología (Núcleo temático: 1p, 2p, 3p, 4p, 5p, 6p)
no No No Si Si
Error Estadística
Tiempo
Distancia
Velocidad
Acceleración

Cree que en la asignatura involucra conceptos de metrología (Medición)
Si
Si

Cree que en la asignatura evalúa conceptos de metrología (Medición)

Hay otros profesores que imparten esta asignatura: Si / No ☐

Dialoga con otros profesores que imparten la asignatura sobre conceptos en metrología.

RECORDAR-Reconocimiento	☒	☒
Recordando		
ENTENDER-Interpretar	☒	☒
Entendiendo		
Explicar-clasificar		
Resumiendo		
Intuyendo		
Comparando		
Explicando		
APLICAR-Ejecutando	☒	☒
Implementando		
ANALIZAR-Diferenciando	☒	☒
Analizando		
Organizando		
Atribuyendo		
EVALUAR-Comprobando	☒	
Evaluando		
Criticando		
CREAR-Generando	☒	
Planificando		
Produciendo		



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Comentarios:

✓ Qué se mide.

H

Cómo se mide

Fundamentos de Oscilaciones, Ondas y Óptica - Código: 1000020

Diego Alejandro Torres Galindo*

*Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá and**Oficina 348 edificio 104***Resumen**

Physics (from Ancient Greek: *physis*; physics "nature") is a natural science that involves the study of matter and its motion through space-time, along with related concepts such as energy and force. More broadly, it is the general analysis of nature, conducted in order to understand how the universe behaves.

Physics is one of the oldest academic disciplines, perhaps the oldest through its inclusion of astronomy. Over the last two millennia, physics was a part of natural philosophy along with chemistry, certain branches of mathematics, and biology, but during the Scientific Revolution in the 16th century, the natural sciences emerged as unique research programs in their own right. Physics intersects with many interdisciplinary areas of research, such as biophysics and quantum chemistry, and the boundaries of physics are not rigidly defined. New ideas in physics often explain the fundamental mechanisms of other sciences, while opening new avenues of research in areas such as mathematics and philosophy.

Physics also makes significant contributions through advances in new technologies that arise from theoretical breakthroughs. For example, advances in the understanding of electromagnetism or nuclear physics led directly to the development of new products which have dramatically transformed modern-day society, such as television, computers, domestic appliances, and nuclear weapons; advances in thermodynamics led to the development of industrialization; and advances in mechanics inspired the development of calculus.

Source: <http://en.wikipedia.org/wiki/Physics>

*Electronic address: datorresg@unal.edu.co, URL: <http://www.diego-torres.co>

I. INFORMACIÓN GENERAL

Nombre de la asignatura: Fundamentos de Oscilaciones, Ondas y Óptica.

Código de la Asignatura: 1000020.

Unidad académica que ofrece la asignatura: Departamento de Física.

Facultad: Ciencias.

Nivel: pre-grado.

Grupos: 1, 2, 3, 4.

Numero de horas actividad presencial: 6

Numero de créditos: 4

Prerrequisitos: desesble Cálculo Diferencial, calculo integral, fundamentos de mecánica, fundamentos de electricidad y magnetismo.

Porcentaje de asistencia mínimo: 80 %

La asignatura pertenece a la **tipología disciplinar** o profesional.

II. OBJETIVOS

1. Construir modelos físicos para sistemas de osciladores típicos y para la propagación de ondas mecánicas y electromagnéticas.
2. Estudiar los fenómenos oscilatorios o ondulatorios mediante la solución matemática de las ecuaciones de movimiento y el análisis físico de resultados.
3. Familiarización con diversos ejemplos de osciladores y fenómenos ondulatorios como realizaciones concretas que ilustran la amplia aplicabilidad y generalidad de los conceptos.

III. HORARIO

Grupo	Magistral	Taller
1	Lunes y jueves 9:00 a.m. - 11:00 a.m. Edificio 453, Auditorio A.	Martes 9:00 a.m. a 11:00 a.m. Edificio 454, Salón 207 Prof. Diego A. Torres
2		Martes 9:00 a.m. a 11:00 a.m. Edificio 454, Salón 208 Prof. Joel José Velasquez
3		Miércoles 9:00 a.m. a 11:00 a.m. Edificio 405, salón 215 Prof. Diego A. Torres
4		Miércoles 9:00 a.m. a 11:00 a.m. Edificio 454, Salón 208 Prof. Manuel Antonio Cardenas

IV. METODOLOGÍA Y EVALUACIÓN

- En la semana habrá tres sesiones de 2 horas cada una, magistrales los días lunes y jueves, las clases de talleres serán los martes y los miércoles de acuerdo al horario del grupo asociado.
- Se trabajaran un total de 16 semanas.
- La semana del 18 al 24 de Septiembre es Semana universitaria.
- Evaluaciones:
 - Examen de mitad de semestre, 30 %, a realizarse el jueves 14 de septiembre de 2017 durante clase.
 - Examen final, 40 %, a realizarse el jueves 23 de noviembre durante clase.
 - Trabajo de talleres, quizzes y tareas. 40 %.
 - Opcional: Trabajo final en grupo puede reemplazar la nota de 30 % del examen de mitad de semestre.

- La última clase se realizará el día jueves 23 de noviembre de 2017 y el plazo máximo para el ingreso de calificaciones será el viernes 1 de diciembre de 2017.
- Los asistentes de docencia podrán ser contactados a los correos:
 - Mansel Antonio Cardenas, macardenasb@unal.edu.co
 - Joel Jose Velasquez, jivelasquez@unal.edu.co

V. CONTENIDOS

1. Oscilaciones Armónicas.

- a) Introducción a los movimientos periódicos.
- b) Movimiento armónico simple.
 - 1) $x(t) = x_0 \cos(\omega t + \phi)$
 - 2) Frecuencia, periodo, fase y amplitud.
 - 3) Ejemplo 1: masa atada a un resorte.
$$m \ddot{x} + kx = 0$$
 - b' Solución de la ecuación de movimiento.
- c) Vector rotatorio y números complejos. Exponente complejo.
- d) Fase y amplitud.

2. Superposición de movimientos periódicos.

- a) Oscilaciones superpuestas en una dimensión.
- b) Superposición de dos oscilaciones de igual frecuencia.
- c) Superposición de oscilaciones de diferente frecuencia. Pulsaciones.
- d) Superposición de muchas oscilaciones de la misma frecuencia.
- e) Oscilaciones perpendiculares con la misma frecuencia.
- f) Oscilaciones perpendiculares con diferentes frecuencias. Figuras de Lissajous.

3. Las oscilaciones libres de un sistema físico. El oscilador armónico.

- a) El problema básico del sistema masa-resorte o de un oscilador armónico libre:
 - 1) Teorema de pequeñas oscilaciones.
 - 2) Ecuaciones de movimiento.
 - 3) Solución analítica.
 - 4) Solución utilizando exponente complejos.
- b) Algunos ejemplos:
 - 1) Elasticidad y módulo de Young.
 - 2) El péndulo.
 - 3) El péndulo físico.
 - 4) El péndulo de torsión.
 - 5) Oscilaciones de resortes con masa.
- c) Oscilador amortiguado libre:
 - 1) Decaimiento de la energía.
 - 2) Factor de calidad (Q).
 - 3) Amortiguamiento crítico.
- 4. Oscilador amortiguado y/o forzado:
 - a) Oscilador forzado sin amortiguamiento, resonancia.
 - 1) El método de la exponencial compleja para las oscilaciones forzadas.
 - b) Oscilaciones forzadas con amortiguamiento.
 - 1) Término resistivo y factor de calidad.
 - c) Fenómenos transientes.
 - d) Potencia absorbida por un oscilador acoplado a una fuerza externa.
 - e) Ejemplos de resonancias:
 - 1) Resonancia eléctrica.
 - 2) Resonancia óptica.
 - 3) Resonancia nuclear.

- 4) Resonancia magnética nuclear.
 - f) Osciladores no armónicos.
5. Osciladores acoplados y modos normales.
- a) Modos normales de oscilación para dos osciladores acoplados, pulsaciones, problema de valores y vectores propios.
 - b) Sistema de dos osciladores acoplados forzados y amortiguados. Resonancias.
 - c) Caso general para N osciladores acoplados: Diagonalización de las ecuaciones de movimiento (valores y vectores propios).
 - d) Superposición de movimiento y figuras de Lissajous.
6. La Ecuación de Onda Clásica
- a) Ecuación de onda para N osciladores, límite continuo, Condiciones de Frontera, soluciones de Dirichlet (modos normales) y de D Álembert (pulsos). Ecuación de Klein-Gordon.
 - b) Ondas viajeras, impedancias, reflexión y transmisión, transporte de energía y momento. Respuesta de redes lineales amortiguadas y forzadas.
 - c) Ejemplos 1D: la cuerda, la columna de aire, la línea de transmisión,
 - d) Ejemplos 2D: Membranas y modos normales.
 - e) Ejemplos 3D: Ondas electromagnéticas en el vacío
7. Fenómenos adicionales en la ecuación de onda
- a) Absorción: Coeficiente de absorción. Ejemplos en óptica y en acústica.
 - b) Análisis de Fourier: Serie y transformada de Fourier, pulsos y paquetes de onda.
 - c) Dispersión: Relaciones de dispersión, velocidades de fase y de grupo, dispersión de un paquete gaussiano, relaciones de incertidumbre
 - d) Efecto Doppler: Definición y ejemplos: velocidad de un carro, velocidad de rotación de Mercurio o similares.

- e) Solitones: No linealidad, olas rompientes, dispersión y no linealidad, ecuación KdV o Sine-Gordon, Solitones KdV en ondas de superficie.

8. Reflexión y Refracción

- a) Principio de Huygens. Interfaz plana entre dos medios. Leyes de reflexión (Snell) y refracción. Principio de Fermat.
- b) Ejemplos de aplicación: Frentes de ondas en lentes y espejos (ideales). Introducción a la óptica geométrica

9. Interferencia

- a) Expresión analítica de frentes de onda planos, esféricos y cilíndricos.
- b) Superposición de dos ondas
- c) Interferómetro de doble rendija de Young

10. Difracción

- a) Integral de difracción de Huygens-Fresnel, zonas de Fresnel, puntos de Poisson

VI. PROGRAMACIÓN DE EXÁMENES

Primer examen: Jueves 14 de septiembre de 2017.

Segundo examen: Jueves 23 de noviembre de 2017.

VII. DÍAS DE ATENCIÓN Y CONTACTO

- Oficina 348, del edificio 404 (Edificio viejo de Matemáticas y Física).
 - Martes y miércoles de 7:30 a.m. a 9:00 a.m.
 - Fuera de este horario se debe concertar una cita al correo electrónico `datorresg@unal.edu.co`
- Correo electrónico: `datorresg@unal.edu.co`

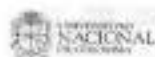
- Teléfono: 3165000 extensión: 13031.
- Página web: <http://www.diego-torres.co>

VIII. OBSERVACIONES FINALES

- Quince (15) minutos después de comenzar la clase no se permitirá el ingreso a ningún estudiante.
- Los teléfonos celulares deben ser apagados durante la clase. *Si un teléfono suena durante la clase se hará un quiz.*
- Eventos causados por parte de alumnos, que interrumpen el buen desarrollo de la clase, serán considerados como actos de irrespeto y serán tratados con el mayor de los rigores.
- El resultado de las calificaciones se dará a conocer como máximo 10 días hábiles después de realizada la prueba (Artículo 33 del acuerdo 008 de 2008 del CSU Estatuto Estudiantil en sus Disposiciones Académicas).
- Sin perjuicio de lo que se resuelva en la correspondiente investigación disciplinaria, el fraude en actividades, trabajos y evaluaciones académicos se sancionará con la asignación de la nota cero punto cero (0.0) en la respectiva evaluación, trabajo o prueba (Artículo 27 del acuerdo 044 de 2009 del CSU Estatuto Estudiantil en sus Disposiciones de Bienestar y Convivencia). *No habrá ningún tipo de tolerancia con cualquier tipo de fraude. Si se descubre fraude durante la realización de un examen la prueba se anulará de inmediato, y el incidente será reportado, sin demora, por escrito a la coordinación académica del respectivo departamento de los alumnos involucrados.*
- Preparar las clases, preguntar, y repasar lo visto en clase es fundamental para un buen desempeño académico.
- En caso de pérdidas de examen por situaciones extraordinarias, la nueva fecha del examen se determinará por consenso entre el profesor y los alumnos participantes.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- [1] A.P. French, Vibrations and waves, W.W. Norton & Company (1971).
- [2] D. Klepner and R. Kolenkow, An Introductio to Mechanics, Cambridge University Press 2010, 5th printing 2012.
- [3] Ademar Gilberto Grohes, Mecânica Vibratória, Segunda Edição, editora Unisinos, 2005.
- [4] Marcos Moshinsky, The harmonic oscillator in modern physics: From atoms to quarks, Publisher: Gordon and Breach (1969).



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
VICERRECTORÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN NACIONAL DE PROGRAMAS DE PRECATORIO

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

11. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA

A través de esta información se presenta una idea general del contenido del curso mediante el enunciado de resultados del aprendizaje, objetivos, metodología general (hasta 12 renglones, máximo 1500 caracteres).

OBJETIVOS

Generales

- Familiarizar al estudiante con los fenómenos ondulatorios.
- Construir un campo teórico-coherente que permita explicar los fenómenos ópticos.
- Analizar los fundamentos del movimiento oscilatorio.
- Generalizar el comportamiento de las ondas mecánicas.
- Mostrar el comportamiento de las ondas electromagnéticas.
- Desarrollar los dos modelos clásicos de la luz: teoría de rayos y teoría ondulatoria.

METODOLOGÍA Y EVALUACIÓN

En la asignatura habrá tres sesiones de 2 o 3 horas. Una sesión correspondiente a una prueba de laboratorio, las otras dos correspondientes a clases magistrales. Se realizará cuatro parciales de 20 % cada uno; la actividad realizada en el laboratorio tendrá un valor del 20%.

12. CONTENIDO

12.1. CONTENIDO BÁSICO

Inicio a partir del cual se construirá, a través de los temas principales, el contenido de la asignatura.

1. Ondas mecánicas (3 semanas)

12.2. CONTENIDO DETALLADO

Desarrollo del contenido de la asignatura especificando todo el contenido de la asignatura.

1.1. Generalidades del movimiento oscilatorio (M.O.)

1.2. Dinámica del M.O.

1.3. Péndulo y péndulo simple

1.4. Superposición de dos M.O.

1.5. El oscilador amortiguado

1.6. El oscilador forzado y la resonancia

1.7. Las oscilaciones eléctricas

2. Ondas mecánicas (7 semanas)

2.1. Generalidades del movimiento ondulatorio (onda viajera)

2.2. Dinámica del movimiento ondulatorio (onda viajera)

2.3. Energía en el movimiento ondulatorio (onda viajera)

2.4. Ondas en cuerdas, sillas, columnas de aire, barras

2.5. El sonido

2.6. Reflexión y transmisión de ondas

2.7. Ondas estacionarias: interferencia y energía

3. Ondas electromagnéticas (3 semanas)

3.1. Las ecuaciones de Maxwell en el vacío

3.2. Descripción de una onda electromagnética armónica plana

3.3. El espectro electromagnético

3.4. Teoría cuántica de la luz (fotones)

4. Óptica Geométrica (2 semanas)

4.1. Leyes de reflexión y refracción

4.2. Superficies reflectoras

4.3. Superficies refractoras

4.4. Lentes

5. Óptica Ondulatoria (3 semanas)

5.1. Interferencia de la luz: Young y películas delgadas

5.2. Difracción del Coherente de la luz: una y dos rendijas

5.3. Resolución óptica

5.4. Polarización de la luz. Descripción matemática

5.5. Polarización de la luz. Métodos para polarizar

Los temas contenidos son de obligatorio

seguir los bloques que sean necesarios

13. OBSERVACIONES

Incluir los comentarios adicionales relacionados con la asignatura, reportados de los docentes en su experiencia y no incluidos en este formato. Por ejemplo, debilidades específicas.

Los temas magistrales están apoyados con supermarcas de laboratorio.


UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
VICERRECTORÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN NACIONAL DE PROGRAMAS DE PREGRADO
PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

Se debe diligenciar en físico y digitalizar en PDF. No se debe imprimir en formato A4.

14. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:			
Autor (es)	Título	Editorial	Año
1. Alonso Fari	Física	Jardines-Morales	1999
2. Jorge W.	Dedus y Óptica		1997
3. Paula E.	Óptica	Autismos-álgebra	1998
4. Sandoz y Joseph	Física I y II	Trinquel	2004

Incluir las citas que sean necesarias

NOMBRE DEL DIRECTOR

APROBACIÓN DEL CONSEJO DE FACULTAD (La dirige la Secretaría de Facultad)

Presidencia del Consejo (Firma)		Acta de Consejo	

El Secretario de Facultad debe remitir el formato en formato electrónico a la Dirección Académica de la Sede y remitir a la Dirección Nacional de Programas de Pregrado. La Dirección Académica califica la asignación del código de SIS y remite al registraduría para verificar que se incluye la información en el SIS.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
VICERRECTORÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN NACIONAL DE PROGRAMAS DE PREGRADO

FICHA DE ASIGNATURAS DE PREGRADO

Por favor diligencie solamente las celdas en azul claro. Escriba el nombre completo de la asignatura en mayúsculas.

Progra. SELECTA: Día: Mes: Año:

1. ENTRENADORES DE LA ASIGNATURA

1.1 CODIGO ASIGNATURA	Asignada por el Sistema de Informacion Académica
1.2 NOMBRE DE LA ASIGNATURA	Teoría, Estadística, Probabilidad y Óptica
1.3 UNIDAD ACADÉMICA BÁSICA QUE OFERTE LA ASIGNATURA	
1.4 FACULTAD	
1.5 SEMESTRE	
1.6 NOMBRE	PREGRADO

CONEXIONES USABLES:

MAP: Mapa de Actividades Previstas a lo largo o totalidad del año
 MAP: Mapa de Actividades Adversas o independientes a lo largo
 TME: Total Horas de actividad académica por Semestre
 Semestre: Número de semanas por período académico (o semestre)
 MAP: Total Horas por Período académico = TME x Semestre
 Conexión: Número de créditos por asignatura = MAP / 40

2. CRÉDITOS Por favor diligencie las celdas en azul

A LA SEMANA			AL SEMESTRE		CRÉDITOS
MAP	MAP	TME x SEM	No. de Semanas	TME	No. de Créditos
8	8	12	15	120	3

3. VALORES MONETARIOS

Moneda \$ o M\$	
Asignatura valorada	\$0
Asignatura valorada	\$0

4. TIPO DE CALIFICACIÓN Según sea una "X"

Número de 1 a 5	Calificación	Asignatura aprobada (A)	No aprobada (NA, Faltante, PD)
1	1		

5. PORCENTAJE DE ASISTENCIA

%	60	Total de horas presenciales de la asignatura MAP x Semestre	60	Mínimo de horas	77

6. PREREQUISITOS – CORRESPONDENCIA DE LA ASIGNATURA Moneda sea una "X"

La asignatura tiene prerrequisitos	X	La asignatura tiene correspondencia

6.1. Llave por asignatura Cada una de las asignaturas de las asignaturas prerrequisito o correspondencia, tiene la clave asignada como sea necesario

Prerrequisito	Clave	Clave	Clave
Prerrequisito	Prerrequisito	Prerrequisito	Prerrequisito
Correspondencia	Correspondencia	Correspondencia	Correspondencia

Por favor diligencie solamente las celdas en azul claro. Escriba el nombre completo de la asignatura en mayúsculas.

7. FORMACIÓN DE LIBROS DE CALIFICACIÓN Según sea una "X"

Control de Calificación	Control de Calificación	Control de Calificación
Control de Calificación	Control de Calificación	Control de Calificación



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
VICERRECTORÍA ACADÉMICA
DIRECCIÓN NACIONAL DE PROGRAMAS DE PREGRADO

B. LÍNEA DE PROFUNDIZACIÓN. Liste por sistema cada una de las asignaturas que conformen la línea. Anote dentro de cada una de las asignaturas el código de la línea.		
NOMBRE DE LA LÍNEA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA	CÓDIGO

La tipología es una clasificación de la asignatura que se establece cuando la asignatura se asocia a un plan de estudios (excepto para la asignatura de la componente de libre elección).

Si la asignatura es de la componente de fundamentación escrita (Tipología de fundamentación), y si es del componente profesionalización escrita (Tipología de fundamentación), y si es del componente profesionalización escrita (Tipología de fundamentación).

B. PLANES DE ESTUDIO A LOS QUE SE ASOCIARÁ LA ASIGNATURA	Componente (Escritura o Oral)
Ingeniería Agrícola	Escritura
Ingeniería Agronómica	Escritura
Ingeniería Civil	Escritura
Ingeniería de Sistemas	Escritura
Ingeniería Electrónica	Escritura
Ingeniería Geotécnica	Escritura
Ingeniería Industrial	Escritura
Ingeniería Mecánica	Escritura
Ingeniería Metalúrgica	Escritura
Ingeniería Química	Escritura
Ingeniería Agroindustrial	Escritura
Ingeniería Ambiental	Escritura
Ing. Administrativa	Escritura
Ing. Biomédica	Escritura
Ing. de Control	Escritura
Ing. de Alimentos y Nutrición	Escritura
Ing. en Petróleo	Escritura
Ing. de Sistemas e Informática	Escritura
Ing. Física	Escritura
Ing. Geológica	Escritura

Si la asignatura forma parte de alguna asignatura incluida en el plan de estudio diligencie el cuadro siguiente. En caso contrario deje en blanco.

C. PLAN DE ESTUDIO. Liste las asignaturas que conformen el grupo. En la última columna anote el código de la asignatura.		
ASIGNATURAS DEL GRUPO		
Asignatura del grupo		
Asignatura del grupo		
Asignatura del grupo		
Asignatura del grupo		

NOMBRE DEL GRUPO		
Asignatura del grupo		
Asignatura del grupo		
Asignatura del grupo		
Asignatura del grupo		

Nombre de la asignatura del grupo: _____

4. Electrónica de potencia



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Fecha	2018-03-14
Hora	7:30
Lugar	

Nombre del profesor: Licovany Alencar Riquelme Teoría: ☒ Práctica: ☐ Teoría y práctica: ☐

Nombre de la asignatura: Electrónica de Potencia Código: Semestre: 6

La asignatura es: Teórica: ☐ Práctica: ☐ Teórico-Práctica: ☐

Años de experiencia en la asignatura: 17 años

Conoce el término de metrología (Núcleo temático: 1c, 2c, 3c, 4c, 5c, 6c) Analizo

Multímetro - DMM Osciloscopio Simulador Análisis de potencia Errores IC PL

Errores en la medida En el pirul Manejo de ondas Errores de lectura Errores de cálculo

Manejo de ondas de osciloscopio Control de potencia de los equipos

Cree que en la asignatura involucra conceptos de metrología (Medición)

Fundamentación ya lo debe tener Conceptos de potencia de potencia Errores de potencia

Por parte de los conceptos

Cree que en la asignatura evalúa conceptos de metrología (Medición)

Evalúan bien grupo pequeño Errores y sus unidades

RECORDAR-Reconocimiento	☒
RECORDAR-Recordando	☐
ENTENDER-Interpretar	☒
ENTENDER-Ejemplificar clasificar	☐
ENTENDER-Resumiendo	☐
ENTENDER-Inferendo	☐
ENTENDER-Comparando	☐
ENTENDER-Explicando	☐
APLICAR-Ejecutando	☒
APLICAR-Implementando	☐
ANALIZAR-Diferenciando	☒
ANALIZAR-Organizando	☐
ANALIZAR-Atribuyendo	☐
EVALUAR-Comprobación	☒
EVALUAR-Criticando	☐
CREAR-Generando	☐
CREAR-Planificando	☐
CREAR-Produciendo	☐

Hay otros profesores que imparten esta asignatura: Si/ No Si

Recuerdo 1998

Gracias por la información

Dialoga con otros profesores que imparten la asignatura sobre conceptos en metrología.

Conceptos finales y conceptos Errores Algunos Errores Errores



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Comentarios:

Finaliza la línea de Electrónica: analógica

✶ Salazarre

Alejandro la Torre Correa

Electrónica de
Potencia.

✶ Visa Zar

Ricardo Isaza Ruget

Gabriel Perilla Galindo

aperillag



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

9. CONTENIDOS BÁSICOS
1. Introducción general y aplicaciones.
2. Introducción al modelado y análisis de circuitos de potencia.
2.1. Circuitos R,L,C.
2.2. Aplicaciones con diodos.
2.3. Cálculo de valor RMS.
2.4. Potencia, factor de potencia.
2.5. Distorsión armónica.
2.6. Generalidades.
3. Dispositivos semiconductores para manejo de potencia.
3.1. Características de encendido y apagado.
3.2. Diodo semiconductor de potencia.
3.3. Tiristores.
3.4. Transistor de potencia BJT.
3.5. Transistor de potencia MOSFET.
3.6. Transistor bipolar de conmutación aislado IGBT.
3.7. Tiristor de apagado por conmutación GTO.
4. Rectificadores.
4.1. Rectificadores no controlados.
4.1.1. Rectificador monofásico.
4.1.2. Rectificadores trifásicos.
4.2. Rectificadores controlados.
4.2.1. Rectificador monofásico.
4.2.2. Rectificadores trifásicos.
4.3. Rectificadores en puente y rectificadores semi-controlados.
4.4. Rectificadores controlados.
5. Reguladores AC, basados en tiristores.
5.1. Monofásicos.
5.2. Trifásicos.
6. Convertidores convertidos CC-CC.
6.1. No aislados.
6.1.1. Topologías básicas.
6.1.1.1. Reductor.
6.1.1.2. Elevador.
6.1.1.3. Reductor-elevador.
6.1.2. Convertidores multi-etapa.
6.1.2.1. Reductor.
6.1.2.2. Elevador.
6.1.2.3. Reductor-elevador.
6.2. Aislados.
6.2.1. Flyback.
6.2.2. Forward.
6.2.3. Doble finalización Forward.
6.2.4. Push-Pull.
6.2.5. Puente completo.
6.2.6. Medio puente.
6.2.7. Alimentado en corriente.
6.2.8. Salidas múltiples.



7. Conversiones (C-AC: 7.1. Inversor monofásico de medio puente. 7.2. Inversor monofásico de puente completo. 7.3. Inversor trifásico. 7.4. Inversor PWM y S-PWM. 7.5. Filtro de salida LC.

10. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA			
AUTOR (ES)	TÍTULO	EDITORIAL - PAÍS	AÑO

11. NOMBRE DEL DIRECTOR DE ÁREA CURRICULAR			
12. APROBACIÓN DEL CONSEJO DE FACULTAD			
Firma del Consejo (Día/mes/año)		Acta Número	

Firmado diligenciado por: Ricardo Isaza

Nota: Si tiene algún problema al diligenciar el formato, comuníquese con la Dirección Académica de la Sede.

La Secretaría Académica debe remitir este formato completamente diligenciado a la Dirección Académica de la Sede respectiva vía correo electrónico para que se incluya en el sistema de información.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Facultad de Ingeniería

FORMATO DE PROGRAMA - ASIGNATURA DE PREGRADO

(Estimado profesor: tenga presente que este formato aprobado por el Consejo de Facultad constituye el programa asignatura y es un documento oficial de la Universidad. La información que introduzca se publicará en el portal UAMI-SIA para información de los estudiantes y la comunidad académica en general. La sincronización automáticamente diligenciará el formato con el mayor espacio posible. Para su diligenciamiento encontrará orientaciones en los campos que muestran un triángulo rojo en su esquina superior derecha.)

Día Mes Año	
FECHA DE DILIGENCIAMIENTO: 8 febrero 2020	

PARA CREACIÓN DE UNA ASIGNATURA ☐ PARA ACTUALIZACIÓN DEL PROGRAMA ASIGNATURA ☒

1. IDENTIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA

1.1. CÓDIGO DE LA ASIGNATURA (sólo para casos de ACTUALIZACIÓN)	2016R97
1.2. NOMBRE DE LA ASIGNATURA	Electrónica de Potencia
1.3. SEDE	Bogotá
1.4. FACULTAD	Ingeniería - Bogotá
1.5. UNIDAD QUE OFRECE LA ASIGNATURA	DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

2. DURACIÓN

A LA SEMANA			AL SEMESTRE		CREDITOS
HAP	HAI	TIPS+HAP+HAI	No. de semanas	HAP+TIPS+semanas	No. de Créditos
6	6	12	16	152	4

3. VALIDABLE

Asignatura validable	☐
Asignatura NO validable	☒

4. PORCENTAJE DE ASISTENCIA

90	%	Total de horas presenciales al semestre HAP x Semanas	66	Mínimo de horas presenciales	66

5. REQUISITOS DE LA ASIGNATURA

CÓDIGO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA	TIPO DE REQUISITO
2016R90	Circuitos Eléctricos II	Prerrequisito
2016R95	Electrónica Analógica I	Prerrequisito



5. PLANES DE ESTUDIO A LOS QUE SE ASOCIA LA ASIGNATURA (Si la asignatura es de LIBRE ELECCIÓN pase al punto 7)				
CÓDIGO	NOMBRE DEL PLAN DE ESTUDIOS	COMPONENTE	AGRUPACIÓN	OBLIGATORIA/OPTATIVA
2545	Ingeniería Electrónica -Bogotá	Disciplina	Electrónica Analógica	Obligatoria

7. ASIGNATURA DE LIBRE ELECCIÓN	Si ☐	No ☒

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

8. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA
OBJETIVO GENERAL Facilitar la comprensión de fundamentos teóricos y prácticos sobre diodos, Transistores, transistores de potencia, y sus aplicaciones en la conversión de energía eléctrica, tales como: rectificadores, reguladores AC, convertidores DC a DC e inversores. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 1. Comprender los principios de diseño y operación de diodos y transistores en rectificadores monofásicos y trifásicos, no controlados, semi-controlados y controlados. 2. Comprender los principios de diseño y operación de diodos y transistores en reguladores AC monofásicos y trifásicos, de control unidireccional y de control bidireccional. 3. Entender los principios de funcionamiento del transistor bipolar y de los transistores de efecto de campo, en convertidores casmatados DC/DC, aislados y no aislados. 4. Entender los principios de funcionamiento y técnicas de modulación del transistor bipolar y de los transistores de efecto de campo, en convertidores DC/AC, monofásicos y trifásicos. 5. Desarrollar habilidades en la conversión de energía eléctrica mediante prácticas de laboratorio con dispositivos semiconductor y elementos pasivos. 6. Desarrollar capacidades de búsqueda, comprensión y uso de información técnica, en el idioma inglés, relacionadas con la temática de la materia y respetar las especificaciones dadas en las hojas de datos de dispositivos semiconductores y elementos pasivos.

5. Control

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Fecha	2018-05-10
Hora	07:30
Lugar	

Nombre del profesor: Leonardo Enrique Páez Teoría: ☒ Práctica: ☒ Teoría y práctica: ☒

Nombre de la asignatura: Control Código: _____ Semestre: VII

La asignatura es: Teórica: ☒ Práctica: ☒ Teórico-Práctica: ☒

Años de experiencia en la asignatura: 9 años más 4 años de experiencia

Conoce el término de metrología (Núcleo temático: 1a. 2a. 3a. 4a. 5a.)
 No ☒ Sí ☒ No ☒ No ☒ No ☒

Dinámico
Sensores
Tensión
Posición
Ángulos
Celeridad

Dependencia del objetivo

Cree que en la asignatura involucra conceptos de metrología (Medición)
Presencia
Sistema

Cree que en la asignatura evalúa conceptos de metrología (Medición)
efecto combinado
Calidad
Teste

Hay otros profesores que imparten esta asignatura: Sí/ No ☒

Dialoga con otros profesores que imparten la asignatura sobre conceptos en metrología.
Sensores Control
No

RECORDAR- Reconociendo		
RECORDAR- Recordando		
ENTENDER- Interpretar		☒
ENTENDER- Explicar/clarificar		☒
ENTENDER- Resumiendo		☒
ENTENDER- Inferiendo		☒
ENTENDER- Comparando		☒
ENTENDER- Explicando		☒
APLICAR- Ejecutando	☒	☒
APLICAR- Implementando	☒	☒
ANALIZAR- Diferenciando		
ANALIZAR- Organizando		
ANALIZAR- Atribuyendo		
EVALUAR- Comprobación		
EVALUAR- Criticando		
CREAR- Generando		
CREAR- Planificando		
CREAR- Produciendo		



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Comentarios:

Cada profe lo organiza.

BUSCADOR DE ASIGNATURAS Y CURSOS

Asignatura:

INFORMACIÓN DE LA ASIGNATURA

Código: 2016493

Nombre: Control

Créditos de la asignatura para planes reformados: 4

Descripción:

OBJETIVO: Capacitar a los estudiantes para comprender los efectos de la realimentación. Analizar la capacidad para analizar las alternativas de configuración de un sistema de control automático y evaluar el efecto de la selección de elementos y parámetros.

Contenido:

1. El problema de control
 - 1-1 1.1. Introducción. Perspectiva histórica. Sistemas en lazo abierto. Sistemas en lazo cerrado. Elementos de un sistema de control.
 - 1-2 1.2. Perturbaciones e incertidumbres. Efectos fundamentales de la realimentación sobre las perturbaciones e incertidumbres. Ejemplo de un sistema de control y de un sistema de guía automática.
 - 1-3 1.3. Función de los controladores analógicos y digitales (LT). Propiedades de los controladores LT (estabilidad interna y buen planteamiento).
2. Análisis de sistemas realimentados en el dominio de la frecuencia
 - 2-1 2.1. Respuesta de la respuesta en frecuencia. Criterio de estabilidad de Nyquist. Semanas Nyquist. Locus y condiciones de estabilidad.
 - 2-2 2.2. Efectos de la realimentación a funciones de sensibilidad. Criterio de margen de robustez en sistemas lineales realimentados continuos (margen de fase, margen de ganancia, PM, PM) y en sistemas realimentados discretos.
3. Limitaciones de la realimentación y síntesis de controladores en el dominio de la frecuencia
 - 3-1 3.1. Efectos elementales de compensación (adelanto, retraso). Integración de fase. Características dadas a priori, corrección, saturación del actuador y sensores.
 - 3-2 3.2. Controladores de lazo realimentado en el dominio de la frecuencia por aproximación de la realimentación. Introducción al control robusto H_∞.
 - 3-3 3.3. Introducción de controladores analógicos a digitales y elección del tiempo de muestreo para sistemas de control.
4. Diseño de controladores por métodos
 - 4-1 4.1. Métodos de diseño en el dominio de la frecuencia para robustez. Diseño de controladores optimizados para sistemas continuos.
 - 4-2 4.2. Realización computacional de controladores digitales, polinomiales discretos.
5. Diseño de controladores en variables de estado
 - 5-1 5.1. Controlabilidad. Utilización del polo en el espacio de estados. Controlador LQR.
 - 5-2 5.2. Observabilidad y diseño en observadores. Filtro de Kalman. Controladores en variables de estado de los parámetros.
 - 5-3 5.3. Análisis de sistemas mediante el método de la función de transferencia. Diseño de controladores por variables de estado para sistemas discretos. Realización computacional de controladores por variables de estado con observadores.
6. Control PID
 - 6-1 6.1. Importancia del PID en el control de procesos. Reglas clásicas de ajuste de PID para procesos. Regiones de estabilidad en un PID.
 - 6-2 6.2. Importancia de la acción derivativa. Estructuras de un PID PID proporcional y derivativo de la derivada. Métodos de ajuste.
 - 6-3 6.3. Métodos robustos de ajuste de PID. Implementación analógica y digital de PID.
7. Panorámica de métodos avanzados de control
 - 7-1 7.1. Control inteligente (difuso y robótico), Control adaptativo, Control predictivo, Control de flujo.

Ude Bogotá

Jueves, 30/07/2015

C.A.

Firmado del
año 2017

6. Electrónica analógica I


UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Fecha	2018-05-24
Hora	11:00
Lugar	Edificio 401-203

Nombre del profesor: Gloria Margarita Vasco Duran Teoría ☒ Práctica ☒ Teoría y práctica ☐

Nombre de la asignatura: Electrónica Analógica I Código: _____ Semestre XV ~

La asignatura es: Teórico, Práctico, Técnico -Práctico ☒

Años de experiencia en la asignatura: 7 Continuos y 1 semestral

Conoce el término de metrología (Núcleo temático: 1a, 2a, 3a, 4a, 5a.)

1a	2a	3a	4a	5a
NO	NO	NO	NO	NO

teoría
si solo
aplicación

Cree que en la asignatura involucra conceptos de metrología (Medición)

si *si solo*
aplicación *si solo*
aplicación

Cree que en la asignatura evalúa conceptos de metrología (Medición)

si solo
si solo

RECORDAR- Reconociendo Recordando	☒	☐
ENTENDER- Interpretar Ejemplificar clasificar Resumiendo Infiriendo Comparando Explicando	☒	☐
APLICAR- Aplicando Implementando	☒	☐
ANALIZAR- Diferenciando Organizando Atribuyendo	☐	☐
EVALUAR- Comprobando Criticando	☐	☐
CREAR- Generando Planificando Produciendo	☐	☐

Hay otros profesores que imparten esta asignatura: Si No ☐

Teoría *no práctica*
Práctica *errores*

Dialoga con otros profesores que imparten la asignatura sobre conceptos en metrología.

si solo *No*
aplicación *si solo*
si solo *si solo*
si solo *si solo*
si solo *si solo*



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Comentarios:

Referencias

Puente de diodos

Entrada y salida

Calculadoras de despejes



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Fecha	2018-05-21
Hora	14:30
Lugar	Colegio Técnico S.R. Bogotá

Nombre del profesor: Julian David Valbuena Góngora Teoría, Práctica, Teoría y práctica.
 Nombre de la asignatura: Electrónica Analógica I Código: _____ Semestre IV
 La asignatura es: Teórico, Práctico, Teórico-Práctico IV

Años de experiencia en la asignatura: 1 año 2 Semestres

Conoce el término de metrología (Núcleo temático: 1a, 2a, 3a, 4a, 5a.)

NO NO NO NO NO

3 Guías mediciones
 Voltaje
 Corriente
 Resistencia
 Frecuencia

Resistencia final

Cree que en la asignatura involucra conceptos de metrología (Medición)

Si

Cree que en la asignatura evalúa conceptos de metrología (Medición)

No

Hay otros profesores que imparten esta asignatura: Si X No o

Dialoga con otros profesores que imparten la asignatura sobre conceptos en metrología.

No

RECORDAR- Reconociendo Reconociendo	X	o
ENTENDER- Interpretar Simplificar clasificar Resumiendo Infiriendo Comparando Explicando	X	+
APLICAR- Ejecutando Implementando	X	
ANALIZAR- Diferenciando Organizando Atribuyendo	X	o
EVALUAR- Comprobando Criticando		
CREAR- Generando Planificando Produciendo	X	



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Comentarios:

Solamente una vez

Valor preciso

Valor Exacto.



9. CONTRIBUCIONES BÁSICAS

1. Introducción a la electrónica analógica.
- 1.1. Circuitos analógicos y sistemas digitales.
- 1.2. Introducción a las aplicaciones de los diodos y triacostores.
- 1.3. El diodo semiconductor.
- 1.3.1. El diodo en serie.
- 1.3.2. El diodo semiconductor, aplicaciones del diodo.
- 1.3.3. El diodo semiconductor en serie con un capacitor.
- 1.3.4. Modelos circuitales del diodo semiconductor y modelo híbrido.
- 1.3.5. El diodo semiconductor en serie con un capacitor.
- 1.3.6. Permutación de diodos, aplicaciones de diodos en serie y diodos.
- 1.3.7. Aplicaciones: rectificadores, reguladores, rectificadores.
- 1.3.8. Otros tipos de diodos: Zener, IED, Infrarrojo, Laser, Schottky.
- 1.3.9. Aplicaciones de diodos con amplificadores operacionales.
- 1.3.10. Introducción a la teoría de amplificadores operacionales.

2. Circuitos Amplificadores Operacionales

2. Fundamentos del Efecto de Campo (FET).
- 2.1. Principios de funcionamiento del MOSFET de canal n.
- 2.2. Modelos de operación del MOSFET y aplicaciones.
- 2.3. Circuitos de polarización del MOSFET.
- 2.4. Fuentes de corriente con MOSFETs.
- 2.5. Amplificadores de pequeña señal: modelos equivalentes.
- 2.6. Amplificadores con MOSFETs.
- 2.7. Operación en modo común, circuitos de salida.
- 2.8. Amplificadores de salida (OTA).
3. Fundamentos de Transistores Bipolares (BJT).
- 3.1. Principios de funcionamiento del BJT.
- 3.2. Modelos de operación del BJT y aplicaciones.
- 3.3. Polarización, carga de carga y punto de trabajo del BJT.
- 3.4. Circuitos de polarización del BJT.
- 3.5. Fuentes de corriente con el BJT.
- 3.6. Modelos de pequeña señal: modelos equivalentes.
- 3.7. Amplificadores con BJT.
- 3.8. Operación en saturación y corte con el BJT.

10. BRADERNINŨ BAZA			
AUTOR(ES)	TÍTULO	EDITORIAL - PAÍS	AÑO
Arino, A. y Serrín, M.	Matemáticas para Ingenieros	Reial Editorial, París	1989
Boussard, R. y Nockoldy, J.	Electrónica: Teoría de Circuitos	Roman Education	1987
Barren, C. y Barren, M. y Fargerson, G.	Introducción a la Electrónica: Circuitos y Instalación	Prentice Hall	2000
Narain, Ganga B.	Microelectronic Circuit Analysis and Design	WILEY-INTERSCIENCE	1993

11. NOMBRE DEL DIRECTOR DE ÁREA CLIMATOLÓGICA			
12. APROBACIÓN DEL CONSEJO DE ANCLUBAD			
Fecha del Consejo (dd/mm/aaaa)		Fecha Revisión	

[illegible]

Notes: 1) Error values are coefficients of determination of the model; 2) Error values are coefficients of determination of the model.

La Facultad Académica debe emitir este Decreto supleniendo lo dispuesto a la Facultad Académica de la sede objetiva, en casos específicos a fin que se incluya en el sistema de información.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN
FACULTAD DE INGENIERÍA

6. PLANES DE ESTUDIO A LOS QUE SE ASOCIA LA ASIGNATURA (Si la asignatura es de libre elección pasar al punto 7)

CÓDIGO	NOMBRE DEL PLAN DE ESTUDIOS	COMPONENTE	ASIGNATURA	GRUPOS/ASIGNATURAS
25A	Ingeniería Electrónica - Argentino	Electrónica	Electrónica Analógica	Obligatorio
25B	Ingeniería Electrónica - Argentino	Electrónica	Electrónica Analógica	Obligatorio
25E	Ingeniería Electrónica - Argentino	Electrónica	Electrónica Analógica	Obligatorio

7. ASIGNATURA DE LIBRE ELECCIÓN

Si ☐ No ☒

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

8. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA

Objetivos de Aprendizaje:

El estudiante fundamentará teóricamente y practicará sobre circuitos electrónicos lineales, no lineales, BT, microondas, RF y su implementación en aplicaciones que funcionen en aplicaciones de electrónica analógica y digital.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Comprender los principios de funcionamiento del diodo y sus aplicaciones en circuitos de C.C. y A.C. Automáticamente fundamentará los otros tipos de diodos.
2. Entender los principios de funcionamiento de los transistores BJT y FET, diferenciar los distintos modos de operación y emplear los mismos en aplicaciones de electrónica lineal y como amplificadores de potencia.
3. Analizar y utilizar circuitos de potencia lineales, transistores y amplificadores operacionales.
4. Determinar la fiabilidad en el manejo de señales analógicas a la luz de los efectos de la interferencia, ruido, temperatura y sensibilidad (distorsión).
5. Crear equipos de trabajo fundamentados para llevar a cabo los experimentos de laboratorio de la materia, aplicando el método científico y cumplir con las responsabilidades asociadas dentro del equipo.
6. Desarrollar habilidades de comunicación oral y escrita que permitan presentar los trabajos de laboratorio y sintetizar los resultados obtenidos durante las prácticas de laboratorio.
7. Desarrollar capacidades de búsqueda y lectura de documentación en el idioma inglés, relacionando con la temática de la materia y presentar los reportes finales sobre los logros de datos de dispositivos semiconductores.


 UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN
 VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

FORMATO DE PROGRAMA - ASIGNATURA DE PREGRADO

Este formato presenta una guía para la elaboración de programas de asignaturas de pregrado en el marco de la Ley de Educación Superior y de la Ley de Universidades. La información que se introduce en este formato es para fines de registro y de control de la calidad de la enseñanza. No es un instrumento de evaluación de la calidad de la enseñanza.

El formato se divide en tres secciones: I. IDENTIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA, II. DURACIÓN, y III. REQUERIMIENTOS DE LA ASIGNATURA.

La información que se introduce en este formato es para fines de registro y de control de la calidad de la enseñanza. No es un instrumento de evaluación de la calidad de la enseñanza.

FECHA DE ELABORACIÓN		Día	Mes	Año
		01	01	01

PARA CREACIÓN DE UNA ASIGNATURA ☐ PARA ACTUALIZACIÓN DE PROGRAMAS ASIGNATURA ☒

I. IDENTIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA

1.1. CODIGO DE LA ASIGNATURA (solo para casos de actualización)	2010490
1.2. NOMBRE DE LA ASIGNATURA	Introducción a la Biología
1.3. SEMESTRE	Primer
1.4. PRELUDIO	Química - Física
1.5. UNIDAD QUE OFERTA LA ASIGNATURA	Departamento de Estudios de Grado y Postgrado

II. DURACIÓN

EN LA SEMANA			EN SEMESTRE		
SEPT	OCT	NOV	SEPT	OCT	NOV
0	0	0	0	0	0

III. VALUACIÓN

Asignatura evaluada	☐
Asignatura NO evaluada	☒

IV. PORCENTAJE DE ASISTENCIA

SI	NO	Total de horas presenciales al semestre (SEPT - NOVIEMBRE)	SI	NO

V. REQUERIMIENTOS DE LA ASIGNATURA

CÓDIGO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA	TIPO DE REQUISITO
2010490	Introducción a la Biología I	Pre-requisito

7. Circuitos eléctricos II

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Fecha	07-10-19
Hora	08:00-10:00
Lugar	663-279

Nombre del profesor: Carlos Andres Barilla Raza Teoría ☒ Práctica ☒ Teoría y práctica ☐

Nombre de la asignatura: Circuitos Eléctricos II Código: _____ Semestre 6

La asignatura es: Teórica ☐ Práctica ☐ Teórico-Práctica ☒

Años de experiencia en la asignatura: 2 1/2 años últimos

Conoce el termino de metrología (Núcleo temático: 1o, 2o, 3o, 4o, 5o.)

Si ☒ No ☐ Prácticas ☒ Metrología ☒

Cree que en la asignatura involucra conceptos de metrología (Medición)

Si ☒ No ☐ Resolución de circuitos ☒ Análisis de circuitos ☒

Cree que en la asignatura evalúa conceptos de metrología (Medición)

Si ☒ No ☐ Prácticas ☒ Guías de estudio ☒

RECORDAR:	☒
Recordando:	☒
ENTENDER:	☒
Interpretar	☒
Ejemplificar clasificar	☒
Resumiendo	☒
Infiriendo	☒
Comparando	☒
Explicando	☒
APLICAR-Ejecutando	☒
Implementando	☒
ANALIZAR:	☒
Diferenciando	☒
Organizando	☒
Atribuyendo	☒
EVALUAR:	☒
Comprobación	☒
Críticas	☒
CREAR-Generando	☒
Planificando	☒
Produciendo	☒

Hay otros profesores que imparten esta asignatura: Si ☒ No ☐

Jesús Delgado ☒ W. S. Delgado ☒
Jhon Cortes ☒ V. Medina ☒

Dialoga con otros profesores que imparten la asignatura sobre conceptos en metrología.

Profesor de laboratorio ☒ Una vez ☒
Christian Camilo Acosta ☒ Electrónica II ☒
Asistente Docente ☒ Prácticas ☒
Enrique Sosa ☒ Electrónica ☒



Comentarios:

Cuando uno mide


 INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN
 VICERRECTORÍA ACADÉMICA
 DIRECCIÓN NACIONAL DE PROGRAMAS DE PREGRADO

FORMATO DE PROGRAMA - ASIGNATURA DE PREGRADO

El formato pregrado debe presentarse con este formato aprobado por el Consejo de Facultad con el programa asignatura y es un documento adjunto de la Universidad. La información que se estructura se publicará en el portal UNAL JIA para información de los estudiantes y la comunidad académica en general. Se recomienda consultar de diligencia el formato con el mayor número posible. Para su diligenciamiento encontrará orientaciones en las casillas que muestran un triángulo rojo en su respectiva superior derecha.

FECHA DE DESEMPEÑO:		Día	Mes	Año
E		8	Enero	

PARA CREACIÓN DE UNA ASIGNATURA ☐
 PARA ACTUALIZACIÓN DEL PROGRAMA-ASIGNATURA ☒

1. IDENTIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA

1.1. CÓDIGO DE LA ASIGNATURA (Solo para casos de ACTUALIZACIÓN)	2016430
1.2. NOMBRE DE LA ASIGNATURA	Circuitos Eléctricos I
1.3. SEDE	Bogotá
1.4. FACULTAD	Ingeniería - Bogotá
1.5. UNIDAD QUE OFRICE LA ASIGNATURA	DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRONICA

2. DURACIÓN					
A LA SEMANA			AL SEMESTRE		CREDITOS
HAF	RAI	THS= HAF+RAI	Nº. de semanas	THP= THS x semanas	No. de Créditos
5	5	10	16	160	4

3. VALIDABLE	
Asignatura validable	☐
Asignatura NO validable	☒

4. PORCENTAJE DE ASISTENCIA

0	%	Totales de horas presenciales al semestre= HAF x Semanas	80	Número de horas presenciales	0

5. REQUISITOS DE LA ASIGNATURA

CODIGO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA	TIPO DE REQUISITO
2016430	Circuitos Eléctricos I	Prerrequisito
3000007	Ecuaciones Diferenciales	Prerrequisito



6. PLANES DE ESTUDIO A LOS QUE SE ASOCIA LA ASIGNATURA (SI la asignatura es de LIBRE ELECCIÓN pase al punto 7)				
CÓDIGO	NOMBRE DEL PLAN DE ESTUDIOS	COMPONENTE	AGRUPACIÓN	OBIGATORIA/OPTATIVA
2545	Ingeniería Electrónica - Bogotá	Disciplinar	Circuitos-Campos	Obligatoria
2544	Ingeniería Eléctrica - Bogotá	Disciplinar	Circuitos-Campos	Obligatoria

7. ASIGNATURA DE LIBRE ELECCIÓN	Si ☐	No ☒

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

8. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA El curso de circuitos II aplica los temas estudiados previamente: circuitos L, señales e y presenta nuevos temas como circuitos trifásicos, resonancia en frecuencia, circuitos acoplados magnéticamente, redes de dos puertos, elementos no lineales y fundamentos del diseño de filtros; el curso es una integración de la teoría de circuitos con una sólida fundamentación en principios físicos dentro de un marco teórico matemático. El curso se apoya en simulaciones para verificar adecuadamente los conceptos de la teoría. Adicional a la descripción matemática, el curso tiene un componente experimental donde es posible analizar circuitos físicos con sus respectivas mediciones. El laboratorio permite comprender tres aspectos (teoría, simulaciones, experimentos) con el fin de lograr en el estudiante una visión integral de los conceptos y una adecuada comprensión de cada aspecto. Como parte del laboratorio se desarrolla un proyecto práctico acompañado de un informe escrito con su propia teoría, simulación y resultados experimentales; el proyecto se comparte en clase de manera oral.



DIRECCIÓN NACIONAL DE PROGRAMAS DE INGENIERÍA

9. CONTENIDOS BÁSICOS

1. Circuitos Polifásicos: Sistema monofásico de tres conductores. Sistema trifásico de tres conductores. Sistema trifásico,argas balanceadas y desbalanceadas. Sistema trifásico tetrafilar y trifilar. Conexiones. Potencia trifásica. Medición de potencia en sistemas trifásicos.
2. Respuesta en frecuencia: Decibelios. Ancho de banda. Octava y década. Diagrama de Bode asintótico, magnitud y fase. Filtros pasivos y activos. Resonancia serie y paralelo. Factor de calidad. Frecuencias de mitad de potencia.
3. Circuitos acoplados magnéticamente: Definiciones. Bobinas acopladas mutuamente. Consideraciones de energía. Coeficiente de acoplamiento. El transformador lineal. Impedancia reflejada. El transformador ideal.
4. Redes de dos puertos: Definición. Métodos de solución. Parámetros de admitancia. Parámetros de impedancia. Parámetros híbridos. Parámetros g. Parámetros de transmisión. Redes recíprocas. Redes simétricas. Resumen de parámetros. Relación entre parámetros. Conexiones de redes de dos puertos, serie, paralelo, cascadas.
5. Estudio de redes con elementos no lineales: Modulación. Circuito con elemento no lineal. Método analítico. Método gráfico. FI, memristor. Modelo y simulación del memristor. Función descriptiva, definición, ejercicios.
6. Síntesis de circuitos electrónicos: Análisis y síntesis. Síntesis de circuitos pasivos. Condiciones de realizabilidad. Síntesis Quen. Filtros, secciones de primer orden, amplificador operacional ideal, filtro Sallen – Key.

10. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

AUTOR (ES)	TÍTULO	EDITORIAL - PAÍS	AÑO

11. NOMBRE DEL DIRECTOR DE ÁREA CURRICULAR

12. APROBACIÓN DEL CONSEJO DE FACULTAD

Fecha del Consejo (dd/mm/aaaa)	Acta Número

Firmado y diligenciado por: Jesús Alberto Delgado

Nota: Si tiene algún problema al diligenciar el formato, comuníquese con la Dirección Académica de su Sede.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
VICERRECTORÍA ACADÉMICA

DIRECCIÓN NACIONAL DE PROGRAMAS DE PREGRADO

La Secretaría Académica debe remitir este formato completamente diligenciado a la Dirección Académica de la Sede respectiva vía correo electrónico para que se incluya en el sistema de información.

8. Transmisión de líneas y antenas



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Fecha	2018-03-14
Hora	8:30 a.m.
Lugar	Edificio GU-200

Nombre del profesor: José Félix Vega Sotomayor Teoría: ☒ Práctica: ☐ Teoría y práctica: ☐

Nombre de la asignatura: Transmisión de líneas y antenas Código: Semestre 8

La asignatura es: Teórica: ☐ Práctica: ☐ Teórico - Práctica: ☐

Años de experiencia en la asignatura: 25 1st W. Vega Sotomayor

Conoce el término de metrología (Núcleo temático: 1a, 2a, 3a, 4a, 5a.)
☒ Importancia de la medición

Cree que en la asignatura involucra conceptos de metrología (Medición)
SI

Cree que en la asignatura evalúa conceptos de metrología (Medición)
SI

Hay otros profesores que imparten esta asignatura: SI / No

Dialoga con otros profesores que imparten la asignatura sobre conceptos en metrología.
* No hay laboratorio

RECORDAR-Reconociendo	☒
RECORDAR-Recordando	☐
ENTENDER-Interpretar	☒
ENTENDER-Ejemplificar-clasificar	☐
RECONSTRUIR-Reconstruyendo	☐
RECONSTRUIR-Interpretando	☐
RECONSTRUIR-Comparando	☐
RECONSTRUIR-Explicando	☐
APLICAR-Ejecutando	☒
APLICAR-Implementando	☐
ANALIZAR-Diferenciando	☒
ANALIZAR-Organizando	☐
ANALIZAR-Atribuyendo	☐
EVALUAR-Comprobando	☐
EVALUAR-Criticando	☐
CREAR-Generando	☐
CREAR-Planificando	☐
CREAR-Produciendo	☐

*Demostraciones
Proyectos*



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Comentarios:



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Transmission Lines and Antennas

(2016503)

Course Syllabus 2017-1

Senior Lecturer: Joaquín Quijano

jquijano@unal.edu.co

Bolivar 353 - Of. 204

Est. 14084

1 Description

The continuous increase in the speed of electronic systems is motivated by the demand of larger processing rates. Such increase in speed has enabled widespread technologies such as fast personal computers, wireless local area networks, cellular mobile communications, satellite links, and the internet, to mention a few.

At high frequencies, phenomena such as reflection, crosstalk and radiation become relevant and require analysis/design techniques beyond conventional circuit theory. The present course introduces such tools in order to deal with the analysis and design of systems at high frequency, and as such it can be considered an introduction to Microwave Engineering.

2 Objectives

At the end of the course the student will be able to:

1. Describe qualitatively and quantitatively the transmission, propagation (both in bounded and unbounded media), and reception of electromagnetic waves and determine relevant parameters such as wave polarization, power and efficiency.
2. Analyze and design physical transmission lines, waveguides and antennas for practical applications using paper calculations and computer simulation at varying levels of accuracy.
3. Design and implement microstrip lines and antennas and establish their performance from measurements using the vector network analyzer.

3 Prerequisites

1. Frequency-domain circuit analysis
2. Differential equations
3. Vector calculus
4. Maxwell's equations
5. Software for numerical computing: OCTAVE, SCILAB, MATLAB

4 Course Subjects

4.1 Introduction and Motivation

1. The electromagnetic spectrum
2. Link between EM fields and circuit quantities

3. Operation in low-, mid- and high-frequency regime: lumped and distributed systems.

4.2 Transmission Line Theory

1. Lumped-element model for transmission lines.
2. Terminated transmission lines, special cases.
3. Lossy transmission lines, distributed losses.
4. The Smith Chart, impedance and admittance chart.
5. Impedance matching with lumped elements and with stubs.
6. Microwave network analysis: the scattering matrix, the transmission matrix.
7. Network properties from S-matrix.

4.3 Field Analysis of Transmission Lines

1. Review of EM theory
2. Guided waves: TE, TM and TEM waves.
3. Dielectric and conductor loss in guided waves, perturbation method.
4. Rectangular and circular waveguides.
5. Coaxial line.
6. Planar lines: stripline and microstrip.
7. Introduction to microwave filter designs.
8. Phase and group velocity.
9. Introduction to optical fiber.

4.4 Introduction to Radiation and Antennas

1. Antenna definition, space and circuit behavior: radiation pattern and input impedance.
2. Antenna parameters: directivity, gain, bandwidth, effective area, vector length.
3. Antenna field regions.
4. Poynting equation, radiated power equation and applications.
5. Introduction to radiation: electrodynamic potentials and radiation integral, infinitesimal sources.
6. Reciprocity, equivalence: between antennas in transmission and reception.

4.5 Antenna Analysis and Design

1. Antenna types.
2. Dipole antennas.
3. Loop antennas.
4. Microstrip antennas.
5. Antenna arrays.

5 Grading system

The course is composed of a theoretical part and a practical part. The various activities are weighted as follows:

- First written exam: 25% (Thursday April 6, 2017)
- Second written exam: 25% (Thursday May 25, 2017)
- Final project: 30% (See schedule and groups assignment in the website)
- Oral presentations: 20% (See schedule groups assignment in the website)

References

- [1] R. E. Collin, *Foundations of Microwave Engineering*, IEEE press, 2001.
- [2] D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, John Wiley & sons, 1998.
- [3] T. A. Milligan, *Modern Antenna Design*, 2nd ed. Wiley-IEEE Press, 2005.
- [4] C. A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, 3rd ed., Wiley-Interscience, April 2005.

9. Electrónica digital II



**UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA**

Fecha	2018-08-09
Hora	08:30
Lugar	

Nombre del profesor: Diego Alexander Tibadueza Burgos Teoría: Practica: Teoría y practica:

Nombre de la asignatura: Electronica Digital II Código: Semestre VI

La asignatura es: Teórica: Practica: Teórico-Practica:

Electronica Digital

Años de experiencia en la asignatura: 3 años *intermedios*

Conoce el termino de metrología (Núcleo temático: 1a, 2a, 3a, 4a, 5a.)

No ☒ Si ☒ No sé ☒
Volts, resistores, capacitores

Necesarios.

Cree que en la asignatura involucra conceptos de metrología (Medición)

Si

Cree que en la asignatura evalúa conceptos de metrología (Medición)

se ajuste por se. fue.

RECORDAR-Reconociendo	☒
RECORDAR-Recordando	
ENTENDER-Interpretar	☒
ENTENDER-Ejemplificar/clasificar	
ENTENDER-Resumiendo	
ENTENDER-Inferiendo	
ENTENDER-Comparando	
ENTENDER-Explicando	
APLICAR-Ejecutando	☒
APLICAR-Implementando	
ANALIZAR-Diferenciando	☒
ANALIZAR-Organizando	
ANALIZAR-Atribuyendo	
EVALUAR-Comprobación	☒
EVALUAR-Criticando	
CREAR-Generando	☒
CREAR-Planificando	
CREAR-Produciendo	

Hay otros profesores que imparten esta asignatura: Si/No

Para la materia guía

Dialoga con otros profesores que imparten la asignatura sobre conceptos en metrología.

No
Si solo metrología + Coar.

Metrología *CDIO* *ABET*



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Comentarios:

Asistente de cuenta. Parte Práctica

Diarios. Mateo Arango

Angerita.

Omeargo & J

Aprendizaje basado en problema

Identificar

Teoría

Foro y
Pregunta
Bellian @gmail.
Helina.
Ocasional

Carlos
Camargo
Inicio de
asignatura

Asignatura: Electrónica digital II

Créditos

4

Valorable

No

Porcentaje de Asistencia

80 %

Libre Elección

No

Descripción

Este curso proporciona las bases metodológicas y tecnológicas para el diseño de sistemas digitales sea procesadores. Una vez cursado, el estudiante debe ser capaz de realizar el proceso completo de diseño de un sistema digital complejo, desde su especificación hasta la implementación física, utilizando herramientas modernas que faciliten el proceso.

Contenidos Previos

1

Estado

Resolvido de Recomendación por parte del Director de áreas curriculas por

Registrado Por

Jesus Mario Quintero Quintero

CONTENIDO

Contenido

seleccionado

1. Introducción a los procesadores.

2. Flujo de diseño y arquitectura HW/SW (Direccionamiento).

3. Comunicación HW/SW (Interrupciones).

4. Componentes de un sistema heterogéneo (Procesador, buses, periféricos, memorias).

5. Arquitectura de Procesadores (Microarquitectura, set de instrucciones, modos de direccionamiento, interrupciones, pipelina).

6. Implementación de tareas hardware (Arquitectura de computadores, CPU).

7. Implementación de tareas hardware (Memorias, periféricos, mapa de memoria, controlador de interrupciones programable).

8. Definición de la interfaz HW-SW: implementación de tareas hardware en periféricos.

9. Flujo de diseño software.

10. Cadena de Herramientas (compilador, enlaces, depurador, asistidas, boards).

11. Cadena de Herramientas (código de inicio o runtime, crt, herramientas make).

12. Integración del software sobre hardware distribuido.

13. Ejecución en memoria interna.

14. Ejecución en memoria externa.

15. Sistemas sobre silicio (FPGAs).

BIBLIOGRAFÍA

[1] David Manas Karris, Srin L. Ham, Digital design and computer architecture, Elsevier 2013.

[2] W. Stallings, Computer organization and architecture, designing for performance, Pearson Hall 2013.

[3] John L. Hennessy, David A. Patterson, Computer architecture, A quantitative approach, Morgan Kaufman 2012.

10. Electrónica análoga II


UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Fecha	2019-03-19
Hora	8:00 am
Lugar	U11

Nombre del profesor: Juan Luis Parada Acosta Teórico: ☒ Práctico: ☒ Teoría y práctica: ☒

Nombre de la asignatura: Electrónica Analógica II Código: _____ Semestre 5

La asignatura es: Teórica: ☒ Práctica: ☒ Teórico-Práctica: ☒

Años de experiencia en la asignatura: 2 años continuos

Conoce el termino de metrología (Núcleo temático: 1a, 2a, 3a, 4a, 5a.)

No sabe Laboratorio. Prácticas y Guías. *En el Perú = No*

Caracteriza elementos de transistores. *Resistencia de resistencia*

Cree que en la asignatura involucra conceptos de metrología (Medición)

Algunos *Formato IEEE* *base de datos* *escritura de textos*

Cree que en la asignatura evalúa conceptos de metrología (Medición)

Según los que tienen

Hay otros profesores que imparten esta asignatura: Si/ No.

antes - Carlos Prieta

Dialoga con otros profesores que imparten la asignatura sobre conceptos en metrología.

le metodología más no metrología

RECORDAR-Reconociendo	☒
RECORDAR-Recordando	☒
ENTENDER-Interpretar	☒
ENTENDER-Ejemplificar clasificar	☒
ENTENDER-Resumiendo	☒
ENTENDER-Inferendo	☒
ENTENDER-Comparando	☒
ENTENDER-Explicando	☒
APLICAR-Ejecutando	☒
APLICAR-Implementando	☒
ANALIZAR-Diferenciando	☒
ANALIZAR-Organizando	☒
ANALIZAR-Atribuyendo	☒
EVALUAR-Comparación	☒
EVALUAR-Criticando	☒
CREAR-Generando	☒
CREAR-Planificando	☒
CREAR-Produciendo	☒

** Camilo Cano*
** Asistente docente*
** profesor de actualización*



Comentarios:

ELECTRÓNICA ANALÓGICA II

Código SIA: 2016496

Teórico-Práctica

Intensidad Horaria: 6

Descripción: en muchos campos que atañen al ejercicio de la ingeniería (control, instrumentación, comunicaciones) es reconocido el uso de transistores, así como también en el fin de circuitos resonantes al distribuir este en diferentes configuraciones, una de las más conocidas es el Amplificador Operacional (OPAM), el cual es de gran utilidad en todas las áreas. Por esta causa es necesario desarrollar el conocimiento y el criterio necesario para dar un buen uso de estos dispositivos, de esta forma solidificar conocimientos básicos que permitan al individuo desenvolverse con gran seguridad en otras áreas de su interés.

Objetivo General:

Desarrollar habilidades para el análisis y el diseño de: amplificadores diferenciales y de múltiples etapas, amplificadores de potencia y de circuitos con amplificadores operacionales comprendiendo su estructura y a su vez las posibles configuraciones que se puede realizar con este.

Contenido Extenso:**1. Respuesta de frecuencia del BJT y del JFET.**

Consideraciones generales de frecuencia, logaritmos y decibelios, Análisis de baja frecuencia, Diagrama de Bode, Respuesta de baja frecuencia del JFET y del BJT, Efecto de capacitancia Miller, Modelo de transistores para alta frecuencia, Respuesta a alta frecuencia del BJT y del JFET, Introducción a la realimentación negativa y sus efectos.

2. Configuraciones Multietapas.

Manejo de efectos de impedancia de fuente e impedancia de carga, Conexión en cascada, Conexión Cascode, Bootstrapping, Análisis de circuitos realimentados, Estabilidad y técnicas de compensación para amplificadores usando realimentación negativa, Circuitos de fuente corriente, Circuitos espejo de corriente, Amplificador diferencial, Circuitos amplificadores diferenciales con BJT, JFET y CMOS.

3. Amplificadores Operacionales (OPAM)

Definición de un amplificador operacional, ganancia, voltaje, impedancia de entrada, impedancia de salida, Construcción de un OPAM, Realimentación en amplificadores operacionales, Parámetros importantes en un OPAM: factor de rechazo en modo común, Slew rate, corrientes de polarización, Corrientes de desvío, cambio con la temperatura, Hoja de especificaciones.

4. Aplicaciones lineales del OPAM.

Amplificador Inversor – Inversó, Sumador, Integrador, Diferenciador, Restador, Amplificador no inversor, Seguidor de voltaje, Amplificadores logarítmicos, Rectificadores de precisión, Conversiones voltaje – corriente.

5. Respuesta en Frecuencia de un OPAM.

Ancho de banda, velocidad de respuesta y ruido. Ganancias y análisis de frecuencia en amplificadores con OPAM. Circuitos de compensación de frecuencia. Efecto de la ganancia en lazo abierto sobre la ganancia en lazo cerrado. Ruido en OPAMs.

6. Aplicaciones lineales de los OPAM.

Ganancia de voltaje en lazo abierto. Detectores de cruce por cero. Detectores de nivel. Efecto del ruido en los circuitos comparadores. Realimentación positiva. Detector de nivel con histéresis. Comparadores de precisión. Detector de Ventana. Detector de pico. Sample and HOLD.

7. Combinación de aplicaciones lineales y no lineales.

Generadores de señal. Multivibrador Astable. Multivibrador monoestable. Generador de onda triangular. Generador de onda diente de sierra. Generador de onda senoidal. Circuitos temporizados. Oscilador controlado por voltaje.

8. Fuentes de alimentación reguladas.

Circuitos básicos de regulación. Reguladores de voltaje con transistores. Circuitos de protección. Reguladores de voltaje con circuitos integrados. Fuentes switcheadas.

9. Amplificadores de Potencia.

Amplificadores clase A acople directo y acople por transformador. Operación del amplificador clase B. Circuitos de amplificación clase AB. Diseño de amplificadores de potencia. Distorsión en amplificadores. Disipadores de calor para transistores de potencia.* Lectura previa de la teoría. Exposición de los conceptos teóricos básicos, con preguntas y discusiones en clase. Aplicación de los métodos de análisis para la solución de problemas en clase y fuera de clase. Lecturas y trabajos complementarios. Uso de herramientas CAD para incrementar la asimilación de los conocimientos.

Bibliografía:

- ELECTRÓNICA – TEORÍA DE CIRCUITOS. Robert Boylestad.
- Circuitos Microelectrónicos - Sedra/Smith - Oxford Univ. Press - 1998
- THE ART OF ELECTRONICS. Horwitz And Hill.
- MICROELECTRÓNICA. Millman
- CIRCUITOS ELECTRONICOS DISCRETOS E INTEGRADOS. Schilling y Bolever.
- AMPLIFICADORES OPERACIONALES Y CIRCUITOS INTEGRADOS LINEALES. Robert F. Coughlin -
- Frederick F. Driscoll.*

11. Instrumentación y medidas


UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Fecha	
Hora	
Lugar	

Nombre del profesor: Carlos Eduardo Sanchez Diaz Teoría: ☒ Práctica: ☒ Teoría y práctica: ☒

Nombre de la asignatura: Instrumentación y Medidas Código: _____ Semestre 5

La asignatura es: Teórica: ☐ Práctica: ☐ Teórico-Práctica: ☒ Inductivo

Años de experiencia en la asignatura: 10 años continuos Cuestiona el sistema de medición

Conoce el termino de metrología (Núcleo temático: 1X, 2X, 3X, 4X, 5X)

Resolución
Precisión
Repetitividad
Reproducibilidad

Que es un sistema de medición
Comparación
Calibración
Es una
informal
El
mide
Estándar

Analisis de la medida
Simple Comparación

Cree que en la asignatura involucra conceptos de metrología (Medición)

Total

Cree que en la asignatura evalúa conceptos de metrología (Medición)

Total

RECORDAR- Reconocimiento	X
RECORDAR- Recordando	
ENTENDER- Interpretar	X
ENTENDER- Ejemplificar clasificar	
ENTENDER- Resumiendo	
ENTENDER- Inferiendo	
ENTENDER- Comparando	
ENTENDER- Explicando	
APLICAR- Ejecutando	X
APLICAR- Implementando	X
ANALIZAR- Diferenciando	
ANALIZAR- Organizand	
ANALIZAR- Atribuyendo	
EVALUAR- Comparación	X
EVALUAR- Criticando	
CREAR- Generando	
CREAR- Planificand	
CREAR- Produciendo	

Hay otros profesores que imparten esta asignatura: Si ☐ No ☒

Conozco en una otra a los instrumentos de algunos

Dialoga con otros profesores que imparten la asignatura sobre conceptos en metrología.

* Ha nacido Iniciando
ochoa. laboratoria



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Comentarios:

Error $\times$ Incertidumbre

Diseño de experimentos

Análisis y presentación de datos

Presentar las medidas

Intervalo de confianza

Incertidumbre


 UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA
 SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

FORMATO DE PROGRAMA - ASIGNATURA DE PREGRADO

Estimado profesor, tenga presente que este formato aprobado por el Consejo de Facultad constituye el programa-asignatura y es un documento oficial de la Universidad. La información que introduzca se publicará en el portal UNAL-14 para información de los estudiantes y la comunidad académica en general. Le recomendamos atencionalmente diligenciar el formato con el mayor esmero posible. Para su diligenciamiento encontrará orientaciones en las casillas que disponen un ícono que son en su mayoría íconos de ayuda.

Día: ____ Mes: ____ Año: ____
 FECHA DE DILIGENCIAMIENTO: 6 febrero

PARA CREACIÓN DE UNA ASIGNATURA ☐ PARA ACTUALIZACIÓN DEL PROGRAMA ASIGNATURA ☒

1. IDENTIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA

1.1. CÓDIGO DE LA ASIGNATURA (Solo para casos de actualización)	2010301
1.2. NOMBRE DE LA ASIGNATURA	Instrumentación y Medidas
1.3. UDE	Ingosta
1.4. FACULTAD	Ingeniería - Ingosta
1.5. UNIDAD QUE OFECE LA ASIGNATURA	DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

2. DURACIÓN

A LA SEMANA			AL SEMESTRE		CREDITOS
HAP	HAP	THP+ HAP	No. de Semanas	THP+ THP+ Semanas	No. de Créditos
4	5	9	16	144	1

3. VALIDABLE

Asignatura validable	☐
Asignatura NO validable	☒

4. PORCENTAJE DE ASISTENCIA

60	70	Total de horas presenciales al semestre: HAP x Semanas	64	Mínimo de horas presenciales	32

5. REQUISITOS DE LA ASIGNATURA

CÓDIGO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA	TIPO DE REQUISITO
2005405	Electrónica Analógica I	Prerrequisito



MINISTERIO NACIONAL DE EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN
DIRECCIÓN NACIONAL DE INSTITUCIONES EDUCATIVAS

6. PLANES DE ESTUDIO A LOS QUE SE ASOCIA LA ASIGNATURA (Si la asignatura es de LIBRE ELECCIÓN pase al punto 7)				
CÓDIGO	NOMBRE DEL PLAN DE ESTUDIOS	COMPONENTE	AGRUPACIÓN	GRUATORIA/OPTATIVA
2545	Ingeniería Electrónica - Bogotá	Disciplinar	Electrónica Analógica	Obligatoria

7. ASIGNATURA DE LIBRE ELECCIÓN

SI ☐ NO ☒

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

8. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA

OBJETIVO GENERAL
Facilitar la comprensión de fundamentos teóricos y conceptos básicos sobre la medición de variables físicas, el error y la incertidumbre, con énfasis en variables eléctricas e industriales.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Comprender los principios de la medición de variables, las fuentes de error y el significado de la incertidumbre.
2. Entender los principios de funcionamiento, y operación de los circuitos de acondicionamiento de señal para variables eléctricas.
3. Analizar y calcular circuitos básicos de acondicionamiento de señal para variables eléctricas mediante cálculos manuales y empleando diferentes programas de simulación.
4. Entender los principios de funcionamiento, y operación de los sensores y transductores para las principales variables de uso industrial.
5. Desarrollar habilidades en el manejo de señales analógicas y digitales a través de prácticas de laboratorio con señales, circuitos de acondicionamiento, y sensores analógicos y digitales.
6. Desarrollar habilidades en el manejo de los conceptos básicos de mediciones y error, mediante la ejecución de un proyecto de medición de variables físicas, usando sensores y software.
7. Desarrollar capacidades de búsqueda y lectura de textos técnicos, en el idioma inglés, relacionados con la temática de la materia y reconocer las especificaciones claves en las hojas de datos de dispositivos semiconductores.



3. CONTENIDOS BÁSICOS.

1. Análisis de datos experimentales: Definiciones, Planteamiento de experimentos, presentación de datos, cifras significativas, fuentes de error, tipo y manejo de errores, estadística básica

2. Sistema de patrones y estandares: introducción, sistemas de unidades, patrones de variables físicas básicas, patrones de variables eléctricas.

3. Sistemas de medida: Definiciones, características estáticas, características dinámicas, estructura general de un sistema de medida, calibración.

4. Sensores y Transductores: Definiciones, Función, Desplazamiento, Velocidad, Nivel, Fuerza, Presión, Caudal, Temperatura Clasificaciones, Tipos de sensores, Aplicaciones, etc.

5. Citratos acorralados: vendidos de 1980

A. Instrumentos para medición de variables eléctricas: instrumento de bobina móvil, e instrumentos portátiles PMMC, galvanómetro de D'Arsonval, medición de corriente DC, medición de voltaje DC, medición de voltaje AC, galvanómetro con amplificador operacional, medición de resistencia.
B. Circuitos auxiliares para la medición: Puente DC, AC, diseño de puentes resistivos, Amplificador operacional, amplificador puente, amplificador de instrumentación, etc.

c. Interfaces Analógico - digital (voltímetros digital) y Digital - analógico

6. Redes de campo y sistemas de comunicación industrial: protocolo 3-RTS, bus de corriente 4-20mA, HART, RS485, buses de campo, comunicaciones inalámbricas, sistemas de supervisión, etc.

7. Diagramación de la instrumentación y proceso.

10. BIBLIOGRAFÍA MUSICA

AUTOR [ES]	TÍTULO	EDITORIAL - PAÍS	Año
COOPER - HELFRICK	Instrumentación electrónica moderna y técnicas de medición.	Prentice Hall Hispanoamericana S.A.	1991
BENTLEY	Sistemas de Medición, principios y aplicaciones.	Segunda edición, CECOSAGomas editores, CUCIA	2000
GOEDIN-ERRETS	Sistemas de medición e instrumentación	Mt Gapa S.R.L	2005
PALLAS	Sensores y Acondicionadores de señal	tercera edición, Antaresaga internacional	2000
CHES-SCHE AMONDO	Instrumentación Industrial	Alfaomega marcombo	2009
COURTNEY-DORRILL	Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados lineales	Prentice Hall Hispanoamericana	1999
WROD	Guía para mediciones electrónicas prácticas de laboratorio	Prentice Hall	1980

11. NOMBRE DEL DIRECTOR DE ÁREA CURRICULAR

Frederic Anstey's Claret

12. APROBACIÓN DEL CONSEJO DE FACULTAD

Fecha del Combojo (dd/mm/aaaa)		Acta Número	

Formate oligomerization:

Nota: Si tiene algún problema al diligenciar el formato, comuníquese con la Dirección Argentina de su Sede.

La Secretaría Académica debe enviar este formato completamente diligenciado a la Dirección Académica de la Sede respectiva vía correo electrónico para que se incluya en el sistema de información.

12. Taller de ingeniería electrónica

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Fecha	2012-04-06
Hora	11:00
Lugar	

Nombre del profesor: Iván Jacarillo Jacarillo Teoría: ☒ Práctica: ☒ Teoría y práctica: ☐

Nombre de la asignatura: Taller de Ingeniería Electrónica Código: Semestre: 1º semestre

La asignatura es: Teoría: ☐ Práctica: ☒ Teórico-Práctica: ☐

Años de experiencia en la asignatura: 15 años

Conoce el término de metrología (Núcleo temático: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100)

Variable eléctrica
Potencia Frecuencia
Períodos de calibración

Cree que en la asignatura involucra conceptos de metrología (Medición)

errores
Unidades
submúltiplos
nomenclatura

Cree que en la asignatura evalúa conceptos de metrología (Medición)

Si se evalúa
4 bitacora

Hay otros profesores que imparten esta asignatura: ☒ Si ☐ No

Dialoga con otros profesores que imparten la asignatura sobre conceptos en metrología.

Si se reúnen asistiendo docente

RECORDAR- Reconociendo	☒
RECORDAR- Recordando	☒
ENTENDER- Interpretando	☒
ENTENDER- Ejemplificando	☒
ENTENDER- Comparando	☒
ENTENDER- Explicando	☒
APLICAR- Ejecutando	☒
APLICAR- Implementando	☒
ANALIZAR- Diferenciando	☒
ANALIZAR- Organizándolo	☒
ANALIZAR- Sintetizando	☒
EVALUAR- Comparando	☒
EVALUAR- Criticando	☒
CREAR- Generando	☒
CREAR- Planificando	☒
CREAR- Produciendo	☒



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Comentarios:

Mediciones físicas

Estandar.

Generación
de un producto.



9. CONTENIDOS BÁSICOS
1. 1. Definiciones básicas en electrónica 1.1 Ley de Ohm 1.2. Multímetro 1.3. Sistema internacional de unidades 1.4. Protoboard 1.5. Esquemas lineales y no lineales
2. 2. Circuitos eléctricos 2.1. Leyes de Kirchhoff 2.2 Error e incertidumbre 2.3 Precisión y exactitud 2.4 Simplificación de circuitos
3. 3. Señales eléctricas 3.1. Osciloscopio 3.2. Generador de señales 3.3. Parámetros de señales 3.4. Valor RMS y valor DC 3.5. Amplificadores operacionales
4. 4. Componentes electrónicos 4.1. Conectores, Semiconductores y alambres 4.2 Componentes pasivos y activos 4.2. Interruptores y pulsadores 4.3. Condensador 4.4. Diodo y LED 4.5. Transistor
5.5. Fabricación de circuitos impresos 5.1. Software de diseño de circuitos impresos 5.2. Elaboración de tarjetas impresas 5.3. Ensamblado de circuitos 5.4. Procedimientos de soldadura
6.6. Desarrollo de una fuente DC 6.1. Análisis de diagramas circuitales 6.2. Introducción a circuitos integrados 6.3. Diseño y análisis de una fuente DC 6.4. Implementación de fuente DC 6.5. Pruebas de carga máxima
7.7. Dispositivos programables 7.1. Arquitectura de dispositivos digitales programables 7.2. Lógica y lenguaje de programación de dispositivos digitales 7.3. Implementación de aplicaciones programables 7.4. Integración analógica digital
8.8. Proyecto 8.1. Desarrollo y planeamiento de una idea de proyecto 8.2. Diseño funcional de productos electrónicos 8.3. Construcción e implementación de aplicaciones electrónicas 8.4. Integración de dispositivos digitales electrónicos 8.5. Presentación funcional y sustentación de funciones y servicios ofrecidos



9.
10.
11.
12.
13.
14.
15.

10. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA			
AUTOR (ES)	TÍTULO	EDITORIAL - PAÍS	AÑO

11. NOMBRE DEL DIRECTOR DE ÁREA CURRICULAR			
12. APROBACIÓN DEL CONSEJO DE FACULTAD			
Fecha del Consejo (día/mes/año)		Acta Número	

Formato diligenciado por:

Nota: Si tiene algún problema al diligenciar el formato, comuníquese con la Dirección Académica de su Sede.

La Secretaría Académica debe recibir este formato completamente diligenciado a la Dirección Académica de la Sede respectiva vía correo electrónico para que se incluya en el sistema de información.


 UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN
 SECRETARÍA DE EDUCACIÓN, ASIGNATURA DE INGENIERÍA

FORMATO DE PROGRAMA - ASIGNATURA DE PREGRADO

Este modelo predefine el formato que debe presentar el programa de asignatura aprobado por el Consejo de Facultad y constituye el programa de asignatura y es un documento oficial de la Universidad. La información que ingresados se publicará en el portal UNTA-51A para información de los estudiantes y la comunidad académica en general. Se recomienda atentamente diligenciar el formato con el mayor acierto posible. Para su diligenciamiento encontrará orientaciones en los cuadros que muestran un ejemplo de cómo se debe completar la información.

Día Mes Año
 FECHA DE DISEÑAMIENTO:

PARA CREACIÓN DE UNA ASIGNATURA ☒ PARA ACTUALIZACIÓN DEL PROGRAMA-ASIGNATURA ☐

1. IDENTIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA

1.1. CÓDIGO DE LA ASIGNATURA (Solo para casos de ACTUALIZACIÓN)	
1.2. NOMBRE DE LA ASIGNATURA	TALLER DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
1.3. SEDE	
1.4. FACULTAD	
1.5. UNIDAD QUE OFRECER LA ASIGNATURA	

2. DURACIÓN

A LA SEMANA			AL SEMESTRE		CREDITOS
HAP	HAF	TDS+HAP+HAF	No. de semanas	TDS+THS+Semana	No. de Créditos
2	3	5	16	36	2

3. VALIDABLE

Asignatura validable	☐
Asignatura NO validable	☒

4. PORCENTAJE DE ASISTENCIA

%	Total de horas presenciales al semestre=HAP x Semanas	48	Mínimo de horas presenciales	0

5. REQUISITOS DE LA ASIGNATURA

Código	NOMBRE DE LA ASIGNATURA	TIPO DE REQUISITO
2016603	INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA ELECTRÓNICA	Prerrequisito



6. PLANES DE ESTUDIO A LOS QUE SE ASOCIA LA ASIGNATURA (Si la asignatura es de LIBRE ELECCIÓN pase al punto 7)				
CÓDIGO	NOMBRE DEL PLAN DE ESTUDIOS	COMPONENTE	ASOCIACIÓN	OBLIGATORIA/OPTATIVA
2545	Ingeniería Electrónica -Rogoni	Disciplina	Contexto profesional, innovación e investigación	Obligatoria

7. ASIGNATURA DE LIBRE ELECCIÓN	Si ☐	No ☒

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

8. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA Permitir a los estudiantes un acercamiento a los fundamentos de la electrónica con el fin de crear el pensamiento crítico frente a los diferentes campos disciplinarios que la componen, estimular el desarrollo de habilidades y herramientas de comunicación oral y escrita, así como promover habilidades en todos los trabajos académicos que emprendan.

E. Anexo 5: Resultados encuestas expertos

Academia

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Experto UNAL

Contenidos:

• Jenny Patricia Hernández Acosta
Ing. Electrónica
Ing. de pruebas de laboratorio de Metrología y
Supervisora de calidad
6 años.

• Aplicación de la metrología en su metrología desde la
profesión

Industria



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Experto Industria

2018-06-15

14:55

teléfono 5615A - 86

Comentarios:

Luis Gonzalo Rojas

Ingeniero en automatización electrónica

Gerente comercial Fluke Colombia.

Fluke Calibration Paris

mantenimiento 11 años de estos
mantenimiento ² proyectos.

Visión
Comercial

→ Persona de Ventas, mejor ingeniero de
automatización.

Temperatura, Presión y eléctrica
integrados en humedad



Calle 86A # 490 - 03 Bogotá D.C. - Colombia

+57 (312) 644 7777

+57 (312) 337 6749

gonzalo.rojas@seisa.com

www.seisa.com

FLUKE
Calibration
GONZALO ROJAS



Estado



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

experto INM

2018-05-28
08:30
INM

Comentarios:

Miguel angel Rincon Barrera. 6 años
Profesional Universitario 5 años
Subdireccion SIST - INM
Proceso Automatización 5 años

Menos de un 3 Taxonomía

Tener la Competencia

- ③ - Nivel de la Infraestructura de calidad en el mundo y nacional
- ④ - Nivel de la Infraestructura de calidad en el mundo y nacional

ISO 9001 y IEC/ISO 17025

General Interiorizar

Adquisición, procesamiento
Estadística, Procesamiento numérico
Matemáticas

Se debe extender al análisis de los datos. extraer evaluar
datos técnicos o estadísticos de la adquisición. calidad de los datos.
técnicos
estadísticos
valores.

Los datos siguientes son extraídos de los formatos de las entrevistas aplicados a los expertos en metrología

Eje 1. Metrología general

Ítem	Concepto	Academia	Industria	Estado	Valor Máximo
1	Metrología	0	1	0	1
2	metro	2	6	3	6
3	kilogramo	2	6	3	6
4	segundo	2	6	3	6
5	amperio	2	6	3	6
6	kelvin	2	6	3	6
7	candela	2	1	3	3
8	mol	2	1	3	3
9	grado	2	6	0	6
10	ohm	2	6	5	6
11	pascal	2	6	3	6
12	newton	2	1	3	3
13	joule	2	1	5	5
14	coulomb	2	1	5	5
15	hertz	2	6	5	6
16	La velocidad o rapidez de la luz en el vacío (c)	1	1	4	4
17	Constante gravitacional (g)	1	1	4	4
18	Constante universal de los gases (R)	1	1	4	4
19	Temperatura	2	6	4	6
20	Humedad	2	6	4	6
21	Presión	2	6	4	6
22	Torque	1	1	4	4
23	Fuerza	1	1	4	4
24	masa	1	6	4	6
25	Tensión / corriente / resistencia	6	6	5	6
26	Tiempo / frecuencia	6	6	5	6
27	Desplazamiento lineal	1	1	4	4
28	Requisitos de los patrones	2	6	3	6
29	Primaria	2	6	3	6
30	Referencia	2	6	3	6
31	Trabajo	2	6	3	6
32	Intrínseca	2	2	3	3
33	Derivados	2	2	3	3
34	Consenso	2	2	3	3

35	Transferencia	2	2	3	3
36	Requisitos de medición	2	6	3	6
37	Disponibilidad del equipo	2	6	3	6
38	Especificaciones del equipo	2	5	3	5
39	El rol de la metrología en la infraestructura de la calidad	2	3	5	5
40	Introducción conceptual al Vocabulario Internacional de metrología VIM	2	3	4	4
41	Contenido e interpretación de un certificado de calibración	2	5	4	5
42	Establecimiento y soporte de la trazabilidad en medidas químicas	1	1	4	4
43	Aspectos involucrados en las mediciones químicas	1	1	4	4
44	Métodos primarios para cantidad de sustancia	1	1	4	4
45	Materiales de referencia certificados	1	1	4	4
46	Productores de materiales de referencia (Generalidades de la guía ISO 34)	1	1	3	3
47	Recomendaciones para la selección y manipulación de materiales de referencia	1	1	3	3
48	Introducción a la validación de métodos de análisis químico	1	1	3	3
49	Introducción a la estimación de la incertidumbre de medición en mediciones químicas	1	6	3	6
50	Pruebas interlaboratorio y ensayos de aptitud	2	3	4	4
51	Interpretación de resultados de pruebas interlaboratorio	2	1	4	4
52	Tipos de laboratorio de metrología	2	6	4	6
53	Métodos de calibración	2	6	4	6
54	Relación de exactitud de prueba	2	5	4	5
55	Riesgos de decisión	2	4	4	4
56	Banda de guarda	2	2	3	3
57	Requisitos del sistema de calibración	2	2	4	4
58	Comparaciones interlaboratorio y competencia técnica	2	1	4	4
59	Resumen del proceso de calibración	2	1	4	4

Eje 2. Sistemas de medida o medición

Ítem	Concepto	Academia	Industria	Estado	Valor Máximo
1	Definición de términos: medición, valor verdadero, error de medición, variación del sistema de medición, variación del sistema de prueba, repetibilidad y variación del Dispositivo Bajo Prueba DUT	3	6	3	6
2	Rendimiento del instrumento: precisión, precisión frente a precisión, incertidumbre, resolución, sensibilidad, linealidad, estabilidad y estándares	3	6	3	6
3	Tipos de resultados de medición	2	6	3	6
4	Unidades de medida	2	6	4	6
5	Capacidad de proceso de medición	2	6	3	6
6	Relación de señal a ruido	6	1	4	6
7	Relación de precisión a tolerancia	3	6	3	6
8	Errores de medición: errores en los patrones, errores de calibración, errores de deriva, errores del operador, errores aleatorios, errores sistemáticos	3	4	3	4
9	Estimación de errores de medición: descripción y comparación de metodologías	3	3	3	3
10	Estimando el costo de los errores de medición	3	4	3	4
11	Instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático (balanzas - básculas). Calibración GUIA SIM MWG7:2009 y conformidad de clase, según OIML R – 76 (2006)	1	2	3	3
12	Estimación de la incertidumbre en procesos de medición de masa	1	2	3	3
13	Medición de Par Torsional	1	2	3	3
14	Instrumentos de medidas eléctricas	6	6	3	6
15	Señales patrón para medición en tiempo y frecuencia	6	6	4	6
16	Sistemas de medición en temperatura	4	6	3	6
17	Métodos de medición: Método gravimétrico, Higrómetro de punto de rocío, Psicrómetro, Medidor de humedad de sensor mecánico (higrómetro e higrógrafo), Medidor capacitivo y resistivo de humedad	1	3	3	3

18	Principio de medición general del pH y desarrollo matemático	1	3	3	3
19	Descripción de métodos de medición del pH (primario, secundario y potenciométrico)	1	1	3	3
20	Medición del pH con método potenciométrico: calibración de electrodo y pH-metro, medición multipunto, análisis de resultados y cálculo de incertidumbre de una muestra ejemplo	1	1	3	3
21	Principio de medición general de la Conductividad Electrolítica. y desarrollo matemático	1	2	3	3
22	Medición de la Conductividad Electrolítica con método potenciométrico: calibración de las celdas y conductímetro, medición multipunto, análisis de resultados y cálculo de incertidumbre de una muestra ejemplo	1	1	3	3
23	Introducción a las buenas prácticas de pesaje en química	1	1	3	3
24	Cuidados en la manipulación de las pesas	1	1	3	3
25	Clasificación general de pesas y errores máximos permitidos	1	1	3	3
26	Propiedades de la balanza o parámetros de control. Principios físicos	1	1	3	3
27	Manejo de bloques patrón rectangulares de caras paralelas	1	1	3	3
28	Clasificación de Instrumentos patrones medidores de fuerza según Norma NTC 4350 y su correspondencia con la norma NTC ISO 7500-1	1	1	3	3
29	Inspección general	2	1	3	3
30	Interpretación de resultados y clasificación de máquinas de ensayo	1	1	3	3
31	Características de los instrumentos de medición de Par Torsional	1	1	3	3
32	Aplicando "Especificaciones de Exactitud"	2	4	3	4
33	Representación y transferencia de la unidad de energía eléctrica	4	1	3	4
34	Conceptos básicos en el área de mediciones eléctricas	6	6	3	6

35	Principales características de un oscilador	5	1	3	5
36	02.03.13. Principios de medición, principales técnicas y métodos de medición en tiempo y frecuencia	4	1	4	4
37	Descripción detallada método potenciométrico: equipos y materiales necesarios, requerimientos, indicaciones de calibración, recomendaciones, método de medición, etc.	1	1	3	3
38	Descripción de métodos de medición de la conductividad electrolítica (primario, secundario y potenciométrico)	1	1	3	3
39	Descripción detallada método potenciométrico: equipos y materiales necesarios, requerimientos, indicaciones de calibración, recomendaciones, método de medición, etc	1	1	3	3
40	Prácticas de manejo y medición con pie de rey	1	1	3	3
41	Diligenciamiento de Formatos (Toma de datos)	2	1	3	3
42	Procesamiento de datos	2	3	4	4
43	Reconocimiento de máquinas de ensayo de materiales	1	3	3	3
44	Reconocimiento de equipos auxiliares	2	3	3	3
45	Alistamiento y selección del equipo necesario para calibración de máquinas de ensayo	1	1	3	3
46	Termómetros de radiación: Presentación general de termómetros eléctricos. Fundamentos básicos de termometría de radiación. Práctica calibración de un termómetro de radiación y elementos de incertidumbre de medición	1	1	3	3
47	Clasificación y errores máximos tolerados	3	3	4	4
48	Conformidad metrológica	2	4	3	4
49	Generalidades de la automatización de la medición	2	5	5	5
50	Computadores y software	2	5	5	5
51	Fundamentos IEEE-488 (GPIB)	2	3	5	5
52	Fundamentos VXI y Firewire	2	3	5	5

Eje 3. Sistemas de calibración

Ítem	Concepto	Academia	Industria	Estado	Valor Máximo
1	Calculo de la capacidad de pipetas de pistón, densidad del agua y del liquido	1	1	3	3
2	Presupuesto de incertidumbre para el método gravimétrico en la calibración de pipetas de embolo/pistón ISO/ TR 20461 y Recomendación D.K.D 8.1	1	1	3	3
3	Métodos de Calibración. Comparación (ABBA y ABA) y Diseminación (matricial)	1	1	3	3
4	Factores que afectan el proceso de calibración	2	4	3	4
5	Calibración de equipos medidores de densidad de sólidos y de líquidos	1	1	3	3
6	Guía de calibración DAkkS-DKD R6-1	1	1	3	3
7	Transductores y transmisores de presión (Generalidades)	1	4	3	4
8	Medios de prueba y métodos de calibración transformadores de potencial en tensión y corriente	2	6	4	6
9	Método gravimétrico para calibración de Recipientes Volumétricos Metálicos y Patrones de Vidrio basados en las recomendaciones la OIML R-043 y OIML R-120 secuencia de operaciones y recomendaciones	1	1	3	3
10	Calibración de un espectrofotómetro en la escala de longitud de onda	1	1	3	3
11	Calibración de un espectrofotómetro en la escala fotométrica	1	1	3	3
12	Uso de materiales de referencia	2	1	3	3
13	Etapas de la calibración	2	4	4	4
14	Calibración de escala patrón mediante sistema óptico de medición y estimación de la incertidumbre	1	3	3	3
15	Calibración de tamiz y estimación de la incertidumbre	1	1	3	3
16	Calibración de anillo patrón y estimación de incertidumbre	1	1	3	3

17	Calibración de patrón de rosca cilíndrica externa y estimación de incertidumbre	1	1	3	3
18	Calibración de regla graduada teniendo como referencia la Recomendación 35 de la OIML	1	1	3	3
19	Calibración de cinta métrica bajo la Recomendación 35 de la OIML	1	1	3	3
20	Alistamiento y calibración de bloques patrón y estimación de la incertidumbre de acuerdo a la norma NTC 4302	1	1	3	3
21	Calibración de regla de rectitud y estimación de la incertidumbre	1	1	3	3
22	Calibración de nivel de burbuja y estimación de incertidumbre	1	1	3	3
23	Calibración de inclinómetro y estimación de incertidumbre	1	1	3	3
24	Calibración de herramientas de Par Torsional	1	1	3	3
25	Calibración de Instrumentos de Medida Eléctricas	3	1	3	3
26	Calibración de un cronómetro	1	1	4	4
27	Calibración de un tacómetro óptico	1	2	4	4
28	Calibración de un contador de frecuencia	3	3	4	4
29	Calibración de un generador de frecuencia	3	4	4	4
30	Calibración de osciladores en general	3	4	4	4
31	Calibración de termómetro digital	2	6	3	6
32	Calibración de un higrómetro: práctica	2	6	3	6
33	Aseguramiento metrológico de Instrumentos Volumétricos Patrón	1	0	3	3
34	Equipos de comparación – comparadores de masa	1	3	3	3
35	Conceptos generales sobre transformadores de potencial en tensión y corriente	2	6	5	6
36	Descripción de las características de los certificados de los recipientes volumétricos metálicos e importancia de los mismos en la industria	1	1	3	3
37	Especificaciones de los espectrofotómetros	1	1	3	3
38	Parámetros instrumentales	2	3	4	4
39	Balanzas de presión	1	6	3	6

40	Sistemas de calibración de Par Torsional	1	1	3	3
41	Masa y masa convencional	1	2	3	3
42	Normas técnicas colombianas e internacionales	1	6	3	6
43	Normatividad existente en medición de energía	2	6	4	6
44	Validación de métodos químicos cuantitativos	1	1	3	3
45	Repetición de ensayos	1	1	3	3
46	Participación en comparaciones interlaboratorio/ensayos de aptitud	2	2	3	3
47	Recomendaciones de uso y aseguramiento de calidad de resultados en pipetas de pistón	1	3	3	3
48	Elaboración de certificados de calibración para la magnitud de volumen	1	2	3	3
49	Certificado de calibración, convención sobre la incertidumbre calculada e incertidumbre reportada	2	2	3	3

Eje 4. Incertidumbre de medida o medición y aplicación de matemáticas

Ítem	Concepto	Academia	Industria	Estado	Valor Máximo
1	Dígitos significativos	3	5	5	5
2	Métodos de notación	3	4	5	5
3	Sistema de prefijo SI	3	6	5	6
4	Números preferidos ISO	3	5	5	5
5	Métodos de redondeo número	3	4	5	5
6	Otros problemas de formato numérico	3	6	5	6
7	Unidades del SI	3	6	5	6
8	Coherencia de las unidades SI	3	4	5	5
9	Incertidumbre en unidades derivadas SI	3	2	5	5
10	Factores de conversión y sus usos	3	1	5	5
11	Incertidumbres para algunas unidades fundamentales (Estándar y relativa)	3	4	5	5
12	Bases de numeración	3	3	5	5
13	Factores de conversión para la conversión entre unidades de medida equivalentes	3	3	5	5
14	Medidas de decibeles	2	1	4	4
15	Conceptos básicos	0	6	4	6
16	Estadística descriptiva	3	6	4	6

17	Funciones y operaciones con funciones	3	6	4	6
18	Nociones de Probabilidad:	3	6	5	6
19	Variables Aleatorias	3	6	5	6
20	Distribuciones de probabilidad y cálculo de probabilidades	3	6	5	6
21	Inferencia Estadística	3	6	4	6
22	Aplicación de la estadística en la estimación de incertidumbre	3	6	4	6
23	¿Qué es la incertidumbre?	2	6	5	6
24	Conceptos Básicos: Incertidumbre, calibración, precisión, exactitud, etc ...	2	6	5	6
25	Cifras significativas y expresión de la incertidumbre	2	6	5	6
26	Teorema del límite central	2	3	0	3
27	Relación de incertidumbre de prueba (TUR)	2	3	4	4
28	Relación de precisión de la prueba (TAR)	2	2	4	4
29	Sesgo	2	2	3	3
30	Error	2	4	4	4
31	Porcentaje de la tolerancia	2	4	4	4
32	Medidas de reproducibilidad y repetibilidad R&R	2	3	4	4
33	Coeficientes de sensibilidad	2	3	4	4
34	Grados efectivos de libertad	2	3	4	4
35	Coeficientes de correlación	2	3	4	4
36	Dominancia (componente dominante de incertidumbre)	1	1	4	4
37	Componentes de incertidumbre de resolución y repetibilidad	2	4	4	4
38	Factor de cobertura	2	4	4	4
39	Incertidumbre expandida	2	6	4	6
40	Componente de incertidumbre del patrón	2	6	4	6
41	Ambiente	2	5	4	5
42	Factores humanos	2	4	4	4
43	Métodos	2	4	4	4
44	Unidad bajo prueba (DUT)	2	6	4	6
45	Patrones de referencia	2	6	4	6
46	Materiales	2	6	4	6
47	Elementos clave y los pasos de la elaboración de un presupuesto de incertidumbre	2	2	4	4
48	Incertidumbre combinada y ampliada	2	1	4	4
49	Factores ponderados	2	1	4	4
50	Gráficos explicativos	2	1	4	4

51	Factores de cobertura	2	1	4	4
52	Niveles de confianza	2	2	4	4
53	Grados de libertad efectivos	2	2	4	4
54	Elementos de cálculo de la incertidumbre incluyendo la media, desviación estándar, suma raíz cuadrada (RSS), y la varianza	2	1	4	4
55	Estimación de la incertidumbre en una calibración	2	2	4	4
56	Aspecto numérico	2	2	4	4
57	Norma IEEE 754 y software de cálculo	2	1	5	5
58	El método CIPM de cálculo de la incertidumbre de medición	2	1	4	4
59	El método ISO de cálculo de la incertidumbre de medición	2	2	4	4
60	Combinando términos individuales de una manera coherente; el uso de formularios	2	2	4	4
61	La determinación de la incertidumbre para una medición absoluta	2	2	4	4
62	La determinación de la incertidumbre para una medición relativa	2	2	4	4
63	Identificar las incertidumbres en el proceso de medición	2	2	4	4
64	Evaluar y clasificar tipo de incertidumbre (Tipo A o B)	2	2	4	4
65	Documento en un presupuesto de incertidumbre	2	3	4	4
66	Combinar incertidumbres (RSS Método)	2	2	4	4
67	Informe incertidumbre	2	2	4	4
68	Estimación de la incertidumbre en la calibración de pesas. Elaboración del presupuesto	1	1	4	4
69	Estimación de incertidumbre para método gravimétrico basados en la norma ISO/ TR 20461 y la Recomendación Euramet cg-19	1	1	3	3
70	Estimación de la incertidumbre de calibración de cinta métrica	1	1	3	3
71	Estimación de la incertidumbre de calibración de regla graduada	1	1	3	3
72	Incertidumbre en Par Torsional	1	1	3	3
73	Estimación de Incertidumbre para variables de Corriente Continua y Corriente Alterna	3	1	4	4

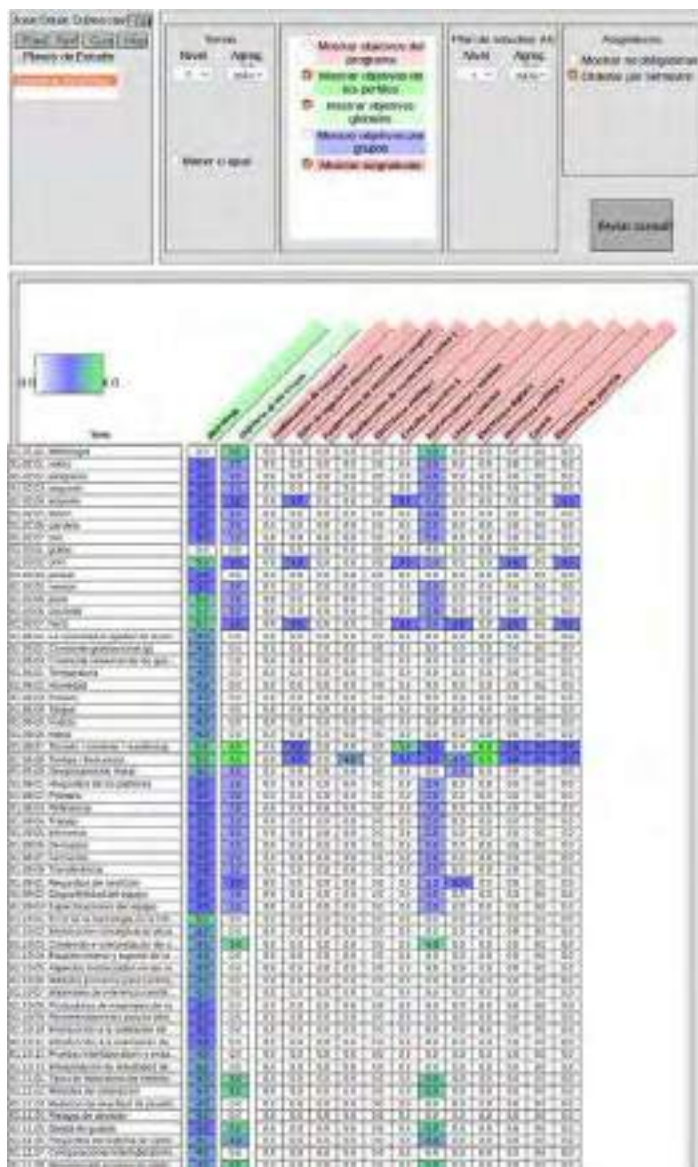
74	Cálculo del error y su incertidumbre de medida en instrumentos medidores de energía eléctrica	2	1	4	4
75	Incertidumbre en la medición de tiempo y frecuencia	3	2	5	5
76	Estimación de la incertidumbre de medida en temperatura	2	4	3	4
77	Estimación de incertidumbre para método gravimétrico basados en la norma ISO/ TR 20461	1	3	3	3
78	Análisis matemático y estadístico básico	2	2	5	5
79	Notación científica y la ingeniería	3	1	5	5
80	Conversiones del sistema Inglés al sistema Métrico	3	2	5	5
81	Ratios	3	1	0	3
82	Tablas, gráficos y diagramas	3	2	5	5
83	Redondeo, truncamiento, y cifras significativas	3	2	5	5
84	Orden de operación matemática	3	1	5	5
85	Ecuaciones algebraicas	3	1	5	5
86	Conversiones angular	3	1	5	5
87	Introducción a la estimación de la incertidumbre de medición	1	4	5	5
88	Aplicación de la guía para la estimación de la incertidumbre a métodos de medición químicos	1	1	3	3
89	Establecimiento de requisitos de incertidumbre en mediciones químicas	1	1	3	3
90	Consideraciones del método GUM en Química	1	1	3	3
91	Estimación de incertidumbre en métodos volumétricos	1	1	3	3
92	Estimación de incertidumbre en métodos gravimétricos	1	1	3	3
93	Calibración analítica e incertidumbre	1	1	3	3
94	Estimación de incertidumbre de medición por el método Kragten	1	2	2	2
95	Uso de datos de validación para la estimación de la incertidumbre de medición	1	3	5	5

Ítem	Concepto	Academia	Industria	Estado	Valor Máximo
1	Infraestructura de la calidad	2	3	5	5
2	Acuerdos de Reconocimiento Mutuo	2	3	5	5
3	Principios de la gestión de la calidad	2	3	5	5
4	Sistemas de Gestión en laboratorios	2	3	5	5
5	Objetivo y campo de aplicación ISO/IEC 10012: 2003	3	3	5	5
6	Presentación General de la Norma ISO/IEC 17025	2	3	5	5
7	Los “Cambios” de la ISO 17025 Integración de la filosofía de la ISO 9000	1	3	5	5
8	Estructura de la Norma ISO/IEC 17025	2	3	5	5
9	Tipos de auditorías tales como interno, externo, producto y proceso.	1	2	5	5
10	Funciones y responsabilidades del auditor, auditado, y el cliente.	1	2	5	5
11	Componentes de la auditoría, incluyendo pero no limitado a plan de auditoría, con fines de auditoría, y el estándar de auditoría.	1	2	5	5
12	Herramientas de auditoría, tales como lista de comprobación, y el informe final	1	3	5	5
13	Identificación 1. No conformidad	1	2	5	5
14	Evaluación de impacto	1	1	5	5
15	Peligros y de seguridad del equipo	2	2	5	5
16	Salud y seguridad ocupacional	2	2	5	5
17	Gestión interna	1	2	5	5
18	Condición de pre calibración y calibración posterior	2	3	5	5
19	Conceptos metrológicos y de calidad	2	4	5	5
20	Paralelo Certificación / Acreditación ISO 9000: 2000 / ISO-IEC 17025. Certificación Acreditación<--BR-->	2	4	5	5
21	¿Qué son los estándares de calidad y por qué son importantes?	2	1	5	5
22	El papel de la ISO	2	1	5	5
23	Evolución de Estándares de Calidad	2	3	2	3
24	Historia de Estándares de Calidad - 1900-1940	1	4	2	4
25	Historia de Estándares de Calidad - 1940 hasta la actualidad	1	2	5	5
26	ISO 9001	1	3	5	5

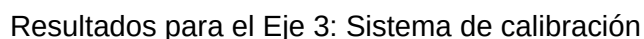
27	Administración de drogas y alimentos de U.S., Buenas practicas actuales de fabricación FDA (cGMP)	1	1	4	4
28	Otros requisitos de la industria	1	3	3	3
29	Computadores y automatización	2	3	5	5
30	Mejores practicas	1	3	5	5
31	Responsabilidades organizacionales del personal	1	3	5	5
32	Procesos de flujo de trabajo	1	2	5	5
33	Presupuestación y Gestión de Recursos	1	2	5	5
34	Vendedores y proveedores	1	6	5	6
35	Servicio de limpieza y seguridad	1	6	5	6

F. Anexo 6: Resultados de la herramienta computacional

Resultados para el Eje 1: Metrología general



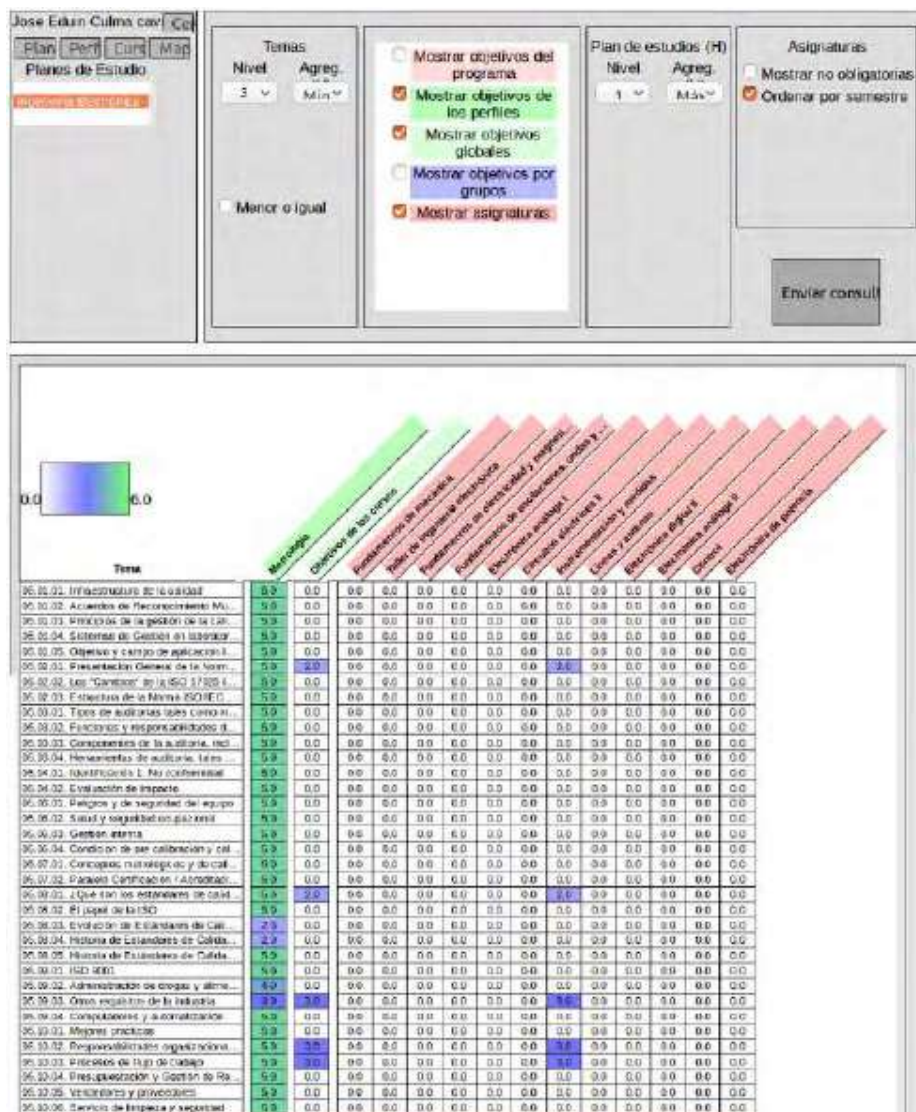
Resultados para el Eje 2: Sistema de medida o medición



[illegible]

[illegible]

Resultados Eje 5: Sistemas y estándares de calidad



G. Anexo 7: Resultados sugeridos versus hallados

Eje temático 1.

Ítem	# de Nodo	Concepto	Sugerido	Hallado
1	01.01.01.	Metrología	1	5
2	01.02.01.	metro	6	2
3	01.02.02.	kilogramo	6	2
4	01.02.03.	segundo	6	2
5	01.02.04.	amperio	6	3
6	01.02.05.	kelvin	6	2
7	01.02.06.	candela	3	2
8	01.02.07.	mol	3	2
9	01.03.01.	grado	6	0
10	01.03.02.	ohm	6	3
11	01.03.03.	pascal	6	0
12	01.03.04.	newton	3	2
13	01.03.05.	joule	5	2
14	01.03.06.	coulomb	5	2
15	01.03.07.	hertz	6	3
16	01.05.01.	La velocidad o rapidez de la luz en el vacío (c)	4	0
17	01.05.02.	Constante gravitacional (g)	4	0
18	01.05.03.	Constante universal de los gases (R)	4	0
19	01.06.01.	Temperatura	6	0
20	01.06.02.	Humedad	6	0
21	01.06.03.	Presión	6	0
22	01.06.04.	Torque	4	0
23	01.06.05.	Fuerza	4	0
24	01.06.06.	masa	6	0
25	01.06.07.	Tensión / corriente / resistencia	6	6
26	01.06.08.	Tiempo / frecuencia	6	6

27	01.06.09.	Desplazamiento lineal	4	2
28	01.08.01.	Requisitos de los patrones	6	2
29	01.08.02.	Primaria	6	2
30	01.08.03.	Referencia	6	2
31	01.08.04.	Trabajo	6	2
32	01.08.05.	Intrinseca	3	2
33	01.08.06.	Derivados	3	2
34	01.08.07.	Consenso	3	2
35	01.08.08.	Transferencia	3	2
36	01.09.01.	Requisitos de medición	6	3
37	01.09.02.	Disponibilidad del equipo	6	2
38	01.09.03.	Especificaciones del equipo	5	2
39	01.10.01.	El rol de la metrología en la infraestructura de la calidad	5	0
40	01.10.02.	Introducción conceptual al Vocabulario Internacional de metrología VIM	4	0
41	01.10.03.	Contenido e interpretación de un certificado de calibración	5	5
42	01.10.04.	Establecimiento y soporte de la trazabilidad en medidas químicas	4	0
43	01.10.05.	Aspectos involucrados en las mediciones químicas	4	0
44	01.10.06.	Métodos primarios para cantidad de sustancia	4	0
45	01.10.07.	Materiales de referencia certificados	4	0
46	01.10.08.	Productores de materiales de referencia (Generalidades de la guía ISO 34)	3	0
47	01.10.09.	Recomendaciones para la selección y manipulación de materiales de referencia	3	0
48	01.10.10.	Introducción a la validación de métodos de análisis químico	3	0
49	01.10.11.	Introducción a la estimación de la incertidumbre de medición en mediciones químicas	6	0
50	01.10.12.	Pruebas interlaboratorio y ensayos de aptitud	4	0
51	01.10.13.	Interpretación de resultados de pruebas interlaboratorio	4	0
52	01.11.01.	Tipos de laboratorio de metrología	6	5
53	01.11.02.	Métodos de calibración	6	5
54	01.11.03.	Relación de exactitud de prueba	5	0
55	01.11.04.	Riesgos de decisión	4	0
56	01.11.05.	Banda de guarda	3	5
57	01.11.06.	Requisitos del sistema de calibración	4	4

58	01.11.07.	Comparaciones interlaboratorio y competencia técnica	4	0
59	01.11.08.	Resumen del proceso de calibración	4	5

Eje temático 2.

Ítem	# de Nodo	Concepto	Sugerido	Hallado
1	02.01.01.	Definición de términos: medición, valor verdadero, error de medición, variación del sistema de medición, variación del sistema de prueba, repetibilidad y variación del Dispositivo Bajo Prueba DUT	6	6
2	02.01.02.	Rendimiento del instrumento: precisión, precisión frente a precisión, incertidumbre, resolución, sensibilidad, linealidad, estabilidad y estándares	6	5
3	02.01.03.	Tipos de resultados de medición	6	5
4	02.01.04.	Unidades de medida	6	3
5	02.01.05.	Capacidad de proceso de medición	6	5
6	02.01.06.	Relación de señal a ruido	6	3
7	02.01.07.	Relación de precisión a tolerancia	6	0
8	02.01.08.	Errores de medición: errores en los patrones, errores de calibración, errores de deriva, errores del operador, errores aleatorios, errores sistemáticos	4	2
9	02.01.09.	Estimación de errores de medición: descripción y comparación de metodologías	3	5
10	02.01.10.	Estimando el costo de los errores de medición	4	0
11	02.02.01.	Instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático (balanzas - básculas). Calibración GUIA SIM MWG7:2009 y conformidad de clase, según OIML R – 76 (2006)	3	0
12	02.02.02.	Estimación de la incertidumbre en procesos de medición de masa	3	0
13	02.02.03.	Medición de Par Torsional	3	0
14	02.02.04.	Instrumentos de medidas eléctricas	6	6
15	02.02.05.	Señales patrón para medición en tiempo y frecuencia	6	4
16	02.02.06.	Sistemas de medición en temperatura	6	3
17	02.02.07.	Métodos de medición: Método gravimétrico, Higrómetro de punto de rocío, Psicrómetro, Medidor de humedad de sensor mecánico (higrómetro e higrógrafo), Medidor capacitivo y resistivo de humedad	3	0
18	02.02.08.	Principio de medición general del pH y desarrollo matemático	3	0

19	02.02.09.	Descripción de métodos de medición del pH (primario, secundario y potenciométrico)	3	0
20	02.02.10.	Medición del pH con método potenciométrico: calibración de electrodo y pH-metro, medición multipunto, análisis de resultados y cálculo de incertidumbre de una muestra ejemplo	3	0
21	02.02.11.	Principio de medición general de la Conductividad Electrolítica. y desarrollo matemático	3	0
22	02.02.12.	Medición de la Conductividad Electrolítica con método potenciométrico: calibración de las celdas y conductímetro, medición multipunto, análisis de resultados y cálculo de incertidumbre de una muestra ejemplo	3	0
23	02.02.13.	Introducción a las buenas prácticas de pesaje en química	3	0
24	02.03.01.	Cuidados en la manipulación de las pesas	3	1
25	02.03.02.	Clasificación general de pesas y errores máximos permitidos	3	1
26	02.03.03.	Propiedades de la balanza o parámetros de control. Principios físicos	3	0
27	02.03.04.	Manejo de bloques patrón rectangulares de caras paralelas	3	0
28	02.03.05.	Clasificación de Instrumentos patrones medidores de fuerza según Norma NTC 4350 y su correspondencia con la norma NTC ISO 7500-1	3	0
29	02.03.06.	Inspección general	3	3
30	02.03.07.	Interpretación de resultados y clasificación de máquinas de ensayo	3	0
31	02.03.08.	Características de los instrumentos de medición de Par Torsional	3	0
32	02.03.09.	Aplicando "Especificaciones de Exactitud"	4	3
33	02.03.10.	Representación y transferencia de la unidad de energía eléctrica	4	6
34	02.03.11.	Conceptos básicos en el área de mediciones eléctricas	6	5
35	02.03.12.	Principales características de un oscilador	5	4
36	02.03.13.	02.03.13. Principios de medición, principales técnicas y métodos de medición en tiempo y frecuencia	4	5
37	02.03.14.	Descripción detallada método potenciométrico: equipos y materiales necesarios, requerimientos, indicaciones de calibración, recomendaciones, método de medición, etc.	3	0

38	02.03.15.	Descripción de métodos de medición de la conductividad electrolítica (primario, secundario y potenciométrico)	3	0
39	02.03.16.	Descripción detallada método potenciométrico: equipos y materiales necesarios, requerimientos, indicaciones de calibración, recomendaciones, método de medición, etc	3	2
40	02.04.01.	Prácticas de manejo y medición con pie de rey	3	1
41	02.04.02.	Diligenciamiento de Formatos (Toma de datos)	3	0
42	02.04.03.	Procesamiento de datos	4	3
43	02.05.01.	Reconocimiento de máquinas de ensayo de materiales	3	0
44	02.05.02.	Reconocimiento de equipos auxiliares	3	2
45	02.05.03.	Alistamiento y selección del equipo necesario para calibración de máquinas de ensayo	3	0
46	02.05.04.	Termómetros de radiación: Presentación general de termómetros eléctricos. Fundamentos básicos de termometría de radiación. Práctica calibración de un termómetro de radiación y elementos de incertidumbre de medición	3	0
47	02.06.01.	Clasificación y errores máximos tolerados	4	5
48	02.07.01.	Conformidad metrológica	4	1
49	02.08.01.	Generalidades de la automatización de la medición	5	0
50	02.08.02.	Computadores y software	5	5
51	02.08.03.	Fundamentos IEEE-488 (GPIB)	5	0
52	02.08.04.	Fundamentos VXI y Firewire	5	0

Eje temático 3.

Ítem	# de Nodo	Concepto	Sugerido	Hallado
1	03.01.01.	Calculo de la capacidad de pipetas de pistón, densidad del agua y del líquido	3	0
2	03.01.02.	Presupuesto de incertidumbre para el método gravimétrico en la calibración de pipetas de embolo/pistón ISO/ TR 20461 y Recomendación D.K.D 8.1	3	0
3	03.01.03.	Métodos de Calibración. Comparación (ABBA y ABA) y Diseminación (matricial)	3	0
4	03.01.04.	Factores que afectan el proceso de calibración	4	0
5	03.01.05.	Calibración de equipos medidores de densidad de sólidos y de líquidos	3	0
6	03.01.06.	Guía de calibración DAkkS-DKD R6-1	3	0

7	03.01.07.	Transductores y transmisores de presión (Generalidades)	4	0
8	03.01.08.	Medios de prueba y métodos de calibración transformadores de potencial en tensión y corriente	6	0
9	03.01.09.	Método gravimétrico para calibración de Recipientes Volumétricos Metálicos y Patrones de Vidrio basados en las recomendaciones la OIML R-043 y OIML R-120 secuencia de operaciones y recomendaciones	3	0
10	03.01.10.	Calibración de un espectrofotómetro en la escala de longitud de onda	3	0
11	03.01.11.	Calibración de un espectrofotómetro en la escala fotométrica	3	0
12	03.01.12.	Uso de materiales de referencia	3	0
13	03.01.13.	Etapas de la calibración	4	5
14	03.01.14.	Calibración de escala patrón mediante sistema óptico de medición y estimación de la incertidumbre	3	0
15	03.01.15.	Calibración de tamiz y estimación de la incertidumbre	3	0
16	03.01.16.	Calibración de anillo patrón y estimación de incertidumbre	3	0
17	03.01.17.	Calibración de patrón de rosca cilíndrica externa y estimación de incertidumbre	3	0
18	03.01.18.	Calibración de regla graduada teniendo como referencia la Recomendación 35 de la OIML	3	0
19	03.01.19.	Calibración de cinta métrica bajo la Recomendación 35 de la OIML	3	0
20	03.01.20.	Alistamiento y calibración de bloques patrón y estimación de la incertidumbre de acuerdo a la norma NTC 4302	3	0
21	03.01.21.	Calibración de regla de rectitud y estimación de la incertidumbre	3	0
22	03.01.22.	Calibración de nivel de burbuja y estimación de incertidumbre	3	0
23	03.01.23.	Calibración de inclinómetro y estimación de incertidumbre	3	0
24	03.01.24.	Calibración de herramientas de Par Torsional	3	0
25	03.01.25.	Calibración de Instrumentos de Medida Eléctricas	3	5
26	03.01.26.	Calibración de un cronómetro	4	0
27	03.01.27.	Calibración de un tacómetro óptico	4	0
28	03.01.28.	Calibración de un contador de frecuencia	4	0
29	03.01.29.	Calibración de un generador de frecuencia	4	0
30	03.01.30.	Calibración de osciladores en general	4	0

31	03.01.31.	Calibración de termómetro digital	6	0
32	03.01.32.	Calibración de un higrómetro: práctica	6	0
33	03.02.01.	Aseguramiento metrológico de Instrumentos Volumétricos Patrón	3	0
34	03.03.01.	Equipos de comparación – comparadores de masa	3	0
35	03.03.02.	Conceptos generales sobre transformadores de potencial en tensión y corriente	6	5
36	03.03.03.	Descripción de las características de los certificados de los recipientes volumétricos metálicos e importancia de los mismos en la industria	3	0
37	03.03.04.	Especificaciones de los espectrofotómetros	3	0
38	03.03.05.	Parámetros instrumentales	4	6
39	03.05.01.	Balanzas de presión	6	0
40	03.05.02.	Sistemas de calibración de Par Torsional	3	0
41	03.06.01.	Masa y masa convencional	3	0
42	03.06.02.	Normas técnicas colombianas e internacionales	6	0
43	03.06.03.	Normatividad existente en medición de energía	6	0
44	03.06.04.	Validación de métodos químicos cuantitativos	3	0
45	03.06.05.	Repetición de ensayos	3	0
46	03.06.06.	Participación en comparaciones interlaboratorio/ensayos de aptitud	3	0
47	03.07.01.	Recomendaciones de uso y aseguramiento de calidad de resultados en pipetas de pistón	3	0
48	03.08.01.	Elaboración de certificados de calibración para la magnitud de volumen	3	0
49	03.08.02.	Certificado de calibración, convención sobre la incertidumbre calculada e incertidumbre reportada	3	0

Eje temático 4.

Ítem	# de Nodo	Concepto	Sugerido	Hallado
1	04.01.01.	Dígitos significativos	5	5
2	04.01.02.	Métodos de notación	5	5
3	04.01.03.	Sistema de prefijo SI	6	5
4	04.01.04.	Números preferidos ISO	5	5
5	04.01.05.	Métodos de redondeo número	5	5
6	04.01.06.	Otros problemas de formato numérico	6	0
7	04.02.01.	Unidades del SI	6	5
8	04.02.02.	Coherencia de las unidades SI	5	5
9	04.02.03.	Incertidumbre en unidades derivadas SI	5	5
10	04.02.04.	Factores de conversión y sus usos	5	5

11	04.02.05.	Incertidumbres para algunas unidades fundamentales (Estándar y relativa)	5	5
12	04.02.06.	Bases de numeración	5	5
13	04.02.07.	Factores de conversión para la conversión entre unidades de medida equivalentes	5	5
14	04.03.01.	Medidas de decibeles	4	3
15	04.04.01.	Conceptos básicos	6	3
16	04.04.02.	Estadística descriptiva	6	1
17	04.04.03.	Funciones y operaciones con funciones	6	1
18	04.04.04.	Nociones de Probabilidad:	6	1
19	04.04.05.	Variables Aleatorias	6	1
20	04.04.06.	Distribuciones de probabilidad y cálculo de probabilidades	6	1
21	04.04.07.	Inferencia Estadística	6	1
22	04.04.08.	Aplicación de la estadística en la estimación de incertidumbre	6	5
23	04.05.01.	¿Qué es la incertidumbre?	6	5
24	04.05.02.	Conceptos Básicos: Incertidumbre, calibración, precisión, exactitud, etc ...	6	5
25	04.05.03.	Cifras significativas y expresión de la incertidumbre	6	5
26	04.05.04.	Teorema del límite central	3	0
27	04.05.05.	Relación de incertidumbre de prueba (TUR)	4	0
28	04.05.06.	Relación de precisión de la prueba (TAR)	4	0
29	04.05.07.	Sesgo	3	0
30	04.05.08.	Error	4	5
31	04.05.09.	Porcentaje de la tolerancia	4	5
32	04.05.10.	Medidas de reproducibilidad y repetibilidad R&R	4	5
33	04.06.01.	Coeficientes de sensibilidad	4	5
34	04.06.02.	Grados efectivos de libertad	4	0
35	04.06.03.	Coeficientes de correlación	4	0
36	04.08.01.	Dominancia (componente dominante de incertidumbre)	4	4
37	04.08.02.	Componentes de incertidumbre de resolución y repetibilidad	4	4
38	04.08.03.	Factor de cobertura	4	4
39	04.08.04.	Incertidumbre expandida	6	5
40	04.08.05.	Componente de incertidumbre del patrón	6	5
41	04.08.06.	Ambiente	5	0
42	04.08.07.	Factores humanos	4	5
43	04.08.08.	Métodos	4	5
44	04.08.09.	Unidad bajo prueba (DUT)	6	5

45	04.08.10.	Patrones de referencia	6	5
46	04.08.11.	Materiales	6	5
47	04.08.12.	Elementos clave y los pasos de la elaboración de un presupuesto de incertidumbre	4	4
48	04.09.01.	Incertidumbre combinada y ampliada	4	4
49	04.09.02.	Factores ponderados	4	5
50	04.09.03.	Gráficos explicativos	4	5
51	04.09.04.	Factores de cobertura	4	5
52	04.09.05.	Niveles de confianza	4	5
53	04.09.06.	Grados de libertad efectivos	4	5
54	04.09.07.	Elementos de cálculo de la incertidumbre incluyendo la media, desviación estándar, suma raíz cuadrada (RSS), y la varianza	4	5
55	04.09.08.	Estimación de la incertidumbre en una calibración	4	5
56	04.09.09.	Aspecto numérico	4	3
57	04.09.10.	Norma IEEE 754 y software de cálculo	5	0
58	04.09.11.	El método CIPM de cálculo de la incertidumbre de medición	4	0
59	04.09.12.	El método ISO de cálculo de la incertidumbre de medición	4	0
60	04.09.13.	Combinando términos individuales de una manera coherente; el uso de formularios	4	3
61	04.09.14.	La determinación de la incertidumbre para una medición absoluta	4	5
62	04.09.15.	La determinación de la incertidumbre para una medición relativa	4	5
63	04.09.16.	Identificar las incertidumbres en el proceso de medición	4	5
64	04.09.17.	Evaluar y clasificar tipo de incertidumbre (Tipo A o B)	4	5
65	04.09.18.	Documento en un presupuesto de incertidumbre	4	3
66	04.09.19.	Combinar incertidumbres (RSS Método)	4	3
67	04.09.20.	Informe incertidumbre	4	3
68	04.09.21.	Estimación de la incertidumbre en la calibración de pesas. Elaboración del presupuesto	4	3
69	04.09.22.	Estimación de incertidumbre para método gravimétrico basados en la norma ISO/ TR 20461 y la Recomendación Euramet cg-19	3	0
70	04.09.23.	Estimación de la incertidumbre de calibración de cinta métrica	3	0
71	04.09.24.	Estimación de la incertidumbre de calibración de regla graduada	3	0
72	04.09.25.	Incertidumbre en Par Torsional	3	0

73	04.09.26.	Estimación de Incertidumbre para variables de Corriente Continua y Corriente Alterna	4	0
74	04.09.27.	Cálculo del error y su incertidumbre de medida en instrumentos medidores de energía eléctrica	4	3
75	04.09.28.	Incertidumbre en la medición de tiempo y frecuencia	5	3
76	04.09.29.	Estimación de la incertidumbre de medida en temperatura	4	0
77	04.09.30.	Estimación de incertidumbre para método gravimétrico basados en la norma ISO/ TR 20461	3	0
78	04.10.01.	Análisis matemático y estadístico básico	5	5
79	04.10.02.	Notación científica y la ingeniería	5	5
80	04.10.03.	Conversiones del sistema Inglés al sistema Métrico	5	3
81	04.10.04.	Ratios	3	0
82	04.10.05.	Tablas, gráficos y diagramas	5	3
83	04.10.06.	Redondeo, truncamiento, y cifras significativas	5	3
84	04.10.07.	Orden de operación matemática	5	3
85	04.10.08.	Ecuaciones algebraicas	5	3
86	04.10.09.	Conversiones angular	5	3
87	04.11.01.	Introducción a la estimación de la incertidumbre de medición	5	3
88	04.11.02.	Aplicación de la guía para la estimación de la incertidumbre a métodos de medición químicos	3	0
89	04.11.03.	Establecimiento de requisitos de incertidumbre en mediciones químicas	3	0
90	04.11.04.	Consideraciones del método GUM en Química	3	0
91	04.11.05.	Estimación de incertidumbre en métodos volumétricos	3	0
92	04.11.06.	Estimación de incertidumbre en métodos gravimétricos	3	0
93	04.11.07.	Calibración analítica e incertidumbre	3	0
94	04.11.08.	Estimación de incertidumbre de medición por el método Kragten	2	0
95	04.11.09.	Uso de datos de validación para la estimación de la incertidumbre de medición	5	0

Eje temático 5.

Ítem	# de Nodo	Concepto	Sugerido	Hallado

1	05.01.01.	Infraestructura de la calidad	5	0
2	05.01.02.	Acuerdos de Reconocimiento Mutuo	5	0
3	05.01.03.	Principios de la gestión de la calidad	5	0
4	05.01.04.	Sistemas de Gestión en laboratorios	5	0
5	05.01.05.	Objetivo y campo de aplicación ISO/IEC 10012: 2003	5	0
6	05.02.01.	Presentación General de la Norma ISO/IEC 17025	5	2
7	05.02.02.	Los "Cambios" de la ISO 17025 Integración de la filosofía de la ISO 9000	5	0
8	05.02.03.	Estructura de la Norma ISO/IEC 17025	5	0
9	05.03.01.	Tipos de auditorías tales como interno, externo, producto y proceso.	5	0
10	05.03.02.	Funciones y responsabilidades del auditor, auditado, y el cliente.	5	0
11	05.03.03.	Componentes de la auditoría, incluyendo pero no limitado a plan de auditoría, con fines de auditoría, y el estándar de auditoría.	5	0
12	05.03.04.	Herramientas de auditoría, tales como lista de comprobación, y el informe final	5	0
13	05.04.01.	Identificación 1. No conformidad	5	0
14	05.04.02.	Evaluación de impacto	5	0
15	05.06.01.	Peligros y de seguridad del equipo	5	0
16	05.06.02.	Salud y seguridad ocupacional	5	0
17	05.06.03.	Gestión interna	5	0
18	05.06.04.	Condición de pre calibración y calibración posterior	5	0
19	05.07.01.	Conceptos metroológicos y de calidad	5	0
20	05.07.02.	Paralelo Certificación / Acreditación ISO 9000: 2000 / ISO-IEC 17025, Certificación Acreditación<--BR-->	5	0
21	05.08.01.	¿Qué son los estándares de calidad y por qué son importantes?	5	2
22	05.08.02.	El papel de la ISO	5	0
23	05.08.03.	Evolución de Estándares de Calidad	3	0
24	05.08.04.	Historia de Estándares de Calidad - 1900-1940	4	0
25	05.08.05.	Historia de Estándares de Calidad - 1940 hasta la actualidad	5	0
26	05.09.01.	ISO 9001	5	0
27	05.09.02.	Administración de drogas y alimentos de U.S., Buenas practicas actuales de fabricación FDA (cGMP)	4	0
28	05.09.03.	Otros requisitos de la industria	3	3
29	05.09.04.	Computadores y automatización	5	0
30	05.10.01.	Mejores practicas	5	0

31	05.10.02.	Responsabilidades organizacionales del personal	5	3
32	05.10.03.	Procesos de flujo de trabajo	5	3
33	05.10.04.	Presupuestación y Gestión de Recursos	5	0
34	05.10.05.	Vendedores y proveedores	6	0
35	05.10.06.	Servicio de limpieza y seguridad	6	0

H. Anexo 8: Entrevista DOFA

FORTALEZAS

ANÁLISIS GENERAL POR EJES:

1. EVALUACIÓN INICIAL DE LOS EJES CONSIDERADOS COMO FORTALEZAS CON RAZONES.

Desde la perspectiva de metrología, ¿cuáles son los ejes más valiosos para (industria/academia/estado) dentro de los contenidos hallados en el programa de ingeniería electrónica? ¿Por qué?

Esta respuesta es la primera que debe darse después de hacer el análisis de los resultados mostrados para cada una de las áreas.

- Observación 1:

- Observación 2:

- Observación 3:

2. EVALUACIÓN DE EJES QUE A FUTURO PODRÍAN VOLVERSE FORTALEZAS (NO LO SON AHORA).

¿Qué ejes podrían, desde la perspectiva de (industria/academia/estado), llegar a convertirse en fortalezas del programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia? ¿Por qué?

- Observación 1:

- Observación 2:

- Observación 3:

3. EVALUACIÓN DE PRIORIZACIÓN (ES DECIR CUÁLES EJES DEBEN CONTINUAR SIENDO IMPORTANTES DESDE LA PERSPECTIVA DEL EXPERTO Y PARA SU ÁREA).

De los ejes considerados como fuertes, de acuerdo con las necesidades de (industria/academia/estado), ¿cuál debería priorizarse? ¿Por qué?

Ojo, en esta respuesta, el entrevistado debe usar uno de los ejes fuertes ya mencionados en la pregunta 1. Esto debe tenerse en cuenta para que no se confunda con la priorización de un eje que NO se considera como fortaleza.

- ---

ANÁLISIS ESPECÍFICO DE CONCEPTOS HALLADOS:

AHONDAR EN ASPECTOS MUCHO MÁS PUNTUALES RELACIONADOS CON LOS CONCEPTOS.

Desde la perspectiva de (industria/academia/estado), enumere los tres conceptos hallados que usted considera como lo más fuertes. ¿Por qué, según su experticia, estos conceptos son particularmente fuertes?

- Concepto 1: (nivel sugerido versus nivel hallado):

- Concepto 2: (nivel sugerido versus nivel hallado):

- Concepto 3: (nivel sugerido versus nivel hallado):

OPORTUNIDADES

Puede haber puntos en común con relación a las estrategias (oportunidades) de mejora, sin embargo, la idea es que dichas estrategias puedan atacar o abordar las características propias de los ejes, ya sean débiles o fuertes. Cuando las estrategias sean iguales, debe guiarse al entrevistado a que profundice en las particularidades propias de las estrategias comunes, pero desde las perspectivas de o debilidades o fortalezas (aquí es dónde las estrategias tienen diferencias y esto es lo que se busca).

1. EVALUACIÓN DE POSIBILIDADES DE MEJORA DE FORTALEZAS DENTRO DEL ÁREA DE EXPERTICIA EN PARTICULAR.

Desde su área de experticia, ¿cómo un profesional de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional podría maximizar los ejes considerados como fuertes? Mencione tres estrategias en particular que considere particularmente efectivas.

*No olvidar o referenciar la información plasmada anteriormente en FORTALEZAS. Esta respuesta está asociada de manera directa a esa información preliminar. NO SE PUEDEN MENCIONAR ESTRATEGIAS DE MEJORAS PARA EJES QUE **NO** SON FUERTES.*

- Observación 1:

- Observación 2:

- Observación 3:

2. EVALUACIÓN DE POSIBILIDADES DE MEJORA DE DEBILIDADES DENTRO DEL ÁREA DE EXPERTICIA EN PARTICULAR.

Desde su área de experticia, ¿cómo un profesional de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional podría mejorar los ejes considerados como débiles? Mencione tres estrategias en particular que considere particularmente efectivas.

*No olvidar o referenciar la información plasmada anteriormente en DEBILIDADES. Esta respuesta está asociada de manera directa a esa información preliminar. NO SE PUEDEN MENCIONAR ESTRATEGIAS DE MEJORAS PARA EJES QUE **NO** SON DÉBILES.*

- Observación 1:

- Observación 2:

- Observación 3:

3. EVALUACIÓN DE POSIBILIDADES DE MEJORA DESDE UNA PERSPECTIVA EXTERNA AL ÁREA DE EXPERTICIA EN PARTICULAR.

Bajo su consideración, ¿qué otro tipo de estrategias, para los ejes metrológicos, pueden ser útiles como oportunidades de mejora fuera de su área de experticia?

Esto quiere decir que se le debe insinuar al experto acerca de las otras dos áreas que no son de su experticia. Por ejemplo, al entrevistar industria, se le debe preguntar acerca de si conoce acerca de las estrategias usadas en academia o estados, y viceversa.

- Observación 1:

- Observación 2:

- Observación 3:

DEBILIDADES

ANÁLISIS GENERAL POR EJES:

1. EVALUACIÓN INICIAL DE LOS EJES CONSIDERADOS COMO DEBILIDADES CON RAZONES.

Desde la perspectiva de metrología, ¿cuáles son los ejes más débiles para (industria/academia/estado) dentro de los contenidos hallados en el programa de ingeniería electrónica? ¿Por qué?

Esta respuesta es la primera que debe darse después de hacer el análisis de los resultados mostrados para cada una de las áreas.

- Observación 1:

- Observación 2:

- Observación 3:

2. EVALUACIÓN DE EJES QUE A FUTURO PODRÍAN VOLVERSE OBSTÁCULOS PARA EL PROFESIONAL EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA.

De acuerdo con los resultados hallados para cada uno de los ejes metroológicos, ¿qué obstáculos tendría un profesional del programa de ingeniería electrónica de la Universidad Nacional de Colombia, dentro de (industria/academia/estado)? ¿Por qué?

Recuerda que en esta pregunta, debe guiarse al entrevistado para que de su opinión con relación a las limitaciones que tendría un profesional de ingeniería electrónica dentro de su área de su área de experticia, en lo que concierne a metrología.

- Observación 1:

- Observación 2:

- Observación 3:

3. EVALUACIÓN DE PRIORIZACIÓN.

De los ejes considerados como débiles, de acuerdo con las necesidades de (industria/academia/estado), ¿cuál debería priorizarse para que deje de ser una debilidad relacionada con el profesional? ¿Por qué?

Ojo, en esta respuesta, el entrevistado debe usar uno de los ejes débiles ya mencionados en la pregunta 1.

- ---

4. SUSCEPTIBILIDAD DE TRANSFORMACIÓN DE LAS DEBILIDADES.

Bajo su concepto, ¿cree que es posible que los ejes débiles mencionados con anterioridad son susceptibles de convertirse en fortalezas? ¿Cómo consideraría esto posible? (Mencione dos formas de hacerlo).

Hay dos respuestas para este inciso: La primera se responde como sí o no, y se debe dar un porque desde la perspectiva de experticia. La segunda debe dar herramientas o elementos para formular estrategias de la transición de los ejes de debilidades a fortalezas.

Respuesta

1:

Respuesta 2:

- ---

- ---

ANÁLISIS ESPECÍFICO DE CONCEPTOS HALLADOS:

AHONDAR EN ASPECTOS MUCHO MÁS PUNTUALES RELACIONADOS CON LOS CONCEPTOS.

Desde la perspectiva de (industria/academia/estado), enumere los tres conceptos hallados que usted considera como los más débiles. ¿Por qué, según su experticia, estos conceptos son particularmente débiles?

- Concepto 1: (nivel sugerido versus nivel hallado):

- Concepto 2: (nivel sugerido versus nivel hallado):

- Concepto 3: (nivel sugerido versus nivel hallado):

AMENAZAS

1. EVALUACIÓN, DENTRO DEL ÁREA DE EXPERTICIA EN PARTICULAR, DE AMENAZAS RELACIONADAS CON FORTALEZAS.

Desde su área de experticia, ¿qué amenazas ponen en peligro los ejes de fortalezas metrológicas mencionados con anterioridad? Mencione tres amenazas en particular que considere deben tenerse en cuenta.

*No olvidar o referenciar la información plasmada anteriormente en FORTALEZAS. Esta respuesta está asociada de manera directa a esa información preliminar. NO SE PUEDEN MENCIONAR AMENAZAS PARA EJES QUE **NO** SON FUERTES.*

- Observación 1:

- Observación 2:

- Observación 3:

2. EVALUACIÓN, DENTRO DEL ÁREA DE EXPERTICIA EN PARTICULAR, DE AMENAZAS RELACIONADAS CON DEBILIDADES.

Desde su área de experticia, ¿qué debilidades pueden empeorar con las amenazas mencionadas anteriormente y bajo qué circunstancias?

- Observación 1:

- Observación 2:

- Observación 3:

**3. EVALUACIÓN, DENTRO DEL ÁREA DE EXPERTICIA EN PARTICULAR, DE
AMENAZAS RELACIONADAS CON OPORTUNIDADES.**

Bajo su consideración, ¿qué amenazas impedirían llevar a cabo las oportunidades identificadas con anterioridad?

Recuerda que hay una referenciación directa a TODAS las oportunidades de mejora, tanto para fortalezas como para debilidades, y también pueden incluirse las externas.

- Observación 1:

- Observación 2:

- Observación 3:

-

Bibliografía

- [1] G. L. Harris and M. I. Peña, "The Journal of Measurement Science A Review and Survey of Metrology Outreach Efforts in Post-Secondary Education," *A Rev. Surv. Metrol. Outreach Efforts Post-Secondary Educ. NCSLI Meas.*, vol. 11, no. 1, pp. 37–51, 2016.
- [2] Wikipedia, "American Society for Quality," 2018. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/American_Society_for_Quality.
- [3] Wikipedia, "Agilent Technologies," 2019. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Agilent_Technologies.
- [4] ASQ, "CERTIFIED CALIBRATION TECHNICIAN (CCT) BODY OF KNOWLEDGE MAP 2017," 2017.
- [5] ASQ, "Certified Calibration Technician (CCT) Body Of Knowledge MAP 2017," pp. 1–9, 2018.
- [6] ASQ, "certified-calibration-technician-brochure," 2010.
- [7] ASQ, "Certified Calibration Technician The Global Voice of Quality TM," 2010.
- [8] A. The Measurement Quality Division, *The Metrology Handbook*. 2012.
- [9] Agilent, "Agilent Accelerated Education Curriculum Test and Measurement Fundamentals Curriculum Overview," 2002.
- [10] Keysight Technologies, "Keysight Technical Training Catalog," 2014.
- [11] Ministerio de Comercio Industria y Turismo Republica de Colombia, "Decreto 4175 de 2011," p. 14, 2011.
- [12] INM, "Cursos capacitación INM," no. 26, 2017.
- [13] Universidad Nacional de Colombia, "Programa de ingeniería electrónica - Sede Bogotá," 2017. [Online]. Available: <https://www.ingenieria.bogota.unal.edu.co/formacion/pregrado/ingenieria-electronica.html>. [Accessed: 15-Dec-2018].
- [14] Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá., "Acompañamiento Académico Ingeniería Electrónica Programa de Pregrado," 2010.

- [15] Universidad Nacional de Colombia, "Descripción del Indicador UNAL Graduados en pregrado desde 2005 a 2012," 2013. [Online]. Available: http://www.onp.unal.edu.co/ver_indicador.php?id_ei=19. [Accessed: 15-Dec-2018].
- [16] Universidad Nacional de Colombia, "Acuerdo 36 de 2017 - Universidad Nacional de Colombia," 2017. [Online]. Available: http://www.legal.unal.edu.co/rlunal/home/doc.jsp?d_i=88778. [Accessed: 15-Dec-2018].
- [17] D. R. Krathwohl, "A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview," 2002.
- [18] M. C. Barrera Botero, "Metodología para la definición de perfiles de egresados de un programa curricular, basado en ontologías y el historial de sus egresados," 2014.
- [19] C. S. González, "Tutor académico automatizado basado en ontologías, para la selección de rutas de aprendizaje personalizadas en un programa curricular," Universidad Nacional de Colombia, 2016.
- [20] A. Westhues, J. Lafrance, and G. Schmidt, "A SWOT analysis of social work education in Canada," *Soc. Work Educ. Int. J.*, vol. 20, no. 1, pp. 35–56, 2001.
- [21] Universidad Nacional de Colombia, "GUÍA ANÁLISIS DOFA," 2010.
- [22] P. Por, : Jailer, A. Correa, and S. A. P. Evaluación De Proyectos, "EL MÉTODO DOFA, UN MÉTODO MUY UTILIZADO PARA DIAGNÓSTICO DE VULNERABILIDAD Y PLANEACIÓN ESTRATÉGICA," 2010.
- [23] Secretaria de Educación Pública, "Análisis FODA Diagnóstico de las condiciones de la escuela para preparar la entrada en vigor de la AUTONOMÍA CURRICULAR," Estados Unidos Mexicanos, 2018.
- [24] Physikalisch-Technische Bundesanstalt, "9.3 Extranet: Steps for the SWOT Analysis," 2012. [Online]. Available: <https://www.ptb.de/lac/index.php?id=5493>. [Accessed: 29-Jan-2019].
- [25] Universidad de Pamplona, "Plan de Desarrollo Institucional 2012-2020," 2012.
- [26] Universidad de La Sabana, "PLAN ESTRATÉGICO INSTITUCIONAL DE LA UNIVERSIDAD DE LA SABANA 2018-2029," 2017.
- [27] Universidad Autónoma de Colombia, "Plan Estratégico 2017 - 2022," 2016.
- [28] Universidad EAFIT, "Plan Estratégico de Desarrollo 2012 - 2018," 2011.

- [29] Universidad del Valle, "PLAN ESTRATÉGICO DE DESARROLLO 2005 - 2015," 2005.
- [30] Universidad del Valle, "FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ADMINISTRACIÓN DOFA ANÁLISIS INTERNO ASPECTOS MISIONALES," 2010.
- [31] Surcolombiana, "PLAN DE DESARROLLO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA 2013- 2018 CON PROYECCIÓN AL 2027," 2012.
- [32] Universidad de Nariño, "PLAN DE DESARROLLO INSTITUCIONAL 2008-2020 CONSTRUCCION PARTICIPATIVA," 2008.
- [33] Universidad Distrital Francisco José de Caldas, "Plan de Desarrollo Facultad de Ingeniería 2017-2028," 2016.
- [34] Universidad Pontificia Bolivariana - Seccional Bucaramanga, "PLAN DE DESARROLLO 2011 - 2015," 2010.
- [35] G. Del Cauca, *PLAN ESTRATÉGICO DEPARTAMENTAL DE CIENCIA TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN DEL CAUCA Plan ConCIENCIA CAUCA*. 2013.
- [36] Universidad Popular del Cesar, "PLAN DE DESARROLLO 2017-2026."
- [37] Universidad El Bosque, "PLAN DE DESARROLLO FACULTAD DE INGENIERÍA 2016-2021," 2016.
- [38] Institución Universitaria CESMAG, "PLAN DE DESARROLLO INSTITUCIONAL 2013-2019," 2015.
- [39] I. U. A. J. Camacho, "Acuerdo No. 022 'Por medio del cual se aprueba el PED vigencia 2012-2019' El," 2012.
- [40] G. B. Echeverri *et al.*, "PROYECTO EDUCATIVO DEL PROGRAMA (PEP): PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO," 2016.
- [41] Unidades Tecnológicas de Santander., "PLAN ESTRATÉGICO PROSPECTIVO DEL PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS ELECTRÓNICOS INDUSTRIALES & INGENIERÍA ELECTRÓNICA 2019- 2023.," 2017.
- [42] M. Barrera and O. Duarte, "Cuantificación de perfiles profesionales." .
- [43] Wikipedia, "Tag_cloud," 2019. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Tag_cloud.
- [44] "Wordle - Beautiful Word Clouds." [Online]. Available: <http://www.wordle.net/>. [Accessed: 13-Mar-2019].

- [45] C. : Laura, P. Díaz-Bravo, L. Díaz-Bravo, U. Torruco-García, M. Martínez-Hernández, and M. Varela-Ruiz, "La entrevista, recurso flexible y dinámico," 2013.
- [46] U. N. D. C. DIRECCIONAMIENTO INSTITUCIONAL, "Guia Análisis Dofa," p. 1–8. Disponible en file:///C:/Users/idea/Downloads/.
- [47] "EP/I033424/1 - EPSRC Centre For Innovative Manufacturing In Advanced Metrology - Research Perspectives - EPSRC - Grant Information." [Online]. Available: http://www.researchperspectives.org/grant/EP/I033424/1_EPSRC-Centre-For-Innovative-Manufacturing-In-Advanced-Metrology. [Accessed: 03-Mar-2019].
- [48] U. Shafir and R. S. Kenett, "Conceptual thinking and metrology concepts," *Accredit. Qual. Assur.*, vol. 15, no. 10, pp. 585–590, 2010.
- [49] P. Bourque, L. Buglione, A. Abran, and A. April, "Bloom's taxonomy levels for three software engineer profiles," *Proc. - 11th Annu. Int. Work. Softw. Technol. Eng. Pract. STEP 2003*, no. January, pp. 123–129, 2004.
- [50] P. A. Quezada-Sarmiento, M. Morocho-Quezada, L. Pacheco-Jara, and J. Garbajosa, "Evaluation of occupational and professional profiles in Ecuadorian context based on guide of Knowledge SWEBOK and ontological model," *2016 3rd Int. Conf. eDemocracy eGovernment, ICEDEG 2016*, pp. 42–47, 2016.
- [51] R. of Croatia, "REPUBLIC OF CROATIA NATIONAL STRATEGY IN THE FIELD OF METROLOGY (2007-2013)," 2006.