

# Prospective Approach - Competences of the Aeronautical Engineer - Case Study Colombia

Johanna Henao Monsalve, Eng<sup>1</sup>., German Urrea Quiroga, MBA<sup>2</sup>, and Juliana Niño Navia, MSc<sup>3</sup>. German Alberto Barragan De Los Rios, MSc<sup>4</sup>., Jorge Iván García Sepulveda, MSc<sup>5</sup>.,  
<sup>1</sup>Universidad Pontificia Bolivariana, Sede Central Medellín, Colombia, joha\_878@hotmail.com, german.urrea@upb.edu.co, juliana.nino@upb.edu.co, german.barragan@upb.edu.co jorge.garcia@upb.edu.co

*Abstract -- Due to the constant evolution of the aeronautical industry, a prospective analysis is necessary in order to determine the future competences required by future graduates and aeronautical engineering professionals to succeed in their field of work; this evaluation was done by surveys to experts in the field, under the guidelines of the Delphi method to apply the required adjustments to the curriculum of the Aeronautical Engineering program at Universidad Pontificia Bolivariana in Medellín – Colombia.*

*Keywords – Delphi method, curriculum improvement, enhanced education, aeronautical engineering, engineering competences.*

Digital Object Identifier (DOI):  
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.86>  
ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

# Aproximación Prospectiva - Competencias Del Ingeniero Aeronáutico – Caso De Estudio Colombia

Johanna Henao Monsalve, Eng<sup>1</sup>., German Urrea Quiroga, MBA<sup>2</sup>, and Juliana Niño Navia, MSc<sup>3</sup>. German Alberto Barragan De Los Rios, MSc<sup>4</sup>., Jorge Iván García Sepulveda, MSc<sup>5</sup>., <sup>1</sup>Universidad Pontificia Bolivariana, Sede Central Medellín, Colombia, joha\_878@hotmail.com, german.urrea@upb.edu.co, juliana.nino@upb.edu.co, german.barragan@upb.edu.co jorge.garcia@upb.edu.co

*Abstract– Due to the constant evolution of the aeronautical industry, a prospective analysis is necessary in order to determine the future competences required by future graduates and aeronautical engineering professionals to succeed in their field of work; this evaluation was done by surveys to experts in the field, under the guidelines of the Delphi method to apply the required adjustments to the curriculum of the Aeronautical Engineering program at Universidad Pontificia Bolivariana in Medellín – Colombia.*

*Keywords- Delphi method, curriculum improvement, enhanced education, aeronautical engineering, engineering competences.*

## I. INTRODUCCIÓN

El programa de Ingeniería Aeronáutica o Ingeniería Aeroespacial es ofrecido a nivel internacional y cada vez se abre más paso, llegando así a más universidades en todos los continentes; es por esto por lo que se hace necesario realizar estudios prospectivos que permitan identificar las necesidades que va presentando la industria y de esta manera proponer los ajustes necesarios en los planes de estudio para así suplir las necesidades del mercado.

Para el desarrollo de este proyecto se realizó un análisis prospectivo del plan de estudios del programa de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), empleando el método Delphi [1], mismo que ha sido empleado en diferentes procesos de mejoramiento curricular en el mundo [2], [3], [4]. Teniendo como fin anticipar los requerimientos que se pueden presentar en la industria [5] y con esto contribuir a la mejora continua del plan de estudios de tal forma que permita la formación de ingenieros altamente competitivos [6] tanto para funciones industriales [7], de investigación o académicas.

Debido a las exigencias y constantes cambios que presenta la industria aeronáutica, se debe garantizar que las universidades que ofrecen el programa estén en la capacidad de impartir un conocimiento de alta calidad y acorde con las situaciones del mercado.

Por lo anterior se deben realizar estudios que detecten las necesidades de actualización del plan de estudio, así como del cumplimiento de estándares tanto nacionales como internacionales de esta industria.

En la Tabla I, se presentan algunas universidades que ofertan Ingeniería Aeronáutica en Latinoamérica.

TABLA I  
UNIVERSIDADES LATINOAMERICANAS OFERTANTES

<b>Argentina</b>
Universidad Nacional de Córdoba - Córdoba
Universidad Nacional de La Plata - La Plata
Universidad Tecnológica Nacional (UTN) - Haedo
<b>Bolivia</b>
Universidad Privada del Valle – Cochabamba
<b>Brasil</b>
Instituto Tecnológico de Aeronáutica - São José dos Campos
Universidad de São Paulo - São Paulo
Universidad de Taubaté - São Paulo
<b>Chile</b>
Universidad de Concepción – Concepción
Academia Politécnica Aeronáutica – Fuerza Aérea de Chile
Universidad Técnica Federico Santa María UTFSM –Santiago Vitacura
<b>Colombia</b>
Universidad Pontificia Bolivariana – Medellín
Fundación Universitaria Los Libertadores – Bogotá
Universidad San Buenaventura – Bogotá
Universidad de Antioquia – Medellín
Escuela de Aviación del Ejército Nacional – Bogotá
<b>México</b>
Instituto Politécnico Nacional, E.S.I.M.E. E - Ticomán
Universidad Autónoma de Chihuahua - Chihuahua
<b>Perú</b>
Universidad Tecnológica del Perú - Lima
<b>Venezuela</b>
Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Bolivariana - Maracay y Caracas

### A. Estudios previos

*Los saberes del Ingeniero Aeronáutico de la Universidad Pontificia Bolivariana para el 2015 – una aproximación prospectiva con el método Delphi. [8]*

Este proyecto fue realizado con el fin de determinar los saberes que se consideraba debían ser incluidos dentro del plan de estudios del programa de Ingeniería Aeronáutica de la UPB, para su desarrollo fueron aplicadas una serie de encuestas bajo los lineamientos del método Delphi. A partir del análisis de los datos obtenidos durante las diferentes rondas de encuestas se pudo determinar que los temas considerados de mayor prioridad para el plan de estudios son los que se presentan en la Tabla II.

TABLA II  
TEMAS PRIORITARIOS

<b>Diseño</b>
Aerodinámica Subsónica

Estabilidad y Control
Rendimiento
Nuevos materiales
Procesos de Manufactura
Sistemas de control automático
<b>Gerencia</b>
Costos de operación de las aeronaves
Parámetros de selección de flota
Reducción de costos
<b>Mantenimiento</b>
Planeación y control del mantenimiento
Confiabilidad de componentes
Confiabilidad de sistemas
Reglamentos aeronáuticos de Colombia
FAR

Los resultados de este estudio mostraron que es de vital importancia estructurar un plan de estudios integral, que comprenda tanto la gestión del mantenimiento como el diseño, con el fin de suplir las necesidades actuales y futuras del país, así como del contexto internacional.

En el estudio Particularidades de la enseñanza de la Ingeniería Aeronáutica en países Latinoamericanos en vía de desarrollo. [9], y como se expone la amplia diferencia existente entre los países industrializados respecto a los latinoamericanos. Es decir, cada país tiene orientada su formación académica según su área de desempeño, por lo cual los países industrializados se centran más en el área de diseño, ya que son estos los que cuentan con una sólida industria dedicada al diseño y fabricación de aeronaves; mientras que los países latinoamericanos por el contrario se encuentran orientados hacia la gestión aeronáutica, pero sin dejar de lado el diseño.

### B. Situación de la industria Aeronáutica en Colombia

En los últimos 5 años, han llegado a Colombia nuevas aerolíneas [10] [11], nuevas empresas dedicadas a la fabricación de partes y componentes que junto con el MRO (Maintenance, Repair, and Overhaul) de Avianca, [12] han generado un aporte considerable al crecimiento de la industria aeronáutica del país y a su vez ha permitido generar nuevos empleos en el sector.

## II. ESTUDIO

Para el desarrollo de este proyecto se realizó una minuciosa investigación acerca de las universidades que ofrecen el programa de Ingeniería Aeronáutica o Ingeniería Aeroespacial a nivel mundial, esto con el fin de conocer las asignaturas que conforman los diferentes planes de estudio y a partir de esto analizar cuáles son los temas que pueden ser considerados de mayor relevancia para crear las encuestas que finalmente indicarán que ajustes se deben aplicar al plan de estudios del programa de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana.

Para realizar la investigación se tomó como referente el ranking QS [13], para identificar el posicionamiento de las universidades que ofertan el programa a nivel mundial. En la

siguiente gráfica se presentan los porcentajes correspondientes a las Universidades que fueron consideradas para el desarrollo del estudio de acuerdo a su ubicación geográfica. como se presenta en la Figura 1.

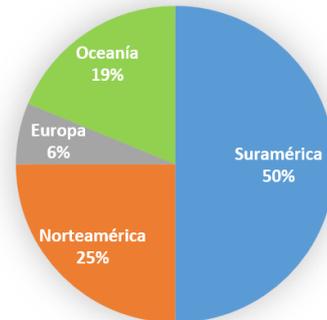


Figura 1 Porcentaje de universidades, por ubicación.

Cabe resaltar que de Suramérica se tomó una cantidad de universidades considerable, sin tener en cuenta el posicionamiento de estas dentro del ranking QS [13], y de Colombia se tomaron todas las universidades que ofrecen el programa. Adicionalmente, se evidenció que en Norteamérica se cuenta con las universidades mejor posicionadas dentro de este ranking, por lo cual se debe prestar especial atención a los planes de estudio ofrecidos por estas.

De acuerdo con el análisis realizado a cada uno de los planes de estudio fue posible identificar que el área de mayor profundización a nivel mundial es el de diseño, seguido por el de gerencia y finalmente la de mantenimiento.

### A. Selección de expertos

Para el desarrollo del estudio se creó una base de datos conformada por personas inmersas en la industria aeronáutica, a fin de conocer la opinión de estos acerca de los temas que deben estar incluidos a futuro en el plan de estudios del programa de Ingeniería Aeronáutica. La base de datos se conformó teniendo en cuenta contar con personas pertenecientes al sector público, privado y gubernamental, y que poseyeran diferentes niveles de formación académica.

Debido a la variada ubicación geográfica del grupo de expertos la implementación del método Delphi resulta apropiada, puesto que este permite que las personas den su opinión mediante encuestas que pueden ser enviadas a través de plataformas web, para este caso específico se empleó Google Forms para la recolección de las respuestas.

La selección de expertos se realizó a partir de la base de datos de contactos proporcionada por los docentes de la Facultad de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana. Es importante resaltar que actualmente en Colombia solo se cuenta con tres universidades que tienen el programa y la más antigua tiene solo veinte años desde su fundación y quince años desde que egreso la primera cohorte.

En las figuras 2, 3, y 4 se presenta una breve caracterización de los encuestados durante la primera ronda del estudio.

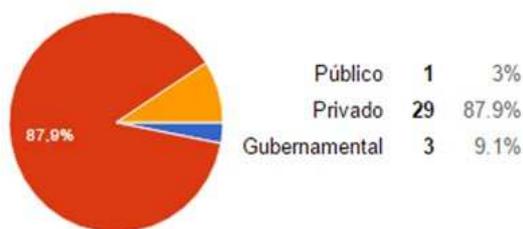


Figura 2 Sector de desempeño

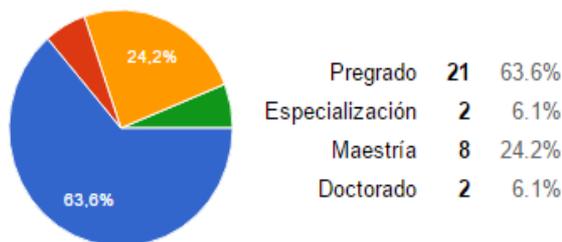


Figura 3 Formación Académica

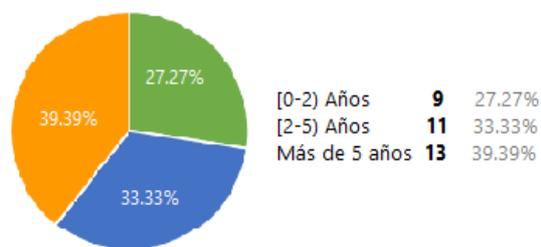


Figura 41 Tiempo de experiencia

Cabe mencionar que en algunos casos los expertos participantes cuentan con una experiencia no superior a los 5 años, lo cual se debe al corto tiempo que lleva el programa en nuestro país, adicionalmente la mayoría de Ingenieros Aeronáuticos de nuestro país se desempeñan en el medio de operaciones, donde actualmente no existe una fuerte presión hacia la formación en posgrado.

### B. Encuesta primera ronda

Con base en la información recolectada de los planes de estudio del programa de Ingeniería Aeronáutica a nivel mundial se creó la encuesta “Aproximación prospectiva plan de estudios Ingeniería Aeronáutica UPB”, donde los temas que conforman diferentes planes de estudio del programa de Ingeniería Aeronáutica a nivel mundial se encuentran divididos en tres áreas principales: Diseño, Gerencia y Mantenimiento

Para el desarrollo de la primera ronda, se solicitó que para cada tema los encuestados indicaran, según sus conocimientos, el grado de importancia que estos representan, en una escala de 1 a 4, donde 1 corresponde a poco importante y el 4 como fundamental.

#### Diseño

La Figura 5 presenta el porcentaje de encuestados que consideraron fundamental cada uno de los temas correspondientes al área de Diseño durante la primera ronda de encuestas.



Figura 5 Calificación fundamental por tema para el área de diseño

La Tabla III y la figura 6 presentan un resumen de los resultados obtenidos en primera ronda para el área de Diseño.

TABLA III  
RESULTADOS ÁREA DE DISEÑO, PRIMERA RONDA

Tema	Moda	Media
Rendimiento de aeronaves	4	3,72
Análisis estructural	4	3,54
Nuevas tecnologías de manufactura	4	3,50
Nuevos materiales	4	3,45
Aerodinámica Subsónica	4	3,35
Procesos de manufactura	4	3,21
Diseño de alas	4	3,01
Instrumentos y equipos de abordo	4	3,00
Combustibles alternativos	4	2,97
Aeroelasticidad	4	2,95
Estabilidad y control de vuelo	3	2,94
Autonomía	3	2,80
Diseño de turbinas	3	2,68
Diseño de motores	3	2,65
Diseño de trenes de aterrizaje	3	2,58
Diseño de hélices	2	2,46
Aerodinámica Supersónica	3	2,32
Diseño de cámaras de combustión	2	2,26

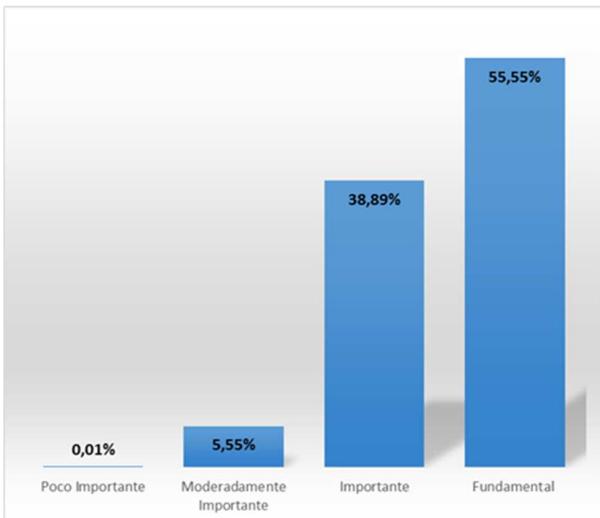


Figura 6 Porcentaje de moda de los temas de Diseño, primera ronda

Como se puede observar en la tabla 3 y en la figura 6, para un 55% de los temas incluidos dentro del área de diseño se obtuvo una moda de 4 y una media superior a 3, lo cual representa un porcentaje considerable de los temas analizados durante la primera ronda y serán tenidos en cuenta en la segunda ronda.

Los encuestados consideran que adicional a los temas calificados en la encuesta existen otros temas que son relevantes y que deberían ser evaluados, dentro de los temas propuestos se encuentran:

- Sistemas de las aeronaves (hidráulico, eléctrico, mecánico... etc.)
- Diseño de cohetes
- Operación de UAVs
- Diseño de mecanismos
- Documentación técnica y normativa para certificar cualquier diseño
- Perfiles de misión

Adicionalmente es posible observar que, los encuestados consideran que es fundamental incluir la mayoría de los temas y que consideran que solo un 5,55% son moderadamente importantes dentro del plan de estudios para los futuros Ingenieros Aeronáuticos.

### Gerencia

La figura 7 se presenta la moda asociada a las respuestas relacionadas con los temas de gerencia.

Por su parte en la figura 8 es posible observar el porcentaje de encuestados que consideraron fundamental cada uno de los temas correspondientes al área de Gerencia.

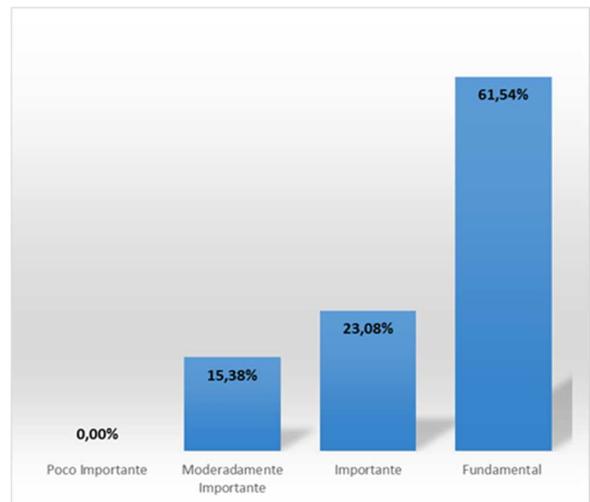


Figura 7 Porcentaje de moda de los temas de Gerencia

En la tabla IV se presenta un resumen de los resultados obtenidos en la primera ronda de encuestas para el área y al revisarla en conjunto con la figura 8 se puede observar que la mayoría de los encuestados considera estos temas son de gran relevancia y que por ende deben estar contenidos en el plan de estudios, esto se concluye al obtener que el 62% de los temas fueron considerados fundamentales y el 31% importantes.

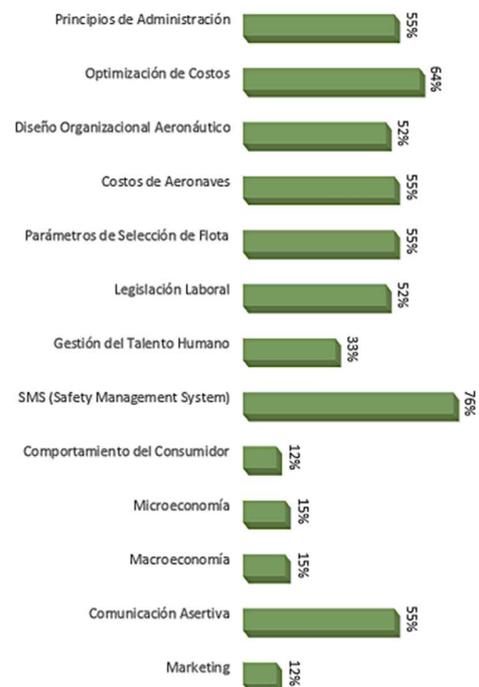


Figura 8 Calificación fundamental por tema área de gerencia

TABLA IV  
RESULTADOS ESTADÍSTICOS ÁREA DE GERENCIA, PRIMERA RONDA

Tema	Moda	Media
Optimización de costos	4	3,50
SMS (Safety Management System)	4	3,62
Parámetros de selección de flota	4	3,32
Principios de administración	4	3,31
Diseño organizacional aeronáutico	4	3,30
Legislación laboral	4	3,19
Costos de aeronaves	4	3,17
Comunicación asertiva	4	3,10
Gestión de talento humano	3	2,87
Marketing	3	2,42
Macroeconomía	3	2,26
Microeconomía	2	2,25
Comportamiento del consumidor	2	2,23

Los encuestados consideran que adicional a los temas calificados en la encuesta, existen otros que son relevantes y que deberían ser evaluados, dentro de los que se encuentran:

- Legislación Aeronáutica
- Diseño y operación de Aeropuertos.
- Formación de un ingeniero para asumir cargos administrativos.
- Leasing aeronáutico y el manejo de sus contratos. Recepción y devolución de aeronaves.
- Principios de contabilidad.
- Gestión de Proyectos.
- Calidad y Toma de decisiones.
- Operaciones.
- Liderazgo y dirección de personas.

#### Mantenimiento

En la Tabla V y la figura 9 se presenta un resumen de los resultados obtenidos en la primera ronda de encuestas para el área de Mantenimiento.

TABLA V  
RESULTADOS ESTADÍSTICOS ÁREA DE MANTENIMIENTO

Tema	Moda	Media
Procesos de calidad	4	3,72
Manejo de Directivas de Aeronavegabilidad (AD)	4	3,67
Manejo de Boletines de Servicio (SB)	4	3,65
Trazabilidad y confiabilidad de componentes	4	3,59
Manejo de manuales del fabricante	4	3,56
Filosofías de mantenimiento	4	3,47
Elaboración de Manual General de Mantenimiento (MGM)	4	3,35
Auditorías de calidad	4	3,33
Elaboración de órdenes de ingeniería	4	3,33
Talleres aeronáuticos	4	3,29
Software para la gestión de mantenimiento	4	3,27
Elaboración de Manual General de Operaciones (MGO)	4	3,10
Elaboración de la Lista de Equipo Mínimo (MEL)	4	3,08
Elaboración de Manual Programa de Mantenimiento (MPM)	4	3,06



Figura 9 Calificación fundamental para el área de mantenimiento

Como se puede observar en la Tabla V y en la figura 10, los resultados obtenidos con relación al mantenimiento muestran que este tiene una alta relevancia para el panel de expertos, situación que puede ser explicada en el hecho que un porcentaje importante de la actividad aeronáutica en Latinoamérica se basa en esta actividad.

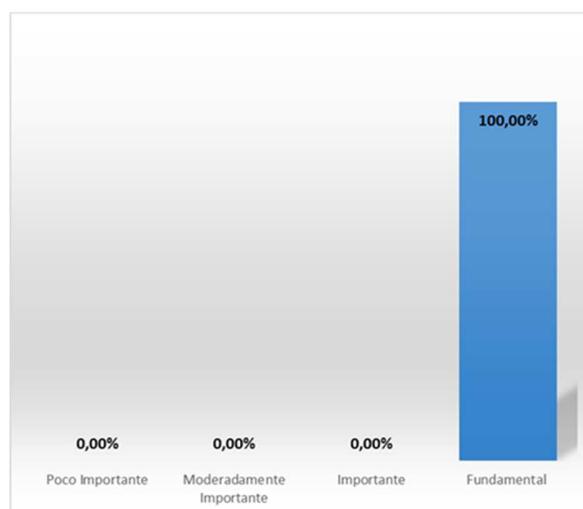


Figura 10 Porcentaje de moda de los temas de Mantenimiento, primera ronda

Los encuestados consideran que adicional a los temas calificados, para el área otros temas que son relevantes y que deberían ser evaluados son:

- Interpretación de manuales

- Confiabilidad
- Planeación y Control de Mantenimiento
- Inglés técnico aeronáutico
- Procesos de Certificación
- Pruebas No Destructivas (NDT)

### C. Encuesta segunda ronda

Con base en los resultados obtenidos en la primera ronda de encuestas, se creó la encuesta para la segunda ronda, en la cual se incluyeron los temas que se encuentran en la Tabla VI.

TABLA VI  
RESULTADOS INCLUIDOS EN LA SEGUNDA RONDA

<b>Diseño</b>
Análisis Estructural
Aerodinámica Subsónica
Rendimiento de Aeronaves
Nuevos Materiales
Nuevas Tecnologías de Manufactura
<b>Gerencia</b>
Principios de Administración
Optimización de Costos
Diseño organizacional aeronáutico
Parámetros de Selección de Flota
Seguridad Operacional (SMS)
<b>Mantenimiento</b>
Filosofías de Mantenimiento
Procesos de Calidad
Auditorías de Calidad
Trazabilidad y Confiabilidad de Componentes
Elaboración de Órdenes de Ingeniería
Manejo de Manuales del Fabricante
Elaboración del MGM
Manejo de AD
Manejo de SB

La segunda ronda de encuestas contó con la misma dinámica de la primera, en donde se solicitó que para cada tema los encuestados indicaran, según sus conocimientos, el grado de importancia que representan cada uno de los temas propuestos, teniendo en cuenta que 1 indica que es poco importante que esta materia se incluya en el plan de estudios, 2 es moderadamente importante, 3 es importante y 4 se refiere a que es fundamental incluirla.

#### *Diseño*

En la figura 11 se presenta el porcentaje de encuestados que consideraron fundamental cada uno de los temas correspondientes al área de Diseño durante la segunda ronda de encuestas.

#### *Gerencia*

En la figura 12 se presenta el porcentaje de encuestados que consideraron fundamental cada uno de los temas correspondientes al área de Gerencia durante la segunda ronda de encuestas.

#### *Mantenimiento*

En la figura 13 se presenta el porcentaje de encuestados que consideraron fundamental cada uno de los temas correspondientes al área de mantenimiento durante la segunda ronda de encuestas.

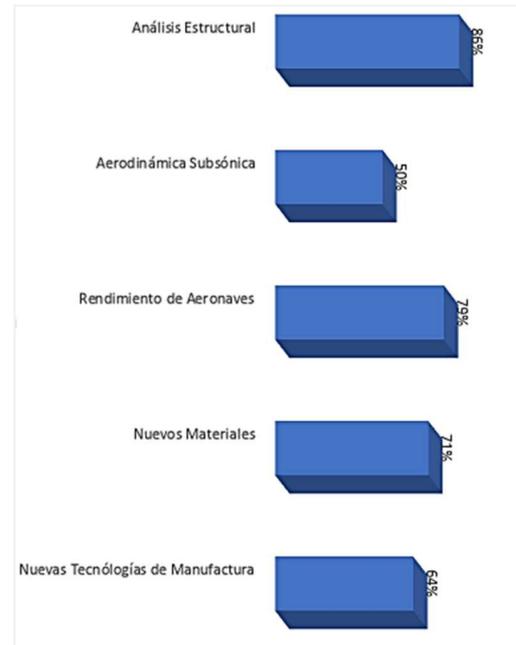


Figura 11 2 Calificación fundamental por tema para el área de diseño

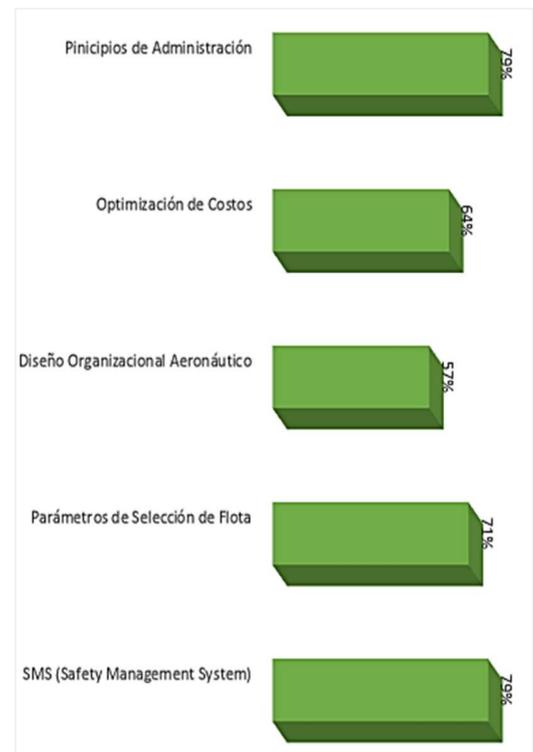


Figura 12 Calificación fundamental por tema gerencia.

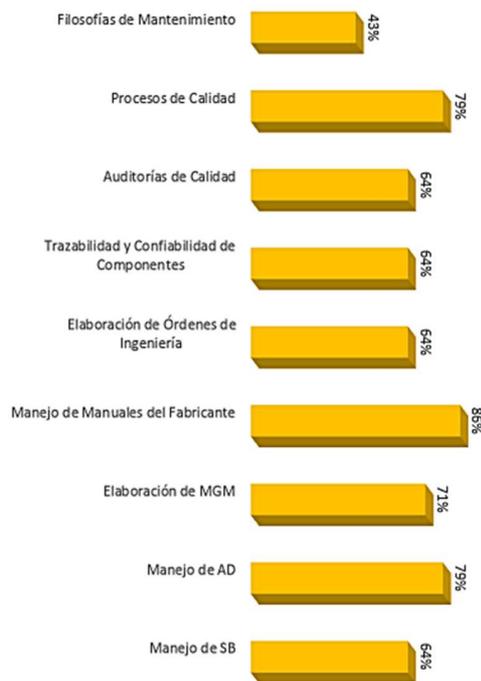


Figura 133 Calificación fundamental por tema diseño

#### D. Resultados segunda ronda

De acuerdo con los resultados obtenidos en la segunda ronda de encuestas, se seleccionaron al igual que en la primera ronda, los temas que obtuvieron una moda de 4 y una media igual o superior a 3,5 para ser tomados como temas fundamentales para el plan de estudios de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana y son presentados en la tabla 12, donde se puede observar que los expertos consideran que es fundamental incluir o reforzar 4 temas correspondientes al área de diseño, 3 de Gerencia y 7 de Mantenimiento.

TABLA VII  
TEMAS FUNDAMENTALES PARA EL PLAN DE ESTUDIOS

<b>Diseño</b>
Análisis estructural
Rendimiento de aeronaves
Nuevos materiales
Nuevas tecnologías de manufactura
<b>Gerencia</b>
Principios de administración
Parámetros de selección de flota
SMS ( <i>Safety Management System</i> )
<b>Mantenimiento</b>
Procesos de calidad
Auditorías de calidad
Elaboración de órdenes de ingeniería
Manejo de manuales del fabricante
Elaboración de MGM
Manejo de AD
Manejo de SB

Los resultados obtenidos en el estudio, pueden encontrar una fuerte fundamentación en el hecho que Colombia pese a

llevar más de 100 años como actor en la industria aeronáutica sigue presentando grandes falencias y atrasos en cuanto a la fabricación de piezas y aeronaves como tal. Una clara evidencia de esto es que actualmente Colombia cuenta con una baja cantidad de empresas dedicadas a la fabricación de componentes aeronáuticos, lo cual se encuentra ligado a la falta de recursos, el escaso apoyo del gobierno para sacar adelante diferentes proyectos y la gran cantidad de tiempo que se requiere para certificar un proceso [14]. Teniendo en cuenta lo anterior se debe proponer una formación que permita brindar herramientas que incrementen el conocimiento de los futuros ingenieros aeronáuticos y sus capacidades en cuanto al área de diseño tanto de piezas aeronáuticas como de aeronaves, con el fin de aspirar a contar con mayor apoyo dentro del país para el desarrollo de futuros proyectos y que de esta manera se pueda ir fortaleciendo el área de diseño aeronáutico. También se debe tener en cuenta que no todos los estudiantes deciden continuar sus estudios o iniciar su vida laboral en Colombia, por lo cual se hace necesario formar futuros ingenieros que cuenten con los conocimientos que exigen países que se han fortalecido en el campo del diseño aeronáutico.

### III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### A. Análisis de resultados

A lo largo de este estudio es posible apreciar la importancia de realizar análisis prospectivos, ya que las necesidades de la industria aeronáutica se encuentran en constante cambio y se debe analizar qué mejoras deben ser aplicadas a los planes de estudio que ofrecen las diferentes universidades, esto con el fin de formar profesionales que cumplan con las exigencias del sector. Es por esta razón que se ha realizado este estudio prospectivo bajo los lineamientos del método Delphi, con el fin de identificar las necesidades actuales y futuras de la industria aeronáutica y con base en los resultados obtenidos identificar las mejoras que deben ser aplicadas al plan de estudios de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana, con miras al 2025.

#### B. Encuestas

Para la primera ronda de encuestas se incluyeron 18 temas del área de diseño, 13 de gerencia y 14 de mantenimiento. Posteriormente, con base en las opiniones suministradas por los expertos en la primera ronda, se seleccionaron los temas más relevantes para ser incluidos en la segunda ronda de encuestas, finalmente se seleccionaron los temas que los expertos consideran deben ser incluidos o reforzados en el plan de estudios.

En las tablas VIII, IX y X se muestran la información consolidada para las áreas de gerencia, diseño y mantenimiento respectivamente, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la primera y segunda ronda de encuestas y posteriormente la sugerencia de incluir o reforzar cada uno de los temas. Es decir, en la primera columna se indican cada uno de los temas tenidos en cuenta en el estudio; en la segunda y tercera columna se relacionan los temas considerados fundamentales por los expertos de acuerdo a la media y moda de los resultados en la primera y segunda ronda

respectivamente, donde “✓” indica que el tema fue considerado fundamental y “X” no fundamental.

TABLA VIII  
TEMAS ANALIZADOS ÁREA GERENCIA

Tema (Gerencia)	Primera ronda	Segunda Ronda	Reforzar en el plan de estudios	Incluir en el plan de estudios
Principios de administración	✓	✓	X	✓
Optimización de costos	✓	X	X	X
Diseño organizacional aeronáutico	✓	X	X	X
Costos de aeronaves	X	X	X	X
Parámetros de selección de flota	✓	✓	✓	X
Legislación laboral	X	X	X	X
Gestión de talento humano	X	X	X	X
SMS (Safety Management System)	✓	✓	✓	X
Comportamiento del consumidor	X	X	X	X
Microeconomía	X	X	X	X
Macroeconomía	X	X	X	X
Comunicación asertiva	X	X	X	X
Marketing	X	X	X	X

La cuarta y quinta columna hacen referencia a los temas que deben ser incluidos o reforzados en el plan de estudios de acuerdo con los resultados obtenidos en la primera y segunda ronda, teniendo en cuenta que, si el tema fue considerado fundamental en ambas rondas y ya se encuentra incluido en el plan de estudios, la sugerencia es reforzarlo y si el tema aún no está incluido, la sugerencia es incluirlo.

TABLA IX  
TEMAS ANALIZADOS ÁREA DISEÑO

Tema (Diseño)	Primera ronda	Segunda ronda	Reforzar en el plan de estudios	Incluir en el plan de estudios
Análisis estructural	✓	✓	✓	X
Aerodinámica Subsónica	✓	X	X	X
Aerodinámica Supersónica	X	X	X	X
Aeroelasticidad	X	X	X	X
Rendimiento de aeronaves	✓	✓	✓	X
Autonomía	X	X	X	X
Estabilidad y control de vuelo	X	X	X	X
Nuevos materiales	✓	✓	X	✓
Procesos de manufactura	X	X	X	X
Nuevas tecnologías de manufactura	✓	✓	X	✓
Combustibles alternativos	X	X	X	X
Instrumentos y equipos de abordó	X	X	X	X
Diseño de motores	X	X	X	X
Diseño de hélices	X	X	X	X
Diseño de turbinas	X	X	X	X
Diseño de cámaras de combustión	X	X	X	X
Diseño de alas	X	X	X	X

TABLA X  
TEMAS ANALIZADOS ÁREA MANTENIMIENTO

Tema (Mantenimiento)	Primera ronda	Segunda ronda	Reforzar en el plan de estudios	Incluir en el plan de estudios
Filosofías de mantenimiento	✓	X	X	X
Procesos de calidad	✓	✓	X	✓
Auditorías de calidad	✓	✓	X	✓
Trazabilidad y confiabilidad	✓	X	X	X
Software para la gestión de mantenimiento	X	X	X	X
Talleres aeronáuticos	X	X	X	X
Órdenes de ingeniería	✓	✓	X	✓
Manuales del fabricante	✓	✓	✓	X
Elaboración de MEL	X	X	X	X
Elaboración de MGM	✓	✓	X	✓
Elaboración de MGO	X	X	X	X
Manejo de AD	✓	✓	✓	X
Manejo de SB	✓	✓	✓	X

Finalmente, de acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio se concluyó que los temas que deben ser incluidos o reforzados en el plan de estudios de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana se presentan en la Tabla XI:

TABLA XI  
TEMAS QUE DEBEN SER INCLUIDOS O REFORZADOS EN EL PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA AERONÁUTICA DE LA UPB

Diseño	Incluir en el plan de estudios	Reforzar en el plan de estudios
Análisis estructural.		✓
Rendimiento de aeronaves.		✓
Nuevos materiales.	✓	
Nuevas tecnologías de manufactura.	✓	
Gerencia	Incluir en el plan de estudios	Reforzar en el plan de estudios
Principios de administración.		✓
Parámetros de selección de flota.	✓	
SMS (Safety Management System).		✓
Optimización de costos	✓	
Diseño organizacional aeronáutico	✓	
Mantenimiento	Incluir en el plan de estudios	Reforzar en el plan de estudios
Filosofías de mantenimiento		✓
Procesos de calidad.	✓	
Auditorías de calidad.	✓	
Trazabilidad y confiabilidad de componentes	✓	
Elaboración de órdenes de ingeniería.		✓
Manejo de manuales del fabricante.		✓
Elaboración de MGM.	✓	
Manejo de AD.		✓
Manejo de SB.		✓

Adicional a los temas que fueron analizados en el estudio, los expertos sugieren que los temas que se registran en la Tabla XII sean incluidos o reforzados en el plan de estudios de Ingeniería Aeronáutica.

TABLA XII  
TEMAS NUEVOS PARA SER INCLUIDOS O REFORZADOS EN EL PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA AERONÁUTICA

Diseño	Incluir en el plan de estudios	Reforzar en el plan de estudios
Sistemas de las aeronaves		✓
Diseño de cohetes		✓
Perfiles de misión		✓
Documentación técnica y normativa para certificar nuevos diseños	✓	
Diseño de mecanismos	✓	
Operación de UAV's	✓	
Gerencia	Incluir en el plan de estudios	Reforzar en el plan de estudios
Legislación Aeronáutica		✓
Diseño y operación de Aeropuertos		✓
Formación de un ingeniero para tomar cargos administrativos	✓	
Leasing aeronáutico y el manejo de sus contratos. Recepción y devolución de aeronaves	✓	
Principios de contabilidad	✓	
Gestión de Proyectos		✓
Calidad y Toma de decisiones	✓	
Operaciones	✓	
Liderazgo y dirección de personas		✓
Mantenimiento	Incluir en el plan de estudios	Reforzar en el plan de estudios
Interpretación de manuales		✓
Confiabilidad	✓	
Planeación y control de mantenimiento		✓
Ingles técnico aeronáutico	✓	
Procesos de Certificación	✓	
NDT		✓

#### IV. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, se observa que los expertos consideran que los planes de estudio de Ingeniería Aeronáutica ofrecidos en el país deben contar con un mayor enfoque en el área de mantenimiento, seguido del área de Gerencia y finalmente el área de Diseño. Se puede considerar que los resultados obtenidos se encuentran relacionados con la opinión que tienen los expertos sobre las necesidades actuales de la industria aeronáutica en el país, ya que actualmente el crecimiento de la industria está relacionado principalmente con el área de mantenimiento. La evidencia más clara es la llegada del MRO de Avianca a Rionegro, que requiere aproximadamente 3.000 empleados y que se encuentra atrayendo algunos empleados de otras empresas del sector.

El área de Gerencia obtuvo resultados para ubicarse en el segundo lugar; se debe tener en cuenta que esta área es de suma

importancia para el sector aeronáutico de cualquier país, ya que en todos se cuenta con aerolíneas que requieren de personal con conocimiento en esta área, que puedan desarrollar y fortalecer los procesos de planificación y administración de los proyectos desarrollados en el sector aeronáutico, mediante propuestas innovadoras que conlleven al crecimiento y sostenimiento de la industria.

Los temas del área de Diseño obtuvieron la prioridad más baja en el estudio, pero se debe considerar que dichos temas no deben ser excluidos de los planes de estudio, teniendo en cuenta que a pesar de que Colombia no es fuerte en el tema de diseño de aeronaves, existen estudiantes pertenecientes a las diferentes universidades del país que aspiran a desempeñarse profesionalmente en el exterior, donde en algunas ocasiones el Diseño es el área predominante, ya que se dedican al diseño y fabricación de aeronaves y componentes aeronáuticos. Adicionalmente, el contar con ingenieros con amplios conocimientos en el área de diseño, permite pensar en impulsar la industria Aeronáutica en cuanto al diseño en nuestro país. Para pensar en este crecimiento de la industria es necesario, que inicialmente en Colombia se realicen estudios sobre los avances que ha tenido el sector aeronáutico en países de Latinoamérica e identificar la forma de adoptar ideas innovadoras de estos países y posteriormente buscar apoyo económico que permita el desarrollo de nuevas propuestas para el sector aeronáutico en cuanto al diseño. Adicionalmente, se debe buscar alternativas que permitan realizar convenios con otros países que se encuentran más desarrollados en cuanto al diseño de aeronaves y/o componentes. Esto induce a contemplar la posibilidad de que Colombia crezca en esta área y que en un futuro se cuente con mayor apoyo económico para el desarrollo de proyectos propios del país, contando con personal formado en nuestras universidades.

El análisis de esta investigación fue realizado con base en el plan de estudios de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana que estuvo vigente hasta finalizar el primer semestre del 2016. De acuerdo con el análisis de las encuestas realizadas, el área de Mantenimiento obtuvo resultados para ser considerada el área que requiere mayor énfasis, seguido del área de Gerencia y finalmente el área de Diseño. A continuación, se presenta un comparativo para cada una de estas áreas de acuerdo a los resultados de la investigación y el nuevo plan de estudios de Ingeniería Aeronáutica:

**Mantenimiento:** de los cuatro temas que fueron considerados relevantes por los expertos, el tema relacionado con Procesos de Certificación ya se encuentra incluido en el plan de estudios vigente.

**Gerencia:** para esta área, los expertos recomendaron adicionar gestión de proyectos y operaciones, los cuales ya se encuentran incluidos en el nuevo plan de estudios.

**Diseño:** Algunos de los expertos sugirieron incluir en el plan de estudios el tema de documentación técnica y normativa para certificar nuevos diseños, el cual ya se encuentra en el plan de estudios vigente.

Cabe resaltar que aún se encuentra temas pendientes por ser incluidos en el plan de estudios, de acuerdo con las opiniones de los expertos, esto con el fin de propender por un plan de estudios que permita formar profesionales que

cumplan con las exigencias actuales de la industria Aeronáutica.

Por último, es importante mencionar que el estudio realizado bajo la metodología Delphi es aplicable no solo al programa de ingeniería aeronáutica de la UPB si no a los programas que se desarrollan en la región latinoamericana ya que se comparten de forma genérica en menor o mayor medida las mismas necesidades y capacidades aeronáuticas.

#### REFERENCES

- [1] Astigarra, E. (s.f.). El Método Delphi. Universidad de Deusto
  - [2] Li Yan, Xian-Lan Zheng, Xian Liu, Xiao-Qiong Wei, "Development and evaluation of a new curriculum based on the Delphi method for master of nursing programs in China", Chinese Nursing Research, Volume 3, Issue 4, 2016.
  - [3] Catherine Craig, Glenn D. Posner, "Developing a Canadian Curriculum for Simulation-Based Education in Obstetrics and Gynecology: A Delphi Study", Journal of Obstetrics and Gynecology Canada, 2017.
  - [4] Milena P. Staykova, "A pilot Delphi study: competencies of nurse educators in curriculum design", Teaching and Learning in Nursing, 2012.
  - [5] Hansani Thebuwana, Roger Hadgraft, Firoz Alam, "Addressing Graduate Competencies: Understanding the Contextual Factors Impacting the Engineering Discipline", Energy Procedia, 2017.
  - [6] Alexander Ishkov, Tatiana Magera, "Emotional Competency in an Engineering University: Yes or No?", Procedia Engineering, 2015.
  - [7] Josef Greitemann, Elias E. Christ, Anna C. MatzatGunther Reinhart "Strategic Evaluation of Technological Capabilities, Competencies and Core-Competencies of Manufacturing Companies", Procedia CIRP, 2014
  - [8] Urrea Quiroga, G. Los saberes del Ingeniero Aeronáutico de la Universidad Pontificia Bolivariana para el 2015 – una aproximación prospectiva con el método Delphi. . Medellín, Colombia., 2012.
  - [9] Urrea Quiroga, G., García Sepulveda, J. I., Alvarado Perilla, J. P. Particularidades de la enseñanza de la Ingeniería Aeronáutica en países Latinoamericanos en vía de desarrollo. Medellín, Colombia. 2011.
  - [10] Henao, H. D. (6 de noviembre de 2016). El País. Recuperado el 12 de febrero de 2017, de El País.com.co: <http://www.elpais.com.co/economia/asi-se-volara-en-wingo-la-competencia-de-viva-colombia.html>
  - [11] Viva Colombia. (s.f.). Viva Colombia. Recuperado el 12 de febrero de 2017, de [www.vivacolombia.co/co/vivacolombia/conocenos](http://www.vivacolombia.co/co/vivacolombia/conocenos)
  - [12] Portafolio. (28 de septiembre de 2016). <http://www.portafolio.co/negocios/avianca-abre-centro-aeronautico-en-antioquia-500639>. Recuperado el 9 de enero de 2017, de <http://www.portafolio.co/negocios/avianca-abre-centro-aeronautico-en-antioquia-500639>
  - [13] QS TOP UNIVERSITIES. (s.f.). Obtenido de <http://www.topuniversities.com/university-rankings>
- .. Cárdenas Beltran, J. La historia no lo es todo, Colombia y su necesidad de un equipo interdisciplinario para la fabricación de componentes y aeronaves. 2013.