

Tendencias en la formación de ingenieros mecánicos

Katherin Duarte Barón, Jhon Jairo Gil Peláez, Andrés Rodríguez Herreño, Jerson Maldonado Moreno & Daniel Badel Torres

Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Santo Tomás, Villavicencio, Colombia.

katherinduarte@ustavillavicencio.edu.co, dec.ingmecanica@ustavillavicencio.edu.co,
brayanrodriguez@ustavillavicencio.edu.co, jersonmaldonado@ustavillavicencio.edu.co,
danielbadel@ustavillavicencio.edu.co

Resumen— En este artículo se presentan los resultados de un estudio de las tendencias en la formación de ingenieros mecánicos a nivel internacional y nacional (Colombia), producto de una investigación exploratoria, como parte de un proyecto liderado por la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Santo Tomás seccional Villavicencio, en el que se revisaron los planes de estudio de 51 universidades a nivel internacional con acreditación ABET, y 24 universidades nacionales con Acreditación de Alta Calidad otorgada por el Ministerio de Educación Nacional. El objetivo del estudio fue identificar las tendencias de los espacios académicos o asignaturas y el número de semestres que tienen los programas de Ingeniería Mecánica, evaluando la pertinencia de estos aspectos en relación con las competencias que se espera tenga un profesional en esta rama de la ingeniería. Finalmente, se concluyó que este estudio proporciona información relevante para el diseño y actualización de programas de ingeniería mecánica, permitiendo a diversas instituciones de educación superior ajustar sus planes de estudio de acuerdo con las tendencias encontradas, favorecer la homologación de espacios académicos e incrementar las posibilidades de doble titulación.

Palabras Clave— áreas de formación, campos de formación, ingeniería mecánica, plan de estudios, tendencias.

Recibido: 11 de julio de 2023. Revisado: 18 de agosto de 2023. Aceptado: 29 de noviembre de 2023.

Trends in the training of mechanical engineers

Abstract— This article presents the results of a study of trends in the training of mechanical engineers at an international and national level (Colombia), like a product of an exploratory research, as part of a project led by the Faculty of Mechanical Engineering of the Universidad Santo Tomás campus Villavicencio, in which the study plans of 51 international universities with ABET accreditation were reviewed, and 24 national universities with High Quality Accreditation granted by the Ministry of National Education. The objective of the study was to identify the trends of academic spaces or subjects and the number of semesters that mechanical engineering programs have, evaluating the relevance of these aspects in relation to the competencies that a professional in this branch of engineering is expected to have. Finally, it was concluded that this study provides relevant information for the design and updating of mechanical engineering programs, allowing various higher education institutions to adjust their study plans according to the trends found, favor the homologation of academic spaces, and increase the possibilities double degree.

Keywords— curriculum, mechanical engineering, training areas, training fields, trends.

1 Introducción

La necesidad de formar ingenieros se ha presentado desde la antigüedad [1], de manera que las escuelas encargadas de hacerlo se preocuparon inicialmente por enseñar a partir de cuatro componentes: la ciencia, la técnica, el arte y el humanismo [2]. En ese sentido la enseñanza era muy práctica con un alto componente artístico, lo cual fue cambiando con la llegada de la Revolución

Francesa, donde se vio la necesidad de contar con ingenieros menos artistas, pero con mayor conocimiento de ciencia, así los currículos de la época empezaron a transformarse, de modo que se incluyeron enseñanzas relacionadas con análisis matemáticos, químicos, físicos y se incorporó el método científico [3]. Posteriormente se involucró en la formación de ingenieros la manufactura, bajo el nombre de Escuela-Taller (*École Centrale des Arts et Manufactures*), de forma que la enseñanza de la ingeniería contaba con bases teórico – científico– práctico sólidas para la época [4].

La formación en ingeniería mecánica también es antigua, a través de esta se ha contribuido en el desarrollo de la historia del hombre y ha estado en constante evolución, adaptándose a las demandas cambiantes de la sociedad y la industria. De esta manera, la enseñanza a ingenieros mecánicos ha sido un tema de interés y las diversas instituciones de educación superior a nivel mundial se han visto en la necesidad de ajustar sus planes de estudio [5], considerando que el ingeniero mecánico actual tiene que enfrentarse a cambios:

- Tecnológicos, con la llegada de la inteligencia artificial, industrias 4.0, la robótica, la impresión 3D, la realidad virtual, vehículos autónomos, energías renovables, tecnologías de almacenamiento y transporte, y dispositivos médicos avanzados.
- Económicos, que implican maximizar la eficiencia y reducir los costos en los proyectos y productos que se desarrollan, sin comprometer la calidad.
- Ambientales, en los que se busca la reducción de emisiones, la eficiencia energética, el uso responsable de los recursos y la gestión adecuada de residuos.
- Socioculturales, considerando el impacto social de los proyectos y productos desarrollados, asegurándose de que sean seguros, accesibles y beneficiosos para la sociedad en general, cumpliendo con altos estándares éticos, regulaciones y normativas específicas en los diseños y proyectos, asegurando la seguridad y el bienestar de las personas.

Así, se requiere de una formación que le proporcione al ingeniero mecánico los conocimientos, habilidades y las competencias que le permitan desenvolverse y contribuir a la solución de los nuevos retos de forma integral. Considerando lo que se ha expuesto, en este artículo se presenta el resultado del estudio de las tendencias en la formación de ingenieros mecánicos (asignaturas que se imparten), de manera que se realiza una

búsqueda de los planes de estudio de 51 universidades a nivel internacional, y 24 nacionales (Colombia), en el caso de las primeras con acreditación ABET y para las segundas con Acreditación de Alta Calidad otorgada por el Ministerio de Educación Nacional de Colombia. Se revisó cuáles deben ser los campos de formación o áreas de actuación, los espacios académicos o asignaturas y el número de semestres que debería tener un programa de ingeniería mecánica y se analiza la pertinencia de estos, de acuerdo con las habilidades o competencias declaradas por diversos organismos como ABET, EUR-ACE, ASME, entre otros.

2 Metodología

Para el desarrollo de esta etapa del proyecto se tuvo en cuenta la metodología mostrada en la Fig. 1.

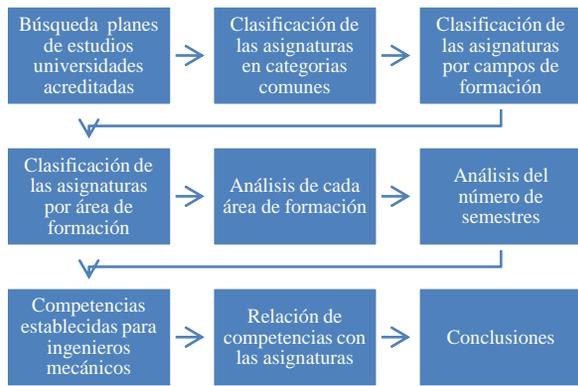


Figura 1. Metodología
Fuente: Los autores

Inicialmente se buscaron los planes de estudio de las universidades seleccionadas, tanto nacionales como internacionales durante el 2022, posteriormente se registraron todas las asignaturas y se realizó una comparación con el fin de clasificarlas, estableciendo categorías, de acuerdo con los espacios académicos, luego considerando los campos de formación universalmente reconocidos, así como por área de formación. Una vez se catalogaron, se analizó cada área de formación, revisando por asignatura el número de universidades que la ofrece, además del número de semestres necesarios para obtener el título de ingeniero mecánico y finalmente se buscaron las competencias que se han establecido por diferentes organismos e instituciones para ingenieros mecánicos y su relación con las asignaturas que se ofrecen en las universidades estudiadas.

3 Revisión general de los planes de estudio

En la revisión de los planes de estudio del pregrado de Ingeniería Mecánica se analizan las mallas curriculares de las universidades internacionales que se muestran en la Tabla 1 y las nacionales enlistadas en la Tabla 2. De las 75 universidades investigadas se recopilan los siguientes datos: nombre del espacio académico, semestre en que se imparte, número de créditos, campo de formación y componente (flexible u obligatorio).

Tabla 1
Universidades Internacionales

No.	Nombre de la Universidad	País
1	Abu Dhabi University	Emiratos Árabes Unidos
2	Alabama A&M University	Estados Unidos
3	Alfaisal University	Arabia Saudita
4	American University of Beirut	Líbano
5	An-Najah National University	Palestina
6	Arizona State University	Estados Unidos
7	Arkansas Tech University	Estados Unidos
8	Bharath University (Bharath Institute of Higher Education and Research)	India
9	Bilkent University	Turquía
10	Birzeit University	Palestina
11	Boston University	Estados Unidos
12	Browm University	Estados Unidos
13	De La Salle University (Philippines)	Filipinas
14	Escuela Superior Politecnica Del Litoral	Ecuador
15	Fundacion Universidad de las Americas Puebla (UDLAP)	México
16	Instituto Tecnológico de Aguascalientes	México
17	Jubail University College	Arabia Saudita
18	Kansas State University	Estados Unidos
19	Khalifa University of Science and Technology (KU)	Emiratos Árabes Unidos
20	King Faisal University	Arabia Saudita
21	Lebanese American University	Líbano
22	Notre Dame University - Louaize	Líbano
23	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso	Chile
24	Prince Mohammad Bin Fahd University	Arabia Saudita
25	Qatar University	Qatar
26	Rochester Institute of Technology (Dubái)	Emiratos Árabes Unidos
27	SRM Institute of Science and Technology	India
28	The Ohio State University	Estados Unidos
29	The University of Arizona	Estados Unidos
30	The University of Texas at Austin	Estados Unidos
31	United Arab Emirates University	Emiratos Árabes Unidos
32	Universidad Autónoma de San Luis Potosí	México
33	Universidad Boğaziçi	Turquía
34	Universidad Católica de Santa María	Perú
35	Universidad de Delaware	Estados Unidos
36	Universidad del Mediterráneo Oriental	Turquía
37	Universidad Nacional Autónoma de México	México
38	Universidad Politécnica de Estambul	Turquía
39	Universidad San Francisco de Quito	Ecuador
40	Universidad Técnica de Medio Oriente	Turquía
41	University at Buffalo, The State University of New York	Estados Unidos
42	University of Alabama at Birmingham	Estados Unidos
43	University of Alaska Anchorage	Estados Unidos
44	University of California, Berkeley	Estados Unidos
45	University of Florida	Estados Unidos
46	University of Houston	Estados Unidos
47	University of Illinois	Estados Unidos
48	University of Santo Tomas (Philippines)	Filipinas

No.	Nombre de la Universidad	País
9	University of Tabuk	Arabia Saudita
50	University of the District of Columbia	Estados Unidos
51	Vaughn College of Aeronautics and Technology	Estados Unidos

Fuente: Los autores

Tabla 2
Universidades Nacionales (Colombia)

No.	Nombre de la Universidad
1	Escuela Militar de Aviación Marco Fidel Suarez
2	Institución Universitaria Pascual Bravo
3	Universidad Autónoma de Manizales
4	Universidad Autónoma de Occidente
5	Universidad Autónoma del Caribe
6	Universidad Central
7	Universidad Cooperativa de Colombia
8	Universidad de Antioquia
9	Universidad de Ibagué
10	Universidad de los Andes
11	Universidad de Pamplona
12	Universidad del Atlántico
13	Universidad del Norte
14	Universidad del Valle
15	Universidad EAFIT
16	Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Jaramillo
17	Universidad Francisco de Paula Santander
18	Universidad Industrial de Santander
19	Universidad Libre
20	Universidad Nacional de Colombia
21	Universidad Nacional de Colombia sede Medellín
22	Universidad Pontificia Bolivariana
23	Universidad Pontificia Bolivariana - Medellín
24	Universidad Tecnológica de Pereira - UTP

Fuente: Los autores

La información de los planes de estudio fue revisada desde las páginas oficiales de cada institución. No se referencia de manera explícita a cada una para no extender la sección de referencias, ya que se pueden encontrar fácilmente, buscando el nombre de la institución.

Para facilitar el estudio, se categorizan los espacios académicos de los planes de estudios consultados, considerando la siguiente clasificación:

- Ciencias básicas
- Humanidades
- Idiomas
- Común
- Diseño
- Termofluidos
- Materiales y procesos de manufactura
- Sistemas dinámicos y control
- Económico administrativas
- Electiva de énfasis
- Electiva profesional interdisciplinaria
- Electiva en humanidades

Es importante aclarar que el área común está asociada a espacios académicos o clases cuya formación puede ser transversal a diferentes áreas de conocimiento.

Con esa distribución se encuentra que la mayoría de los espacios académicos que se imparten en los planes de estudio de Ingeniería Mecánica se centran en la categoría de ciencias básicas y diseño (ver Fig. 2), lo que refleja la importancia de la fundamentación para la comprensión y apropiación de los conocimientos propuestos en los contenidos programáticos de los demás espacios académicos del programa en ingeniería mecánica.

Así mismo, se identifican el área económica - administrativa e idiomas como las de menor presencia en los planes de estudio considerados.

Este resultado también permite ver que el desarrollo de competencias para diseñar es una de las más características de un ingeniero mecánico y que se puede considerar como una tendencia nacional e internacional.

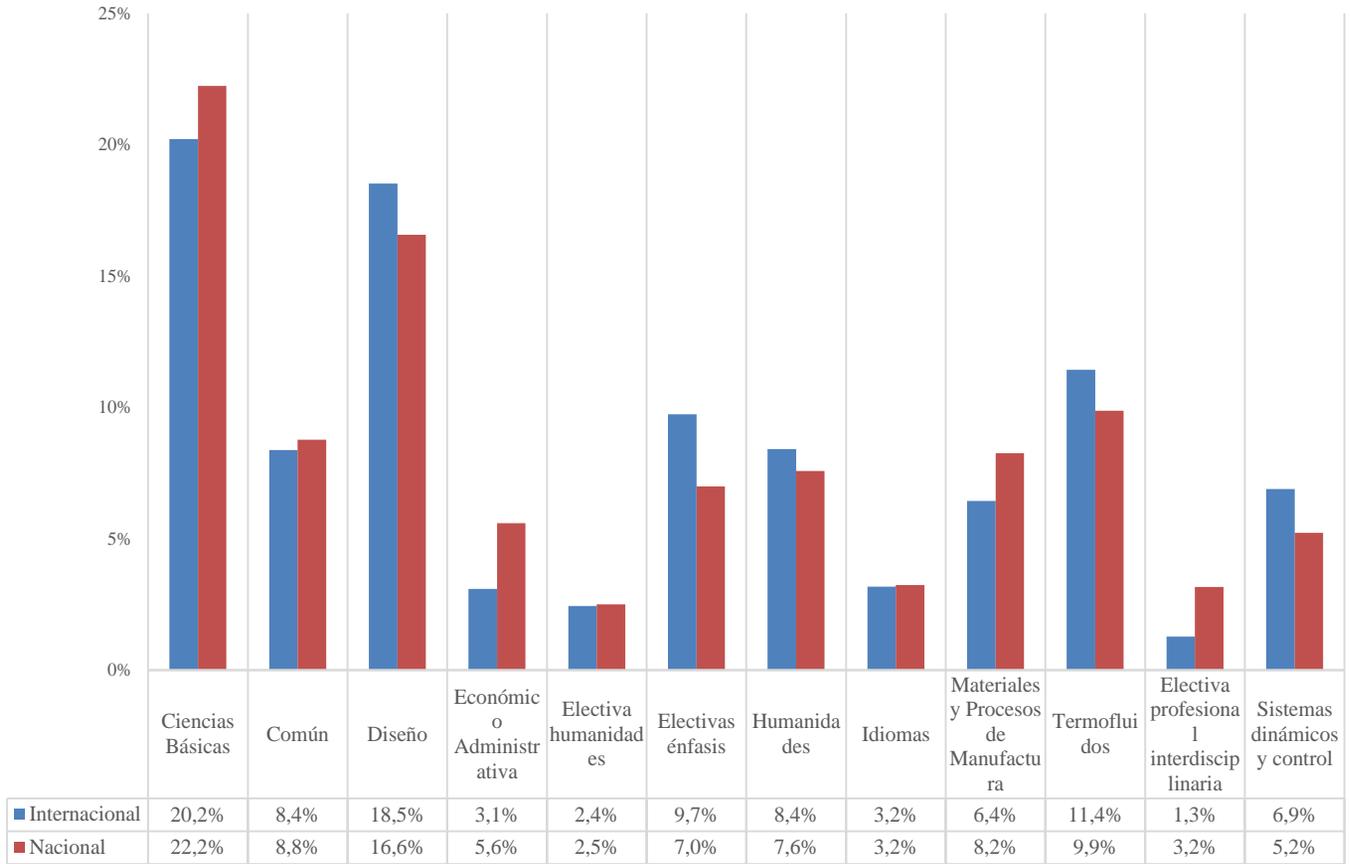


Figura 2. Distribución de espacios académicos según categorización inicial
Fuente: Los autores

Cada una de las categorías que se mencionan en la Fig. 2 se encuentran enmarcadas en cuatro campos de formación universalmente reconocidos [6]: ciencias básicas, ciencias básicas de ingeniería, ingeniería aplicada y formación complementaria como se puede evidenciar en la Fig. 3.

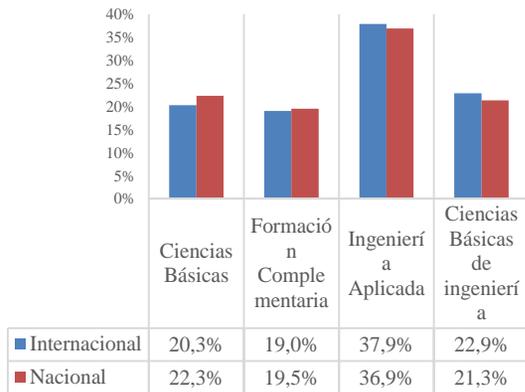


Figura 3. Distribución de espacios académicos por campo de formación
Fuente: Los autores

Una vez se obtiene un panorama general de la ubicación de los espacios académicos por campos de formación y categorizados de forma que se pueden clasificar por áreas, se escogen los porcentajes más altos obtenidos en la Fig. 3, para establecer los espacios académicos con mayor coincidencia en los planes de estudio considerados, esto con el fin de orientar sobre cuáles deberían ser incluidos en cada área de conocimiento de un programa de ingeniería mecánica.

4 Espacios académicos por área de formación

En esta sección se presentan los espacios académicos encontrados por áreas de formación, indicando el porcentaje de programas que los incluyen dentro de su plan de estudios a nivel nacional e internacional. Estos resultados permiten identificar aquellos espacios académicos en los cuales se tiene un mayor consenso, y que empiezan a ser considerados como esenciales en la formación de un ingeniero mecánico.

4.1 Área de Ciencias Básicas

El área de ciencias básicas es fundamental para la formación de un ingeniero mecánico, por tal razón en la Tabla 3 se muestran

los espacios académicos con un alto porcentaje de presencia tanto a nivel nacional como internacional.

Tabla 3
Espacios académicos del área de ciencias básicas

Espacio Académico	Internacional	Nacional
Cálculo diferencial	92%	96%
Física mecánica	90%	92%
Lógica de programación	90%	100%
Ecuaciones diferenciales	88%	88%
Química	86%	77%
Cálculo vectorial	76%	92%
Cálculo integral	75%	88%
Probabilidad y estadística	63%	85%
Álgebra lineal	61%	96%
Ondas y Partículas	55%	62%
Electricidad y magnetismo	33%	77%
Laboratorio de química	29%	12%
Laboratorio de Física Mecánica	20%	23%
Matemáticas Especiales	20%	15%
Laboratorio de física de ondas y partículas	14%	15%
Fundamentos de Matemáticas	6%	31%
Laboratorio de física Electromagnetismo	6%	15%
Geometría Analítica	2%	23%

Fuente: Los autores

Se observa que en promedio el porcentaje de presencia de cálculo diferencial es de 94%, física mecánica 91%, lógica de programación 95%, ecuaciones diferenciales 88%, química 82%, cálculo vectorial 84%, cálculo integral 82%, probabilidad y estadística 74%, álgebra lineal 79%, ondas y partículas 59%, Electricidad y magnetismo 55% y así continúan disminuyendo, dejando ver claramente cuáles son los espacios académicos con mayor tendencia. Es importante resaltar que a nivel nacional hay un porcentaje de presencia significativo de la asignatura de fundamentos de matemáticos, lo cual, probablemente se deba a la formación que reciben los estudiantes, previo al ingreso a las instituciones de educación superior, de manera que es necesario fortalecerla en los primeros semestres de formación profesional.

4.2 Área de Diseño

Tal como se observa en la Fig. 2, el área de diseño abarca un porcentaje alto en la formación de ingenieros mecánicos, tanto a nivel nacional como internacional, siendo las asignaturas mostradas en la Tabla 4 las mayormente impartidas en las universidades. En la Tabla 4 se logra evidenciar que en promedio Estática tiene un porcentaje de presencia del 97%, Resistencia de materiales un 95%, Dinámica un 90%, Diseño de elementos de máquinas un 97%, Expresión gráfica un 84%, Diseño de transmisión de potencia un 64%, Dibujo de Máquinas un 71% y Mecanismos un 66%, siendo los que tienen mayor porcentaje de presencia en los programas tanto a nivel nacional como internacional, lo cual orienta sobre cuáles son las asignaturas que deben hacer parte del

área de diseño en un plan de estudio de ingeniería mecánica dentro del componente obligatorio.

A medida que la presencia disminuye, se pueden considerar estas asignaturas como parte del componente flexible según el interés regional (electivas profesionales o de énfasis).

Tabla 4
Espacios académicos del área de diseño

Espacio académico	Internacional	Nacional
Estática	98%	96%
Resistencia de materiales	98%	92%
Dinámica	94%	85%
Diseño de elementos de máquinas	94%	100%
Expresión gráfica	86%	81%
Diseño de transmisión de potencia	65%	62%
Dibujo de Máquinas	57%	85%
Mecanismos	55%	77%
Vibraciones	35%	8%
Elementos finitos	33%	15%
Laboratorio de diseño de máquinas	24%	4%
Diseño Mecánico	22%	15%
Laboratorio Resistencia de materiales	18%	12%
Resistencia de materiales 2	16%	31%

Fuente: Los autores

A manera de ejemplo, puede presentarse el caso en el que, al realizar una actualización curricular, se desee incluir espacios académicos como vibraciones o elementos finitos, los cuales, por supuesto, son importantes, sin embargo, al revisar las tendencias, se observa que no son incluidos en la mayoría de los planes de estudio como parte del componente obligatorio, en tal caso, se debe sustentar su inclusión teniendo en cuenta los rasgos distintivos o intereses particulares del programa.

4.3 Área de Termofluidos

Al igual que en el área de diseño, se enlistan los espacios académicos que se ofrecen relacionados con áreas de térmicas y fluidos con sus respectivos porcentajes de presencia, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5
Espacios académicos del área de termofluidos

Espacio académico	Internacional	Nacional
Termodinámica	100%	92%
Mecánica de Fluidos	96%	88%
Transferencia de calor	94%	96%
Termodinámica 2	45%	54%
Sistemas térmicos	33%	58%
Laboratorio de Mecánica de Fluidos	29%	8%
Refrigeración y aire acondicionado	29%	8%
Laboratorio de Ingeniería Térmica	25%	12%
Turbo maquinaria	24%	27%

Espacio académico	Internacional	Nacional
Sistemas de transporte de fluidos	18%	8%
Motores	12%	12%
Hidráulica y Neumática	10%	27%
Energías renovables	4%	0%

Fuente: Los autores

Se verifica que los espacios académicos en el área de termofluidos de mayor presencia en promedio son Termodinámica con un 96%, Transferencia de Calor con un 95%, Mecánica de Fluidos con un 92%. Estos tres espacios académicos son los más destacados y pueden considerarse como la base del área de termofluidos dentro del componente obligatorio del plan de estudios. Se pueden considerar las asignaturas de sistemas térmicos, termodinámica 2 y turbo maquinaria como espacios académicos del componente flexible o incluirlos dentro del componente obligatorio según el rango distintivo del programa.

4.4 Área de Materiales y Procesos de Manufactura

En la Tabla 6 se muestra que las asignaturas que tienen mayor presencia a nivel nacional e internacional en las universidades estudiadas. En promedio el porcentaje de presencia para ciencia de los materiales es 89%, procesos de manufactura 83% e ingeniería de los materiales 47%, siendo estos tres espacios académicos los de mayor presencia en los planes de estudio.

Tabla 6
Espacios académicos del área de materiales y procesos de manufactura

Espacio académico	Internacional	Nacional
Ciencia de los materiales	86%	92%
Procesos de manufactura	73%	92%
Ingeniería de los materiales	39%	54%
Procesos de mecanizado y unión	29%	38%
Taller de fabricación	25%	50%
Laboratorio de materiales	18%	23%
Procesos de manufactura 2	16%	31%

Fuente: Los autores

En esta área se observan dos espacios académicos con la misma tendencia tanto a nivel nacional como internacional, sin embargo, en los demás se evidencia una discrepancia, por ejemplo taller de fabricación a nivel nacional tiene un porcentaje del 50% e internacionalmente sólo del 25%, lo cual es un punto importante a analizar, ya que si bien es cierto que existen tendencias mundiales, también hay problemáticas nacionales muy particulares que pueden estar influyendo en esta área de la ingeniería mecánica.

4.5 Área de Sistemas Dinámicos y Control

En el Área de Sistemas Dinámicos y Control, de acuerdo con la Tabla 7, se evidencia que los espacios académicos con mayor porcentaje de presencia, en promedio, en los planes de estudio de

los programas de Ingeniería Mecánica considerados son Electrotecnia con 46% y Sistemas de Control con 39%, siendo realmente porcentajes bajos, comparados con las áreas anteriormente analizadas, lo cual puede ocurrir en razón de que las temáticas relacionadas con control hacen parte de otras ramas de la ingeniería.

Tabla 7
Espacios académicos del área de sistemas dinámicos y control

Espacio académico	Internacional	Nacional
Electrotecnia	49%	42%
Sistemas de control	43%	35%
Introducción a la Mecatrónica	25%	4%
Sistemas dinámicos y Control	22%	4%
Circuitos eléctricos y electrónicos	20%	12%
Metrología	16%	8%
Control y Automatización	12%	27%
Instrumentación Industrial	10%	4%
Laboratorio de circuitos eléctricos y electrónicos	10%	4%
Laboratorio de Sistemas de Control	10%	8%
Máquinas Eléctricas	10%	19%

Fuente: Los autores

Si bien es cierto que esta área es declarada como fundamental en la formación de ingeniero mecánicos, se observa que no hay claridad en cuáles asignaturas se deben incluir en los planes de estudio de los programas de ingeniería mecánica, lo cual puede evidenciarse, primero, con la no existencia de espacios académicos con porcentajes de presencia mayor del 90%, y en segundo lugar con la discrepancia presentada tanto a nivel nacional como internacional, como ocurre por ejemplo con el espacio académico de introducción a la mecatrónica, que a nivel internacional se ofrece en el 25% de las universidades seleccionadas, sin embargo, nacionalmente se ofrece sólo en el 4%.

4.6 Área Económico – Administrativa

Dentro del panorama nacional e internacional se tiene una concurrencia en el espacio académico de Economía para Ingenieros con un porcentaje del 59% en promedio (Ver Tabla 8).

Tabla 8
Espacios académicos del área económico-administrativa

Espacio académico	Internacional	Nacional
Economía para ingenieros	59%	58%
Administración Para Ingenieros	20%	23%
Formulación y evaluación de proyectos	20%	73%
Emprendimiento e innovación	12%	19%
Gestión del mantenimiento	8%	65%
Gestión industrial	8%	15%

Fuente: Los autores

Con respecto a los demás espacios académicos se observa que a nivel nacional hay un porcentaje alto en las asignaturas de formulación y evaluación de proyectos (73%) y gestión del mantenimiento (65%), lo cual se debe a las necesidades industriales del contexto nacional [7].

De acuerdo con lo encontrado, se puede sugerir para el área económico – administrativa a nivel nacional que los espacios académicos del componente obligatorio deberían ser Economía para ingenieros, Formulación y evaluación de proyectos y Gestión del mantenimiento.

4.7 Área Común

Algunos de los espacios académicos analizados son comunes o transversales dentro de la formación del ingeniero mecánico, como se evidencia en la Tabla 9.

Tabla 9
Espacios académicos del área común

Espacio académico	Internacional	Nacional
Métodos numéricos	78%	62%
Introducción a la ingeniería	73%	92%
Proyecto integrador	55%	31%
Práctica profesional	33%	35%
Metodología de investigación	25%	46%
Seguridad y Salud en el Trabajo	20%	0%
Trabajo de grado	20%	77%
Laboratorio de Introducción a la ingeniería	16%	4%
Proyecto integrador 2	16%	8%
Desarrollo sostenible	12%	31%

Fuente: Los autores

De acuerdo con el análisis, el espacio académico de introducción a la ingeniería debe estar hacer parte del componente obligatorio de los planes de estudio de ingeniería mecánica, así como métodos numéricos, sin embargo, hay una diferencia en cuanto a otras asignaturas, como es el caso de metodología de investigación o Trabajo de grado, que a nivel nacional tienen un porcentaje del 46% y del 77% respectivamente o proyecto integrador que internacionalmente más de la mitad de las instituciones analizadas lo tienen. No obstante, existe una tendencia hacia la inclusión de asignaturas que permitan la aplicación de los conocimientos de ingeniería en la solución de problemas a través del desarrollo de proyectos.

4.8 Área de Humanidades

El área de humanidades hace parte del campo de formación complementaria, en el que se presentan con mayor porcentaje de presencia los espacios académicos de la Tabla 10.

Tabla 10
Espacios académicos del área de humanidades

Espacio Académico	Internacional	Nacional
Comunicación oral y escrita	71%	69%
Cultura regional I	45%	19%
Electiva Humanidades I	45%	46%
Humanidades I	41%	54%
Electiva Humanidades II	37%	42%
Escritura Técnica	35%	12%
Ética	35%	42%
Comunicación oral y escrita II	27%	15%
Cultura regional II	24%	8%
Humanidades II	18%	31%
Electiva humanidades III	12%	12%
Cultura física deporte	10%	23%
Escritura Técnica II	10%	8%
Trabajo en equipo y liderazgo	10%	0%
Constitución política	10%	23%

Fuente: Los autores

Se observa que en el área de humanidades hay —en promedio— un porcentaje de presencia del 70% en comunicación oral y escrita, en humanidades I un 48%, en electiva de humanidades I un 46%, en electiva de humanidades II un 40%, en ética un 39% y así sucesivamente se presentan otras asignaturas, algunas que hacen parte del componente obligatorio y otras del flexible, sin embargo, esta área puede ser muy variable, dependiendo de la naturaleza de las instituciones.

5 Número de semestres

Otros aspectos encontrados están relacionados con el número de semestres en que se forma un ingeniero mecánico como se observa en la Fig. 4.

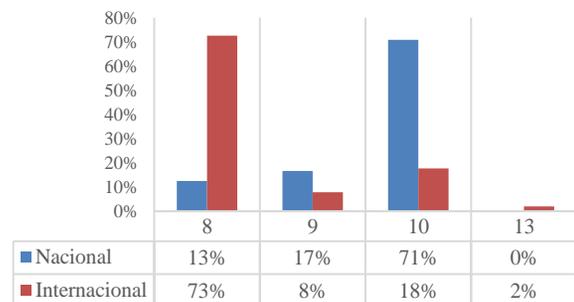


Figura 4. Número de semestres

Fuente: Los autores

En la Fig. 4 se observa que la tendencia internacional es ofrecer los programas de ingeniería mecánica a ocho (8) semestres, lo cual se evidencia con un 73% de las universidades internacionales analizadas, mientras que a nivel nacional la mayoría de las universidades ofrecen el programa a diez (10) semestres.

El estudio mostrado a lo largo del artículo permite a las instituciones de educación superior nacionales, que deseen pasar de diez (10) semestres a ocho (8), establecer cuáles son los espacios académicos que se deben incluir en el plan de estudios, de manera que se garanticen las competencias fundamentales de un ingeniero mecánico [8].

6 Competencias

Para las instituciones de educación superior representa un verdadero desafío proponer tanto planes de estudio como estrategias pedagógicas que den respuesta a los cambios tecnológicos, ambientales, económicos y socioculturales, junto con los venideros, que se presentan tan aceleradamente, sin que se vea afectada la calidad académica, de hecho, la temática es tan preocupante que incluso en un informe publicado por ABET (Acrónimo de *Accreditation Board for Engineering and Technology*), se describe cómo las instituciones pueden innovar para involucrar a las poblaciones estudiantiles de manera efectiva y ayudarlas a desarrollar conjuntos de habilidades que son, y serán, necesarias para una economía global en rápida evolución [9].

ABET también ha establecido estándares para la acreditación de programas de ingeniería, que pueden servir para determinar habilidades con las que debe contar un ingeniero, en los que se precisa que el ingeniero debe estar en la capacidad de identificar, formular y resolver problemas complejos de ingeniería mediante la aplicación de principios de ingeniería, ciencias y matemáticas, además de aplicar el diseño de ingeniería para producir soluciones que satisfagan necesidades específicas considerando la salud pública, la seguridad, el bienestar, factores culturales, sociales, ambientales y económicos, asimismo desarrollar y realizar la experimentación adecuada, analizar e interpretar datos y utilizar el juicio de ingeniería para sacar conclusiones, así como adquirir y aplicar nuevos conocimientos según sea necesario, utilizando estrategias de aprendizaje adecuadas, sin dejar de lado la comunicación de manera efectiva, reconociendo responsabilidades éticas y profesionales en situaciones de ingeniería, trabajando de manera efectiva en equipo [10].

Por otra parte, el sello EUR-ACE (*European Accreditation of Engineering Programmes* - sistema europeo de acreditación de la enseñanza de la Ingeniería) establece estándares, en los que se determina que el ingeniero debe entender las matemáticas y otras ciencias básicas, que le permitan analizar, identificar, formular y resolver problemas propios de ingeniería, usando la experimentación, la interpretación de resultados, considerando las normativas y las restricciones sociales, de seguridad, ambientales, económicas e industriales, además se espera que tenga la capacidad de investigar, diseñar y desarrollar productos, procesos y sistemas complejos, reconociendo la importancia de obrar de forma ética, la comunicación, el trabajo en equipo, el aprendizaje continuo, comprendiendo que está inmerso en un contexto multidisciplinario [6].

De manera similar se tienen otros organismos de acreditación internacional, que del mismo modo que en los

mencionados anteriormente, definen competencias relacionadas con la comprensión de ciencias básicas y conceptos de ingeniería para identificar y resolver problemas de determinadas áreas, investigando, analizando y obteniendo conclusiones, teniendo en cuenta las implicaciones sobre el medio ambiente y la sociedad en general, sin dejar de lado la ética, la comunicación, el trabajo en equipo y la capacidad de aprendizaje continuo de manera autónoma. [6]

Además, la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME), por sus siglas del inglés, en búsqueda de dar respuesta a cuáles son las habilidades de un ingeniero mecánico, ha mostrado un informe de la Cumbre Mundial sobre el Futuro de la Ingeniería Mecánica (*2028 Vision for Mechanical Engineering*) [11], en el que se definen los conjuntos de destrezas más demandadas por los empleadores en la actualidad, lo cual sirve de ayuda para elaborar planes de estudio de ingeniería mecánica.

Otros organismos [12], [13], [14], [15] e instituciones de educación superior [16], [17], [18] también han realizado estudios para determinar cuáles son esas características que debe tener el ingeniero mecánico con lo que se puedan ajustar tanto los currículos como las formas de enseñanza – aprendizaje, de manera que se debe establecer como objetivo principal lograr que los estudiantes se vuelvan aprendices efectivos de por vida, con pensamiento crítico, éticos, profesionales proactivos [19] con capacidad para aprender habilidades incluso de otras disciplinas, como ciencia de datos, mecatrónica, automatización, entre otras, así como, el trabajo en equipo, la creatividad y el emprendimiento [5], por supuesto sin dejar de lado, la fundamentación en ciencias térmicas, materiales, diseño, manufactura, sistemas dinámicos y control [8], gestión de proyectos, administración de recursos y mantenimiento [7].

En ese sentido y de acuerdo con la información encontrada, un ingeniero mecánico debe estar en la capacidad de:

- Entender los principios de la mecánica, termodinámica, diseño mecánico, materiales, manufactura, sistemas dinámicos, control, gestión de proyectos, administración de recursos y mantenimiento.
- Diseñar y modelar sistemas, componentes y productos mecánicos utilizando software de diseño asistido por computadora (CAD) y herramientas de simulación.
- Identificar, analizar y resolver problemas mecánicos de manera eficaz, utilizando métodos analíticos, la experimentación, interpretando resultados, teniendo en cuenta la normativa vigente y las técnicas de ingeniería.
- Reconocer oportunidades para la innovación en el diseño, fabricación y operación de sistemas mecánicos, así como la visión emprendedora para desarrollar soluciones creativas impactando positivamente en la industria y la sociedad.
- Tener conciencia de los impactos ambientales y la importancia de diseñar soluciones mecánicas que sean sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.
- Actuar con sentido común, integridad y ética en todas las decisiones y acciones profesionales.
- Ser capaz de comunicar de manera efectiva ideas y resultados técnicos, tanto por escrito como oralmente, y

trabajar en equipo de manera colaborativa.

- Aprender de forma continua tanto de su propia disciplina, como de otras, ya que la tecnología y la ciencia evolucionan constantemente.
- Adaptarse a nuevas tecnologías y enfoques, así como a diferentes industrias y entornos laborales.

7 Relación de competencias con asignaturas

En el apartado anterior se establecieron nueve competencias de acuerdo con la información encontrada, las cuales se deben relacionar con los espacios académicos que se imparten en las diversas universidades, ya que el objetivo de ofrecer dichas asignaturas es lograr que se alcancen las mismas, así como con el modelo pedagógico propuesto por cada institución.

Al analizar los espacios académicos, se observa que, tanto a nivel nacional como internacional, se busca fortalecer la fundamentación en ciencias básicas, el diseño, mecánico, materiales y manufactura, sin embargo, en cuanto a la gestión de proyectos, administración de recursos y mantenimiento hay una tendencia nacional, pero internacionalmente no se le ha dado tanta relevancia. En cuanto a sistemas dinámicos y control, se evidencia que la mayoría de las universidades no ofrecen asignaturas asociadas a esta área. Algunas de las competencias relacionadas con la ética, integridad, trabajo en equipo se desarrollan en el área de humanidades. Las capacidades asociadas con el aprendizaje de forma continua, la adaptación a nuevas tecnologías y la creación de conciencia ambiental no necesariamente están explícitas en espacios académicos específicos, corresponden a la formación transversal que reciben los estudiantes a lo largo de sus estudios, lo cual puede verse reflejado en la elaboración de proyectos, estudios de casos, entre otros y debe ser más una estrategia pedagógica planteada en el proyecto educativo del programa, como el aprendizaje basado en problemas.

Al analizar la competencia relacionada con la visión emprendedora, se observa que no hay un porcentaje significativo de universidades que ofrezcan asignaturas que contribuyan a alcanzar dicha capacidad, en ese sentido es pertinente que las universidades revisen e incluyan en su plan de formación espacios académicos relacionados con esta temática.

8 Conclusiones

El estudio realizado permitió establecer con criterio, tanto las habilidades con las que debe contar un profesional en ingeniería mecánica, como los espacios académicos que son pertinentes en un programa de Ingeniería Mecánica. Al analizar los planes de estudio de la muestra seleccionada se encontró que para dar respuesta a las habilidades generales es necesario revisar los contenidos de cada asignatura y la metodología de enseñanza de estos, sin embargo, aspectos asociados a la ética se pueden enmarcar en los espacios académicos de humanidades, de hecho, se observa en la Tabla 10 que es un espacio académico con un porcentaje de presencia significativo tanto a nivel nacional como internacional, así como otros que

contribuyen a la formación de lo que se conocen como habilidades blandas, asociadas a la comunicación, el trabajo en equipo, entre otros. Es importante resaltar que estas competencias no sólo se aprenden a través de las humanidades, estas son transversales a todas las materias y van de la mano con la forma en la que se enseña. De igual manera, todas las competencias se pueden fortalecer con asignaturas asociadas a la elaboración de proyectos, como el proyecto integrador, espacio académico en el que se espera que los estudiantes realicen un proyecto donde integren los temas vistos a lo largo de su carrera, dando solución a una problemática de contexto, según lo encontrado en los syllabus correspondientes a dicha asignatura.

Por otra parte, también es fundamental unificar tanto a nivel nacional como internacional qué tanto se espera que un ingeniero mecánico sea experto en sistemas dinámicos y control, ya que a nivel industrial los equipos de trabajo son interdisciplinarios y existen otras ramas de la ingeniería que pueden dar respuesta a esta competencia en particular, como los ingenieros de control o los mecatrónicos.

Al realizar la búsqueda, se encuentra que en algunas de las instituciones analizadas el área de sistemas dinámicos y control esta con el nombre de automatización, aun cuando no hay asignaturas con contenidos de instrumentación o automatización, sino que están asociados a control. De esta manera es importante revisar las competencias específicas que se espera el estudiante adquiera en sistemas dinámicos y control, que son las que debe tener al culminar su pregrado. Por supuesto, el ingeniero mecánico puede continuar sus estudios, profundizando en las áreas propias de la ingeniería mecánica, así como ampliar sus conocimientos en otras disciplinas como la automatización, la robótica, la bioingeniería, energías renovables, entre otras.

En ese sentido el presente documento puede servir como guía para la elaboración de actualizaciones curriculares tanto en la modificación de planes de estudio como el ajuste de perfiles y competencias, teniendo en cuenta que este es un reporte de tendencias presentes tanto a nivel nacional como internacional, permitiendo la identificación de las asignaturas que deben hacer parte de un programa de ingeniería mecánica, libre de los intereses, sesgos o gustos del personal que realiza o lidera el proceso de actualización curricular. Lo cual a su vez conlleva a planes de estudio con una mayor posibilidad de homologación, favoreciendo así los ejercicios de doble titulación. Es importante aclarar que el rasgo distintivo de cada programa depende del contexto regional en el que se encuentra el mismo y esto hace que se profundice más en unas áreas que en otras, sin embargo, las competencias fundamentales deben ser las mismas para cualquier ingeniero mecánico sin importar el lugar donde se encuentre.

Referencias

- [1] G. E. Capote Leon, N. Rizo Rabelo y G. Bravo Lopez, «La formación de ingenieros en la actualidad. Una explicación necesaria,» *Universidad y Sociedad*, vol. 8, n° 1, pp. 21-28, 2016. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202016000100004&lng=es&nrm=iso

- [2] J. Torres Sanchez, Introducción a la historia de la ingeniería y de la educación en Colombia, Unibiblos, Ed., Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2002. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/49695>
- [3] J. C. Cañon Rodríguez y J. Salazar Contreras, «La calidad de la educación en ingeniería: un factor clave para el desarrollo.» *Ingeniería e Investigación*, vol. 31, n° 1, pp. 40-50, 2011. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092011000400006
- [4] J. I. Peña Reyes, «Grandes retos de la ingeniería y su papel en la sociedad.» *Ingeniería e Investigación*, vol. 31, n° 1, pp. 100-111, 2011. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092011000400012&lng=en&nrm=iso
- [5] Y. Siow, J. Szwalek, J. Komperda, H. Darabi y F. Mashayek, «A Critical Look at Mechanical Engineering Curriculum: Assessing the Need.» de *ASEE IL-IN Section Conference. 4*, Indiana, Estados Unidos, 2019. <https://docs.lib.purdue.edu/aseeil-insectionconference2019/assess/4>
- [6] «Documento Base para la elaboración de propuesta de Condiciones de Calidad específicas para programas de nivel profesional universitario en el área de las Ingenierías.» Ministerio de Educación Nacional, Bogotá, Colombia, 2016. <http://www1.udistrital.edu.co:8080/documents/3842330/0/Document-o-Base-Resolucion-Especifica-Ingenieria-.pdf>
- [7] V. Ruiz Rosas, «Capacidades, habilidades y conocimientos de los ingeniero mecánicos.» de *Gestión de activos y mantenimiento, ACIEM*, Bogotá, Colombia, 2020. http://www.capacitacion.aciem.com.co/Especiales_Comisiones/2020/Jul_07/Revista-ACIEM-138-pag-57-60.pdf
- [8] A. T. Kirkpatrick, S. Danielson, R. O. Warrington, R. N. Smith, K. A. Thole, W. J. Wepfer y T. Perry, «Vision 2030 creating the future of mechanical engineering education.» American Society for Engineering Education, Estados Unidos, 2022. <https://peer.asee.org/vision-2030-creating-the-future-of-mechanical-engineering-education.pdf>
- [9] ABET, «Engineering Change: Lessons from Leaders on Modernizing Higher Education Engineering Curriculum.» Publications ABET, Baltimore, 2017. https://www.abet.org/wp-content/uploads/2018/02/ABET_Engineering_Issue-rief_final_web.pdf
- [10] ABET, «Criteria for Accrediting Engineering Programs, 2021 – 2022.» 31 10 2020. Available: <https://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/criteria-for-accrediting-engineering-programs-2021-2022/>.
- [11] ASME, «2028 Viision for Mechanical Engineering: A report of the Global Summit on the Future of Mechanical Engineering.» ASME, Setting the Standard, New York, Estados Unidos, 2008. <https://gteportal.eu/content/uploads/2020/03/fgsr.pdf>
- [12] World Economic Forum, «Towards a Reskilling Revolution.» 22 01 2018. Available: <https://www.weforum.org/reports/towards-a-reskilling-revolution>.
- [13] McKinsey Global Institute, «Jobs lost, jobs gained: What the future of work will mean for jobs, skills, and wages.» McKinsey & Company, 28 11 2017. Available: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/jobs-lost-jobs-gained-what-the-future-of-work-will-mean-for-jobs-skills-and-wages>.
- [14] KPMG, «Rise of the Humans series: The integration of digital and human labor - Part 1.» 2016. [En línea]. Available: <https://kpmg.com/xx/en/home/insights/2020/03/rise-of-the-humans-series.html>.
- [15] KPMG, «Rise of the Humans 2: Practical advice for shaping a workforce of bots and their bosses - Part 2.» 2017. Available: <https://kpmg.com/xx/en/home/insights/2020/03/rise-of-the-humans-series.html>.
- [16] College of Engineering, Cornell University, «Engineering Undergraduate Handbook.» 2017. Available: <https://www.engineering.cornell.edu/sites/default/files/departments/main%20area/pdf%20files/Fall%2017%20Cornell%20Engineering%20Handbook.pdf>.
- [17] Oregon State University, «College of Engineering: Mechanical Engineering.» 2022. Available: <https://engineering.oregonstate.edu/Academics/Degrees/mechanical-engineering>. [Último acceso: 05 2023].
- [18] Purdue University, «Mechanical Engineering.» 2022. Available: <https://engineering.purdue.edu/ME/Undergraduate>.
- [19] H. G. Giuliano y S. M. Abate, «Pensamiento crítico como horizonte formativo en el currículum de ingeniería.» *Revista Educación en Ingeniería*, vol. 35, n° 18, pp. 1-6, 2023. <https://doi.org/10.26507/rei.v18n35.1247>

K. Duarte Barón Ingeniera Mecatrónica de la Universidad Santo Tomás (Bucaramanga, Colombia), Magíster en Ingeniería Mecánica, con énfasis en dinámica, control y robótica de la Universidad Industrial de Santander (UIS). Se ha encargado de la creación del Grupo de Investigación en Ingeniería Mecánica (GIMEC). Actualmente es profesora en la Universidad Santo Tomás seccional Villavicencio, Colombia.
ORCID: 0000-0002-3649-2807

J.J. Gil Peláez Ingeniero Mecánico de la Universidad del Valle, Máster en Ingeniería Mecánica, Máster en Ingeniería Civil, Doctor en Ingeniería Civil de la Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, Puerto Rico. Es especialista en Gerencia de Instituciones de Educación Superior de la Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia. Actualmente es decano de la facultad de ingeniería mecánica y coordinador de laboratorios de la Universidad Santo Tomás seccional Villavicencio, Colombia.
ORCID: 0000-0001-7570-2558

B. A. Rodríguez Herreño Ingeniero Mecánico egresado de la Universidad Industrial de Santander (Colombia), Maestro en ingeniería mecánica con énfasis en termofluidos de la Universidad de Guanajuato. Ha trabajado en la producción de biodiésel aprovechando el fenómeno de cavitación hidrodinámica, con experiencia en dinámica de fluidos computacional (CFD) para el desarrollo de tecnologías de energías renovables. Actualmente es profesor y líder de Currículo de la Facultad de Ingeniería Mecánica en la Universidad Santo Tomás seccional Villavicencio.
ORCID: 0000-0003-4175-5330

J. F. Maldonado Moreno Ingeniero Mecánico y Magister en Ingeniería Mecánica de la Universidad Industrial de Santander, Colombia. Ha recibido como reconocimiento el diploma CUM LAUDE por su alto rendimiento académico en su pregrado. En el área de investigativa ha llevado a cabo proyectos relacionados con la biomecánica e inteligencia artificial. En la docencia ha estado vinculado a las Unidades Tecnológicas de Santander como profesor cátedra y actualmente se encuentra vinculado a la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Santo Tomás seccional de Villavicencio.
ORCID: 0000-0002-4919-6150

D.G. Badel Torres Ingeniero aeronáutico en 2021 de la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín (Colombia), Magíster en Ingeniería Aeronáutica con énfasis en estructuras y materiales del Politécnico de Milán, Italia. Ha trabajado en mantenimiento de estructuras aeronáuticas, diseño, simulación y construcción de estructuras metálicas en compuestos, así como profesor titular a nivel escolar y de pregrado universitario. Actualmente trabaja en la Universidad Santo Tomás de Colombia, seccional Villavicencio a cargo del área de materiales y manufactura.
ORCID: 0000-0001-6570-8155